

# BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ

## Executive Summary

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584 | APRIL 2020

# ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS

## Resumen Ejecutivo

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584 | ABRIL 2020

## Acknowledgements

The Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez Study was prepared under the direction and guidance of the Minute No. 323 Binational Desalination Work Group in accordance with Section IX.B New Water Sources Projects of Minute No. 323 of the International Boundary and Water Commission, United States and Mexico. Black & Veatch and Libra Ingenieros Civiles would like to acknowledge the participation of the following agencies: Arizona Department of Water Resources (ADWR); Central Arizona Water Conservation District (CAWCD); Colorado River Board of California; Comisión Estatal del Agua (CEA) Sonora; Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), Mexico Section; Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); CEA Baja California; Pronatura Noroeste AC; Colegio de la Frontera Norte; Freeport McMoRan; International Boundary and Water Commission (IBWC), U.S. Section; Metropolitan Water District of Southern California (MWD); Salt River Project (SRP); San Diego County Water Authority (SDCWA); Southern Nevada Water Authority (SNWA); and the United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation (USBR).

## Agradecimientos

El Estudio Binacional de Oportunidades de Desalinización del Agua en el Mar de Cortés se preparó bajo la dirección y orientación del Grupo Binacional de Trabajo de Desalinización del Acta 323 de acuerdo con la Sección IX.B Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua del Acta 323 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos. Black & Veatch y Libra Ingenieros Civiles desean agradecer la participación de las siguientes agencias e instituciones: Arizona Department of Water Resources (ADWR); Central Arizona Water Conservation District (CAWCD); Colorado River Board of California; Comisión Estatal del Agua (CEA) Sonora; Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), Sección mexicana; Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); CEA Baja California; Pronatura Noroeste AC; Colegio de la Frontera Norte; Freeport McMoRan; International Boundary and Water Commission (IBWC), U.S. Section; Metropolitan Water District of Southern California (MWD); Salt River Project (SRP); San Diego County Water Authority (SDCWA); Southern Nevada Water Authority (SNWA); and the United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation (USBR).

## Introduction

On September 21, 2017, the Commissioners of the International Boundary and Water Commission signed Minute No. 323, "Extension of Cooperative Measures and Adoption of a Binational Water Scarcity Contingency Plan in the Colorado River Basin". Minute 323 expressed a clear need for continued and additional actions due to the impacts on Colorado River storage resulting from various factors, including meeting system demands, the effects of hydrologic conditions, and increased temperatures. Section IX.B of Minute 323, "New Water Sources Projects," notes the existence of opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Binational Desalination Plant at the Sea of Cortez
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent

Minute 323 noted the need to evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for exchange,

## Introducción

El 21 de septiembre de 2017, los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites y Aguas firmaron el Acta 323, "Ampliación de las Medidas de Cooperación y Adopción de un Plan Binacional de Contingencia ante la Escasez de Agua en la Cuenca del Río Colorado". El Acta 323 expresó una clara necesidad de acciones continuas y adicionales debido a los impactos en el almacenamiento del Río Colorado como resultado de diversos factores, entre los que se incluyen las demandas del sistema, los efectos de las condiciones hidrológicas y el aumento de las temperaturas. En la sección IX.B del Acta 323, "Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua", se señala la existencia de distintas oportunidades de cooperación conjunta en proyectos con el potencial de incrementar la entrega o el intercambio de aguas del Río Colorado en beneficio de ambos países, incluyendo los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Planta Desalinizadora Binacional en el Mar de Cortés
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de en el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado
- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

El Acta 323 señaló la necesidad de evaluar todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluido el volumen de agua que se generará, su costo y distribución entre los dos países, su potencial de

and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information.

Following adoption of Minute 323, a Binational Desalination Work Group was formed to develop a study of water desalination opportunities in the Sea of Cortez, as proposed by the Arizona-Mexico Commission. The results of this study will be compared to the investigations of the other four new water sources projects identified in Minute 323 once they are completed.

To support development of the study, the Binational Desalination Work Group recommended that a Study Management Team be formed to address administrative and technical matters arising from the study in a timely and effective manner. During the development of the study, the Study Management Team:

- Participated in virtual and in-person project meetings
- Reviewed draft deliverables and provided comments to improve the deliverables
- Provided oversight and management of the study

In addition to in-person and virtual project meetings, field trips were also conducted by the Consultant team to identify potential desalination locations and observe site characteristics and locations of existing infrastructure. The observations made during the site visits helped to inform the evaluation and recommendations presented herein.

intercambio y los beneficios que se generarán para ambos Gobiernos, entre otra información relevante.

Luego de la entrada en vigor del Acta 323, se formó un Grupo Binacional de Trabajo de Desalinización para el desarrollo de un estudio de oportunidades de desalinización del agua en el Mar de Cortés, según lo propuesto por la Comisión Sonora- Arizona. Los resultados de este estudio se compararán con las investigaciones de los otros cuatro nuevos proyectos de fuentes de agua identificados en el Acta 323.

Para apoyar el desarrollo del estudio, el Grupo Binacional de Trabajo de Desalinización recomendó que se forme un Equipo de Administración del Estudio para abordar los asuntos administrativos y técnicos que surjan del estudio de manera oportuna y efectiva. Durante el desarrollo del estudio, el Equipo de Administración del Estudio:

- Participó en reuniones de proyectos virtualmente y en persona.
- Revisó los borradores de los productos y proporcionó comentarios oportunos para mejorar los productos
- Supervisión y Administración del estudio.

Además de las reuniones en persona y virtuales del proyecto, el equipo de Consultores también realizó viajes de campo para identificar posibles ubicaciones de la planta para desalinización y observar las características de los sitios y las ubicaciones de infraestructura existente. Las observaciones realizadas durante las visitas a los sitios ayudaron a mejorar la evaluación y las recomendaciones presentadas aquí.

Se desarrollaron cinco memorandos técnicos (TMs) a través del Estudio Binacional Sobre Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar

Five technical memoranda (TMs) were developed through the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez. The following summarizes the findings presented in these TMs.

## TM 1 - Water Supply Availability and Demand Analysis

The Colorado River Basin (Figure 1) is a dynamic river system with headwaters originating in the Rocky Mountains of Wyoming and Colorado in the United States. The basin has a drainage area of over 245,000 square miles with the mouth of the river in the Sea of Cortez in Mexico. The basin primarily overlies the desert southwest of the United States, which is subjected to frequent long-term drought conditions due to limited rainfall, hot temperatures, and high evaporation rates. Within the basin, there is persistent risk to all water use sectors including irrigated agricultural, municipal water providers, industrial uses, tribal entities, and environmental uses that rely on Colorado River water, which is exacerbated by uncertain future climate conditions.

The Colorado River Basin has experienced consistent population increases, which are projected to continue. Increased conservation has offset some of the increasing municipal demands, but continued reductions of per-capita use will be more and more challenging and costly. The Colorado River Basin is also home to some of the most prolific agricultural areas in the world, producing fruits and vegetables for the United States and Mexico, and global exports. Because of increasing population demands and the limited water supplies, there is increasing pressure for agricultural to urban

de Cortés. A continuación se resumen los hallazgos presentados en estas TMs.

## TM 1 - Análisis de la Disponibilidad y Demanda de Agua

La cuenca del Río Colorado (Figura 1) es un sistema dinámico de río con cabeceras que se originan en las Montañas Rocosas de Wyoming y Colorado en los Estados Unidos. La cuenca del Río tiene un área de más de 634,500 kilómetros cuadrados desembocando en el Mar de Cortés en México. La cuenca yace principalmente sobre el desierto al suroeste de los Estados Unidos, la cual está sujeta a frecuentes condiciones de sequía a largo plazo debido a las precipitaciones limitadas, las altas temperaturas y las altas tasas de evaporación. Dentro de la cuenca, existe un riesgo persistente para todos los sectores de uso del agua, incluidos la agricultura por irrigación, los proveedores municipales de agua, los usuarios industriales, las comunidades indígenas y los usos ambientales que dependen del agua del Río Colorado, que se ve agravado por las inciertas futuras condiciones climáticas.

La cuenca del Río Colorado ha experimentado un aumento de población constante, el cual se proyecta que continúe. El incremento en la conservación ha compensado algunas de las demandas municipales crecientes, pero las reducciones continuas del uso per cápita serán cada vez más desafiantes y costosas. La cuenca del Río Colorado también alberga algunas de las áreas agrícolas más prolíficas del mundo, las cuales producen frutas y verduras para México y los Estados Unidos, así como exportaciones globales. Debido a las crecientes demandas de la población

transfers that may strain agricultural communities' economic vitality. New water supply projects that rely on drought-resistant sources, such as seawater desalination and effluent reuse through advanced treatment, help to diversify the water supply portfolio of the region and increase drought resilience.

Technical memorandum 1 (TM1) identified current and projected water supply and demand imbalances in Sonora and Baja California, Mexico and the Lower Colorado River Basin of the United States. Existing studies and information formed the basis of the water supply and demand information. For the lower basin of the United States, information from the Colorado River Basin Water Supply and Demand Study (United States Bureau of Reclamation, 2012), herein referred to as the Colorado River Basin Study, was utilized, focusing on the planning year 2035. For Mexico, the analysis focused on State water resource planning documents that provided current and future water demand and supply information for 2030.

The Colorado River Basin Study presents a range of water supply and demand scenarios for the Colorado River. Even with a conservative approach using full apportionment for the lower basin and the Current Project demand scenario for the upper basin, a substantial potential imbalance exists of just under 1.0 million-acre feet (maf) for 2035 for the states of Arizona, California, and Nevada. Additional regional and local studies conducted since 2012 confirm and even increase the estimates of potential deficits in the future.

For the Mexican state of Sonora, the potential deficits are estimated to be approximately 112,700 acre-feet per year (AFY) by 2030. The

y la limitada oferta de agua, existe una presión cada vez mayor por las transferencias agrícolas a las urbanas que pueden afectar la vitalidad económica de las comunidades agrícolas. Los nuevos proyectos de oferta de agua que dependen de fuentes resistentes a la sequía, como la desalinización de agua de mar y la reutilización de efluentes a través de un tratamiento avanzado, ayudan a diversificar la cartera de fuentes de agua de la región y aumentan la resiliencia a la sequía.

El memorando técnico 1 (TM1) identificó los desequilibrios actuales y proyectados en la oferta y la demanda de agua en Sonora y Baja California, México, así como de la parte inferior de la cuenca del Río Colorado en los Estados Unidos. Los estudios e información existentes constituyeron la base de información sobre la oferta y demanda de agua. Para la cuenca baja de los Estados Unidos se utilizó la información del Estudio de Oferta y Demanda de Agua de la Cuenca del Río Colorado (Buro de Reclamación de los Estados Unidos, 2012), aquí referida como el Estudio de la Cuenca del Río Colorado, que se enfoca en la planeación al año 2035. Para los estados de México, el análisis se centró en los documentos estatales de planeación de recursos hídricos que proporcionaron información actual y futura sobre la oferta y demanda de agua para 2030.

El Estudio de la Cuenca del Río Colorado presenta una gama de escenarios de oferta y demanda de agua para el Río Colorado. Incluso con un enfoque conservador, utilizando una asignación completa para la cuenca baja y las proyecciones con la Demanda Actual para la cuenca alta, existe un déficit potencial sustancial de poco menos de 1.23 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) para 2035 en los estados de Arizona, California y Nevada. Estudios regionales y locales adicionales realizados desde 2012 confirman e incluso aumentan las estimaciones de posibles déficits en el futuro.

Northern Zone of Baja California is projected to have an unmet demand of about 46,700 AFY by 2030.

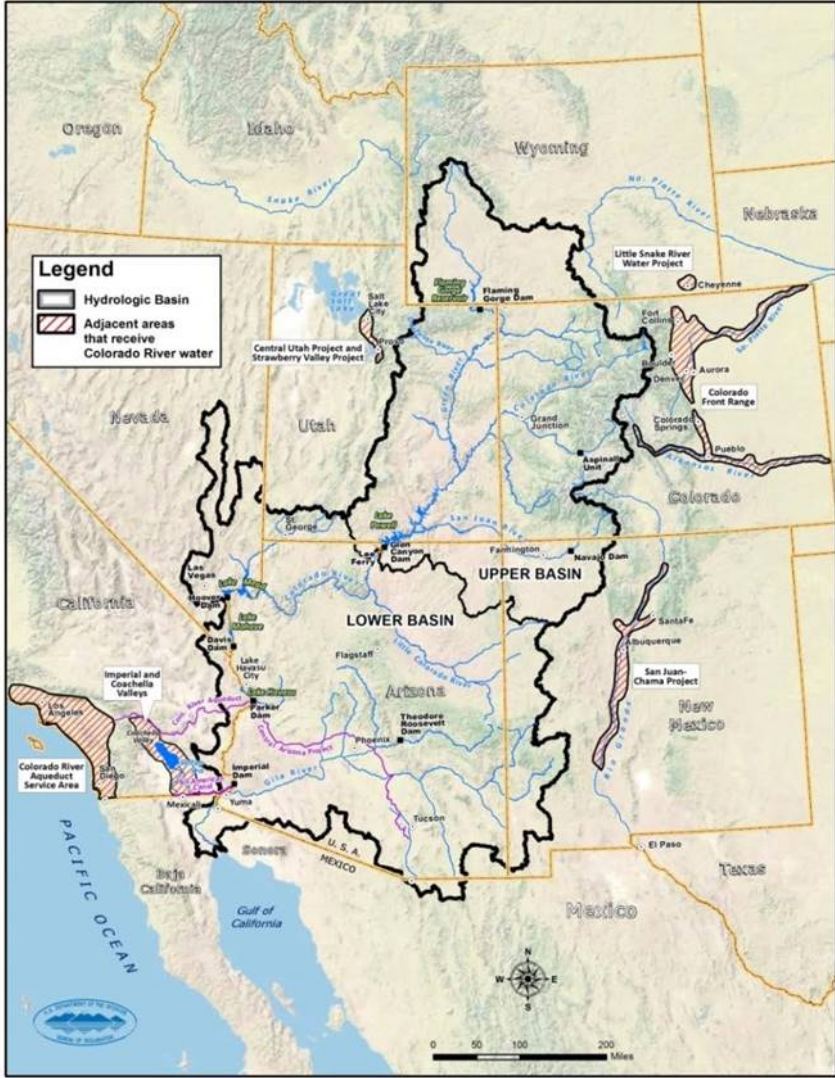
Based on these projections, the potential deficit for the total study area is conservatively estimated at 1.2 maf, as shown on Figure 2.

The projected supply and demand imbalances in Sonora, Baja California, Arizona, Nevada, and California demonstrate the need for additional water supplies throughout the basin, which will only be exacerbated in drought or shortage periods. A seawater desalination opportunity that provides an additional 50,000 to 200,000 AFY of new water supplies can provide a significant part of the overall water supply solution and in doing so, bolster resilience in the Colorado River Basin.

Para el estado mexicano de Sonora, se estima un déficit de aproximadamente 139 millones de metros cúbicos por año ( $Mm^3/año$ ) para 2030. A la vez, se proyecta que la Zona Costera de Baja California tendrá una demanda incompleta de aproximadamente  $58 Mm^3/año$  para 2030.

Con base en estas proyecciones, el déficit potencial para el área total de estudio se estima, conservadoramente, en  $1,423 Mm^3/año$ , como se muestra en Figura 2.

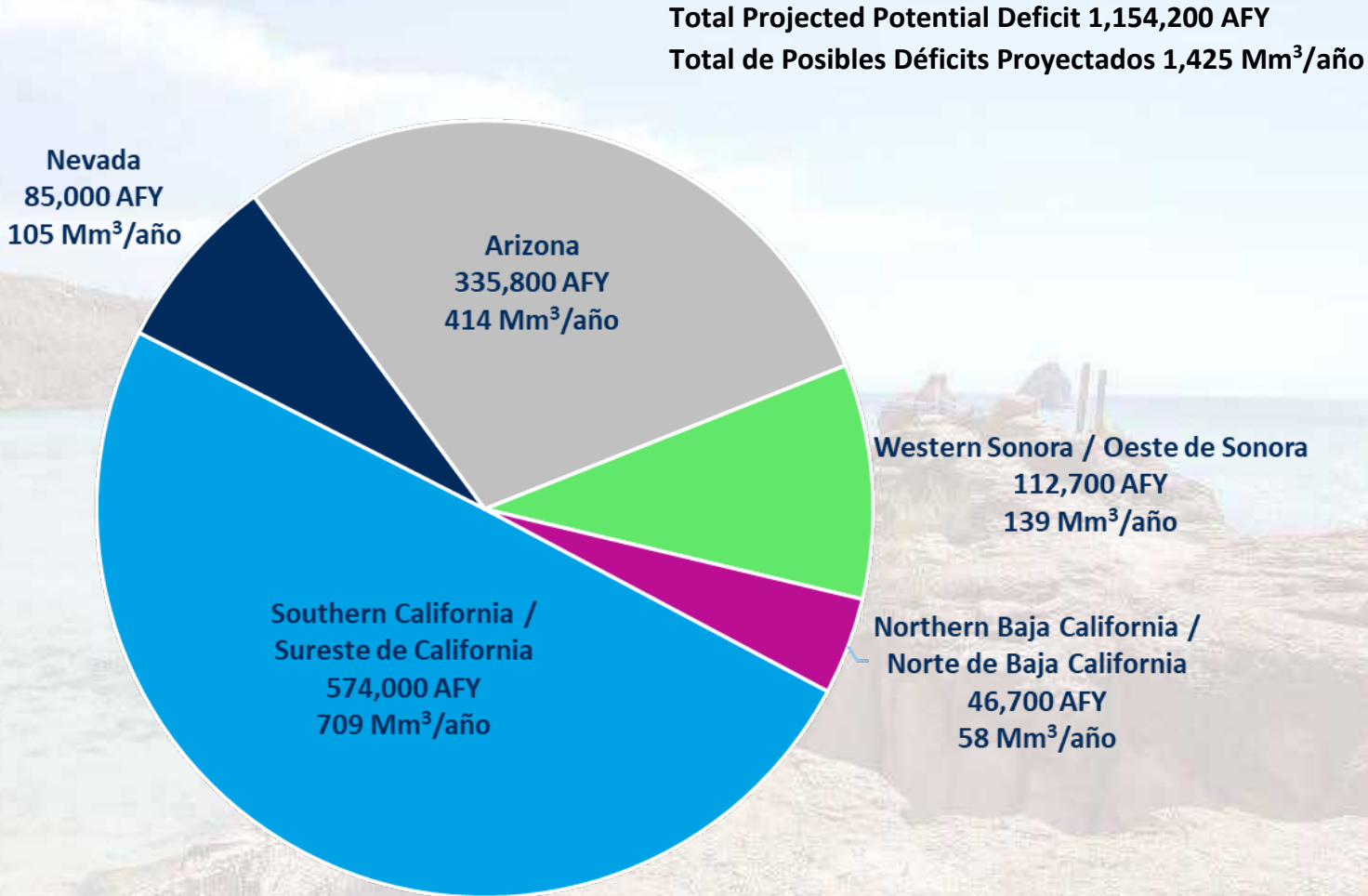
El déficit proyectado de la oferta y la demanda de agua en Sonora, Baja California, Arizona, Nevada y California demuestra la necesidad de contar con fuentes de agua adicionales en toda la cuenca, la cual se verá agravada con períodos de sequía o escasez. Una oportunidad de desalinización de agua de mar que proporcione una fuente adicional de 61.7 a  $246.7 Mm^3/año$  de agua puede proporcionar una parte significativa de la solución general de oferta de agua y, al hacerlo, reforzar la resiliencia en la Cuenca del Río Colorado.



Figure/Figura 1

Study area (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
Área de estudio (United States Bureau of Reclamation, 2012)





Figure/Figura 2 Visualization of projected potential deficits for 2030 (Mexico) and 2035 (United States)  
Visualización de posibles déficits proyectados para 2030 (México) y 2035 (EE. UU.)

## TM 2 - Desalination Technologies and Brine Management Options

Technical memorandum 2 (TM2) identified and evaluated different desalination technologies and brine management options capable of treating at least 50,000 AFY of seawater, up to 200,000 AFY. The following desalination technologies were evaluated:

- Thermal desalination, including multiple effect distillation, multi-stage flash distillation, and vapor compression
- Membrane desalination, including reverse osmosis and electrodialysis desalination
- Thermal-membrane hybrids

The following brine management options were evaluated:

- Ocean discharge and dispersion (Sea of Cortez)
- Evaporation ponds
- Deep well injection

In addition, the following emerging technologies were also investigated:

- Enhanced recovery
- Zero-liquid discharge
- Seawater pumped-storage

The appropriateness of each technology was determined, including:

- Scalability
- Environmental considerations

## TM 2 - Tecnologías de Desalinización y Opciones para el Manejo de la Salmuera

El memorando técnico 2 (TM2) identificó y evaluó diferentes tecnologías de desalinización y opciones de manejo de la salmuera capaces de tratar al menos 2 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) de agua de mar, y hasta 8  $m^3/s$ . Se evaluaron las siguientes tecnologías de desalinización:

- Desalinización térmica, incluyendo la destilación de efectos múltiples, la destilación flash multietapa y la compresión de vapor
- Desalinización por membrana, incluyendo la desalinización por ósmosis inversa y por electrodiálisis
- Desalinización híbrida térmica-membrana

Se evaluaron las siguientes opciones de manejo de salmuera:

- Descarga y dispersión en el océano (Mar de Cortes)
- Lagunas de evaporación
- Inyección en pozo profundo

Adicionalmente, se investigaron las siguientes tecnologías emergentes:

- Recuperación mejorada
- Descarga de cero líquidos.
- Almacenamiento de agua de mar por bombeo

Se determinó la idoneidad de cada tecnología, incluyendo:

- Escalabilidad
- Consideraciones ambientales
- Consideraciones de espacio-sitio

- Space considerations
- Energy requirements
- Ease of maintenance and availability of replacement parts
- Demonstrated performance
- Average unit cost (both capital and operational)

The following concepts were recommended to be carried forward in the development of potential desalination opportunities:

- Desalination technologies:
  - Seawater reverse osmosis
  - For desalination opportunities co-located with an existing power plant, thermal desalination (multiple effect distillation or multi-stage flash distillation) may be considered
- Brine management options:
  - Ocean discharge and dispersion was recommended for opportunities where desalination facilities are located along the coast of the Sea of Cortez
  - Deep well injection was determined to be an appropriate technology for inland desalination facilities. However, no inland opportunities were carried forward in the evaluation as documented within TM3.
- The feasibility of incorporating seawater pumped-storage was considered for the potential opportunities identified in this study when appropriate site conditions exist.

- Requerimientos energéticos
- Facilidad de mantenimiento y disponibilidad de repuestos.
- Rendimiento demostrado
- Costo unitario promedio (tanto de capital como operativo)

Se recomendó llevar a cabo los siguientes conceptos en el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización:

- Tecnologías de desalinización:
  - Osmosis inversa de agua marina
  - Para las oportunidades de desalinización ubicadas en una planta de energía existente, se puede considerar la desalinización térmica (destilación de efectos múltiples o destilación flash multietapa)
- Opciones para el manejo de la salmuera:
  - La descarga y dispersión en el océano se recomendó para las oportunidades donde las instalaciones de desalinización se encuentran a lo largo de la costa del Mar de Cortés
  - Se determinó que la inyección en pozos profundos es una tecnología apropiada para instalaciones de desalinización tierra adentro. Sin embargo, oportunidades tierra adentro no se llevaron a cabo en la evaluación como se documenta en el TM3.
- La posibilidad de incorporar el almacenamiento de agua de mar por bombeo se consideró para las oportunidades potenciales identificadas en este estudio, cuando existan las condiciones del sitio apropiadas.

## TM 3 - Identification of Potential Desalination Opportunities

Technical memorandum 3 (TM3) documented the results of the identification and development of potential desalination opportunities located along the Sonoran coast of the Sea of Cortez in Mexico generally between Puerto Peñasco and Puerto Libertad.

### Identification of Potential Desalination Opportunities

Identification of potential desalination opportunities began with a high-level desktop evaluation of potential desalination plant sites, desalination technologies, and water delivery locations using readily available data and information. Using this information, the Desalination Work Group members identified nine potential locations and desalination concepts. In collaboration with the Work Group, the consultant used regulatory and technical criteria to screen the nine locations and concepts. The screening process resulted in four of the locations being set aside. The remaining locations were refined into the following five desalination opportunities for evaluation through this study, as shown on Figure 3:

- **Opportunity 1** – Reverse osmosis desalination facility located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to the Northerly International Boundary (Morelos Dam) for exchange.
- **Opportunity 2** – Reverse osmosis desalination facility co-located with a pumped storage hydropower facility south of Puerto Libertad, utilizing ocean discharge/dispersion for brine

## TM 3 - Identificación de Oportunidades Potenciales de Desalinización

El memorándum técnico 3 (TM3) documentó los resultados de la identificación y el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización ubicadas a lo largo de la costa de Sonora en el Mar de Cortés en México, generalmente entre Puerto Peñasco y Puerto Libertad.

### Identificación de Oportunidades Potenciales de Desalinización

La identificación de oportunidades potenciales de desalinización comenzó en una evaluación de gabinete de alto nivel de los sitios potenciales para plantas de desalinización, tecnologías de desalinización, y ubicaciones de entrega de agua utilizando datos e información disponibles. Con esta información, los miembros del Grupo de Trabajo de Desalinización identificaron nueve potenciales ubicaciones y conceptos de desalinización. En colaboración con el Grupo de Trabajo, el consultor utilizó criterios reglamentarios y técnicos para examinar las nueve ubicaciones y conceptos. El proceso de selección resultó en que cuatro de los lugares se dejaron de considerar. Las ubicaciones restantes se refinaron en las siguientes cinco oportunidades de desalinización para evaluación a través de este estudio, como se muestra en la Figura 3:

- **Oportunidad 1** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega del agua tratada en Lindero Norte (Presa Morelos) para su intercambio.
- **Oportunidad 2** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada junto a una instalación de energía hidroeléctrica por

management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

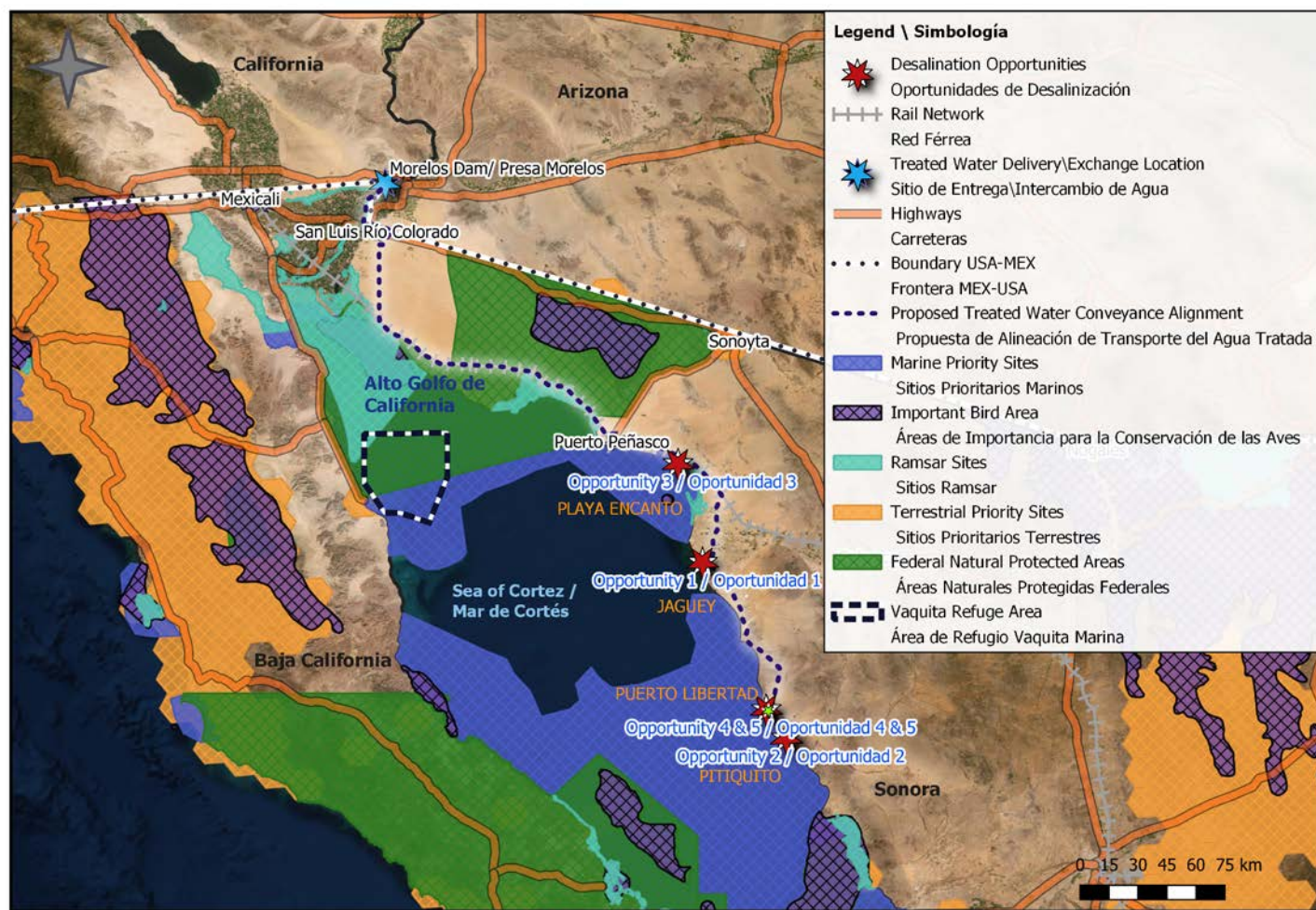
- **Opportunity 3** – Reverse osmosis desalination facility located near Playa Encanto utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 4** – Thermal distillation facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 5** – Reverse osmosis desalination facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

All potential opportunities were evaluated for a plant capacity size of 100,000 AFY to allow for a consistent comparison of the opportunities. It was noted that the maximum size of any opportunity (or combination of opportunities) is 200,000 AFY. As such, conveyance facilities for treated water were sized as appropriate to deliver 200,000 AFY. A treated water total dissolved solids concentration of 500 milligrams per liter (mg/L) was assumed for all the evaluated opportunities, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

bombeo hidráulico al sur de Puerto Libertad, que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.

- **Oportunidad 3** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada cerca de Playa Encanto que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 4** – Planta de destilación térmica ubicada en conjunto con la planta de energía de Puerto Libertad utilizando la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 5** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada en conjunto con la planta de energía de Puerto Libertad utilizando la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.

Todas las oportunidades potenciales se evaluaron para un tamaño de capacidad de la planta desalinizadora de 3.9 m<sup>3</sup>/s; esto permitió una comparación consistente de las oportunidades. Se estableció que el tamaño máximo de cualquier oportunidad (o combinación de oportunidades) es de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Como tales, la infraestructura para el transporte de agua tratada se dimensionó para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s. Se supuso una concentración de sólidos disueltos totales de agua tratada de 500 miligramos por litro (mg/L) para todas las oportunidades evaluadas, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcle con el agua del Río Colorado.



Figure/Figura 3 General desalination opportunity locations selected for study  
 Lugares generales para la oportunidad de desalinización seleccionados para el estudio

**Notes:** Project development may occur within Marine Priority Sites.  
 There are some sensitive environmental regions in the United States not presented on the figure.  
**Notas:** Desarrollo de los proyectos puede ocurrir dentro de los Sitios Prioritarios Marinos.  
 Hay algunas regiones ambientalmente sensibles en los Estados Unidos no mostradas en la figura.

### Development of Potential Desalination Opportunities

The following information was developed for each of the opportunities, as available and appropriate:

- Land use mapping of the general location, including identification of communal land.
- Marine works conceptual design, including both plan and profile figures of the intakes and outfalls. These components were designed in accordance with the criteria from the draft Mexican regulation *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters.*
- Desalination facilities conceptual design, including conceptual site layouts, process flow schematics, hydraulic profiles, and chemical use estimates.
- Treated water conveyance conceptual design, including potential alignments and hydraulic profiles identifying required pump stations and break tanks.
- Analysis of power availability to serve the proposed desalination and conveyance facilities and proposed alignments of new power transmission facilities.

### Desarrollo de Oportunidades Potenciales de Desalinización

La siguiente información se desarrolló para cada una de las oportunidades, según su disponibilidad y si era válida:

- Mapeo del uso del suelo de la ubicación general, incluida la identificación de ejidos.
- Diseño conceptual de obras marinas, que incluye figuras con vista de planta y perfil de la toma de entradas y descarga. Estos componentes fueron diseñados de acuerdo con los criterios del proyecto de norma mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en las plantas o procesos de desalinización que generan solución salina o salmuera aguas de rechazo.*
- Diseño conceptual de instalaciones de desalinización, incluyendo el manejo conceptual de los sitios, diagramas de flujo del proceso, perfiles hidráulicos, y estimaciones de uso de productos químicos.
- Diseño conceptual de la línea de transporte de agua tratada, que incluye alineamientos potenciales y perfiles hidráulicos que identifican las estaciones de bombeo y tanques de cambio de régimen requeridos.
- Análisis de la disponibilidad de energía para atender las instalaciones de desalinización y conducción propuestas, así como las alineaciones propuestas de las nuevas instalaciones de transmisión de energía.

- Analysis of the federal, state, and municipal permitting and regulatory considerations, as well as identification of the timing of such considerations.
- Analysis of environmental considerations, including the identification of conservation areas, sensitive species, potential environmental impacts during construction, operation and maintenance, along with possible mitigation strategies.
- Analysis of socio-economic considerations, including population trends, identification of indigenous communities and nearby archaeological sites, local economic activities, marginalization and poverty. Potential socio-economic impacts were also identified, including job creation estimates and the impact on water resiliency.
- Constructability considerations.
- Capital and operation and maintenance costs. Costs were broken down by the major areas associated with the opportunity. The estimate was prepared at a Class 4 level as described in the American Association of Cost Engineers International's "Recommended Practice 18R-97, Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries." A Class 4 cost estimate has an accuracy range of -15% to -30% on the low end and +20% to +50% on the high end.

- Análisis de los permisos federales, estatales y municipales y las consideraciones regulatorias, así como la identificación de los tiempos de tales consideraciones.
- Análisis de consideraciones ambientales, incluyendo la identificación de áreas de conservación, especies sensibles, posibles impactos ambientales durante la construcción, operación y mantenimiento, junto con posibles estrategias de mitigación.
- Análisis de consideraciones socioeconómicas, incluidas las tendencias de la población, identificación de comunidades indígenas y sitios arqueológicos cercanos, actividades económicas locales, marginación y pobreza. También se identificaron posibles impactos socioeconómicos, incluyendo estimaciones de creación de empleo y el impacto en la resiliencia al agua.
- Consideraciones de constructibilidad.
- Costos de capital, operación y mantenimiento. Los costos se desglosaron con base en las principales áreas asociadas con cada oportunidad. La estimación se preparó en un nivel de Clase 4 como se describe en la "Práctica recomendada 18R-97 de la Asociación Americana de Ingenieros de Costos Internacionales, Sistema de Clasificación de Estimación de Costos - Aplicado en Ingeniería, Adquisiciones y Construcción para Procesos Industriales ". Para un costo de Clase 4 la estimación tiene un rango de precisión de -15% a -30% en el extremo inferior y +20% a +50% en el extremo superior.

Durante el desarrollo de la información, se determinó que la construcción de las obras marinas requeridas para la Oportunidad 3 no era factible



During the development of information, it was determined that construction of the required marine works for Opportunity 3 was infeasible due to the excessive length of the proposed intake and outfall pipelines. Therefore, this opportunity was set aside from further development.

Opportunity 4 was developed as much as possible. Unfortunately, at the time of this report, fundamental information about the power plant was not available. Therefore, the thermal desalination facility could not be conceptually designed and other aspects such as power availability and costs could not be developed/evaluated, so this opportunity was also set aside.

### Cost Estimates

Capital and operation and maintenance costs for Opportunities 1, 2 and 5 are summarized in Tables 1 and 2. Two treated water conveyance alternatives were developed for Opportunity 2; upsizing the conveyance pipeline at Jagüey (Opportunity 1); and upsizing the conveyance pipeline at Puerto Libertad (Opportunity 5). It is important to note that the costs shown in Tables 1 and 2 assume treatment facilities sized to produce 100,000 AFY of treated water and treated water conveyance facilities sized to deliver 200,000 AFY to Morelos Dam.

debido a la excesiva longitud de las tuberías de toma y descarga. Por lo tanto, esta oportunidad no se desarrolló a mayor profundidad.

La Oportunidad 4 se desarrolló lo más amplio posible. Desafortunadamente, al momento de este informe, la información fundamental sobre la planta de energía no estuvo disponible. Por lo tanto, la instalación de desalinización térmica no se pudo diseñar conceptualmente, y otros aspectos, como la disponibilidad de energía y los costos, no se pudieron desarrollar y/o evaluar, por lo que esta oportunidad tampoco se desarrolló.

### Estimaciones de Costo

Los costos de capital, operación y mantenimiento para las Oportunidades 1, 2 y 5 se resumen en las Tablas 1 y 2. Se desarrollaron dos alternativas para la conducción de agua tratada para la Oportunidad 2; aumentar el tamaño de la tubería de conducción en Jagüey (Oportunidad 1), o aumentar el tamaño de la tubería de conducción en Puerto Libertad (Oportunidad 5). Es importante tener en cuenta que los costos que se muestran en las Tablas 1 y 2 suponen instalaciones de tratamiento dimensionadas para producir 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua tratada e instalaciones de conducción de agua tratada dimensionadas para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s a la Presa Morelos.

Table/Tabla 1 Capital cost summary for each opportunity (costs are indexed to July 2019)  
 Resumen del costo capital para cada oportunidad (los costos están indexados a julio de 2019)

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Jagüey) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Jagüey)	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Puerto Libertad) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Puerto Libertad)	OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5
	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>
Marine Works Obras Marinas	\$376,529,834 (\$7,235,397,291)	\$73,183,826 (\$1,406,300,392)	\$73,183,826 (\$1,406,300,392)	\$113,049,444 (\$2,172,358,113)
Reservoir <sup>2</sup> Embalse <sup>2</sup>	\$0 (\$0)	\$67,637,246 (\$1,299,717,313)	\$67,637,246 (\$1,299,717,313)	\$0 (\$0)
Desalination Plant Planta Desalinizadora	\$684,589,262 (\$13,155,067,262)	\$700,095,077 (\$13,453,026,999)	\$700,095,077 (\$13,453,026,999)	\$684,589,262 (\$13,155,067,262)
Brine Storage System Sistema de Almacenamiento de Salmuera	\$0 (\$0)	\$126,590,644 (\$2,432,565,818)	\$126,590,644 (\$2,432,565,818)	\$0 (\$0)
Conveyance System Sistema de Conducción	\$1,295,570,480 (\$24,895,682,346)	\$1,839,367,150 (\$35,345,279,160)	\$1,977,670,242 (\$38,002,911,379)	\$1,693,270,629 (\$32,537,888,393)
High Voltage System Sistema de Alta Tensión	\$170,712,354 (\$3,280,408,594)	\$177,641,237 (\$3,413,554,010)	\$177,641,237 (\$3,413,554,010)	\$162,831,962 (\$3,128,978,982)
Contingency Contingencia	\$505,480,386 (\$9,713,311,099)	\$596,903,036 (\$11,470,088,737)	\$624,563,654 (\$12,001,615,182)	\$530,748,259 (\$10,198,858,550)
<b>Total Cost Costo Total</b>	<b>\$3,032,882,316 (\$58,279,866,592)</b>	<b>\$3,581,418,216 (\$68,820,532,429)</b>	<b>\$3,747,381,926 (\$72,009,691,093)</b>	<b>\$3,184,489,556 (\$61,193,151,300)</b>

<sup>1</sup> An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate. / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

<sup>2</sup> Cost shown is one-third of the total cost for this component. The remaining two-thirds of the cost is assumed to be allocated to the power generation portion of the project. (Opportunity 2 only). / El costo mostrado es un tercio del costo total para este componente. Se supone que los dos tercios restantes del costo se asignarán a la parte de generación de energía del proyecto. (solamente para Oportunidad 2).

Table/Tabla 2 Total annual operational and maintenance costs for each opportunity  
 Costos anuales de operación y mantenimiento para cada oportunidad

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO ANUAL POR UNIDAD DURANTE LA OPERACIÓN	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Jagüey) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Jagüey)	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Puerto Libertad) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Puerto Libertad)	OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5
	USD (MXN)	USD (MXN)	USD (MXN)	USD (MXN)
Energy (treatment and conveyance) Energía (tratamiento y conducción)	\$68,687,000 (\$1,319,889,000)	\$38,874,000 (\$747,003,000)	\$45,884,000 (\$881,707,000)	\$86,207,000 (\$1,656,553,000)
Chemicals Químicos	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$18,130,000 (\$348,386,000)
Process consumables, spare parts, maintenance Consumibles del proceso, partes de repuesto, mantenimiento	\$12,829,000 (\$246,522,000)	\$11,957,000 (\$229,766,000)	\$11,957,000 (\$229,766,000)	\$12,829,000 (\$246,522,000)
Labor cost Costo de mano de obra	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$1,282,000 (\$24,631,000)
Miscellaneous Misceláneos	\$350,000 (\$6,726,000)	\$350,000 (\$6,726,000)	\$350,000 (\$6,726,000)	\$350,000 (\$6,726,000)
Contingency Contingencia	\$505,000 (\$9,704,000)	\$513,000 (\$9,858,000)	\$513,000 (\$9,858,000)	\$505,000 (\$9,704,000)
<b>TOTAL</b>	<b>\$101,783,000</b> <b>(\$1,955,858,000)</b>	<b>\$71,106,000</b> <b>(\$1,366,370,000)</b>	<b>\$78,116,000</b> <b>(\$1,501,074,000)</b>	<b>\$119,303,000</b> <b>(\$2,292,522,000)</b>

A July 2019 exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate / En la estimación se utilizó un tipo de cambio julio de 2019 de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

Life cycle unit costs were not developed for the individual opportunities due to the difference in capacities between the desalination and treated water conveyance facilities. Opportunities were combined in order to present life cycle unit costs based on an overall exchange opportunity of 200,000 AFY. These combinations consist of two 100,000 AFY desalination facilities and a shared treated transmission system to deliver treated water to Morelos Dam for exchange:

- Opportunity 2 (Pitiquito) and Opportunity 5 (Puerto Libertad reverse osmosis) with treated water conveyance upsized to 200,000 AFY at Puerto Libertad
- Opportunity 2 (Pitiquito) and Opportunity 1 (Jagüey) with treated water conveyance upsized to 200,000 AFY at Jagüey
- Opportunity 5 (Puerto Libertad reverse osmosis) and Opportunity 1 (Jagüey) with treated water conveyance upsized to 200,000 AFY at Jagüey

A 30-year net present value analysis was performed to determine the unit cost of each combination. The results of this analysis are shown in Table 3.

Los costos unitarios del ciclo de vida no se desarrollaron para las oportunidades individuales debido a la diferencia de capacidades entre las instalaciones de desalinización y de conducción de agua tratada. Las oportunidades se combinaron para presentar los costos unitarios del ciclo de vida basados en una oportunidad de intercambio general de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Estas combinaciones consisten en dos instalaciones de desalinización de 3.9 m<sup>3</sup>/s y un sistema de transmisión de agua tratada compartido para entregar el agua a la Presa Morelos para su intercambio:

- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 5 (Puerto Libertad ósmosis inversa) con conducción de agua tratada aumentada a 246.7 Mm<sup>3</sup>/año en Puerto Libertad
- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 1 (Jagüey) con conducción de agua tratada aumentada a 246.7 Mm<sup>3</sup>/año en Jagüey
- Oportunidad 5 (Puerto Libertad ósmosis inversa) y Oportunidad 1 (Jagüey) con conducción de agua tratada aumentada a 246.7 Mm<sup>3</sup>/año en Jagüey

Se realizó un análisis del valor presente neto de 30 años para determinar el costo unitario de cada combinación. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 3.

Table/Tabla 3 Unit cost evaluation for water desalination opportunity combinations of 200,000 AFY  
 Evaluación del costo unitario para combinaciones de oportunidad de desalinización de 7.8 m<sup>3</sup>/s de agua

COST COMPONENT	UNIT	OPPORTUNITIES 2 + 5 OPORTUNIDADES 2 + 5	OPPORTUNITIES 2 + 1 OPORTUNIDADES 2 + 1	OPPORTUNITIES 5 + 1 OPORTUNIDADES 5 + 1
Total capital cost	USD	\$4,744,605,036	\$4,906,179,692	\$4,509,251,032
Costo de capital total	MXN	\$91,172,330,371	\$94,277,148,961	\$86,649,767,830
Annual amortized capital cost	USD	\$308,643,366	\$319,154,030	\$293,333,251
Costo anual de capital amortizado	MXN	\$5,930,890,921	\$6,132,863,840	\$5,636,691,751
Annual operational cost (2019)	USD	\$155,369,000	\$148,391,000	\$196,558,000
Costo operativo anual (2019)	MXN	\$2,985,570,704	\$2,851,481,456	\$3,777,058,528
Net present value (2019)	USD	\$12,300,351,749	\$12,297,126,544	\$13,368,271,764
Valor presente neto (2019)	MXN	\$236,363,559,209	\$236,301,583,670	\$256,884,710,217
Net present value unit cost	\$USD/AF	\$2,050	\$2,050	\$2,228
Costo unitario del valor presente neto	\$MXN/m <sup>3</sup>	\$31.94	\$31.94	\$34.71

Assumes a nominal interest rate of 5%, an inflation rate of 3%, a real interest rate of 1.9%, and 30 years for both the amortization and life cycle periods. / Asume una tasa de interés nominal del 5%, una tasa de inflación del 3%, una tasa de interés real del 1.9%, y 30 años tanto para el período de amortización como para el ciclo de vida.

An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate. / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

## TM 4 - Brine Dispersion Modeling

Technical memorandum 4 (TM4) documented the results of the near-field brine dispersion modeling that was conducted for the opportunities. Brine dispersion models were developed and simulated for Opportunities 1, 2, and 5, utilizing information for the proposed desalination outfall/diffuser configurations developed in TM3.

## TM 4 - Modelación de Dispersión de Salmuera

El memorándum técnico 4 (TM4) documentó los resultados del modelado de campo cercano de dispersión de salmuera que se realizó para las oportunidades. Se desarrollaron y simularon modelos de dispersión de salmuera para las Oportunidades 1, 2 y 5, utilizando la información para las configuraciones propuestas de difusor/emisor de desalinización desarrolladas en el TM3.

Draft Mexican regulations by the Comisión Nacional del Agua and the Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (*PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015*) propose that any concentrated salinity discharge into the waters of Mexico not exceed the ambient salinity concentration by more than 15% at a distance of 100 meters (328 feet) from the discharge point. Considering that these draft regulations are likely to be in place at the time a binational desalination opportunity would be operational, this proposed requirement was selected as the compliance target for each of the desalination opportunities.

CORMIX (developed by the company MixZon Inc.) was used to model the potential near-field salinity impacts associated with dispersion of the brine for each desalination opportunity. Given that field measurements were not collected, and existing information is limited, CORMIX was selected due to its simplicity regarding input data requirements and the ability to perform robust, physically well-founded simulations.

The brine dispersion modeling indicates that dispersion of the brine associated with the outlet works for Opportunities 2 and 5 will meet the draft Mexican regulations under the full range of potential current velocity conditions. Regarding Opportunity 1, the brine dispersion modeling indicates that the draft Mexican regulations could be met under all potential current velocity conditions except possibly the minimum winter and summer currents. It is noted that this condition is not likely to occur often and that these results are based on limited available current and salinity concentration data, as well as broad bathymetric information. Further refinement of the diffuser design could result in a configuration design that could meet the draft Mexican regulations under all conditions. In addition, the

El borrador de la norma mexicana propuesta por la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (*PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015*) propone que cualquier descarga de salinidad concentrada en las aguas de México no exceda la concentración de salinidad ambiental en más del 15% a una distancia de 100 metros del punto de descarga. Teniendo en cuenta que es probable que estos proyectos de reglamento estén vigentes en el momento en que una oportunidad de desalinización binacional esté operando, este requisito propuesto se seleccionó como el objetivo de cumplimiento para cada una de las oportunidades de desalinización.

CORMIX (desarrollado por la compañía MixZon Inc.) se utilizó para modelar los posibles impactos de salinidad en campo cercano asociados con la dispersión de la salmuera para cada oportunidad de desalinización. Dado que para esta etapa no se realizaron mediciones de campo y la información disponible fue escasa, CORMIX presenta una buena alternativa de modelación debido a su sencillez en requerimientos de datos de entrada y, a su vez, presentar un esquema robusto y físicamente bien fundamentado.

El modelado de dispersión de salmuera indica que la dispersión de estas, asociada con la descarga, funciona para las Oportunidades 2 y 5, cumpliendo con el borrador de la norma mexicana bajo el rango completo de condiciones potenciales de la velocidad de corrientes. Con respecto a la Oportunidad 1, el modelo de dispersión de salmuera indica que se podría cumplir con lo indicado en el borrador de la norma mexicana bajo todas las condiciones potenciales de velocidad de corrientes, excepto, posiblemente, bajo las corrientes mínimas de invierno y verano. Se observa que no es probable que esta condición ocurra con frecuencia y que estos resultados se basan en datos limitados de concentración de salinidad y corrientes disponibles, así como en una amplia información

dispersion modeling confirms that the brine plumes do not reach the Vaquita Refuge Area, the Biosphere Reserve, or any protected areas (e.g. RAMSAR, protected islands). Note that if and when a desalination opportunity is selected that includes discharge to the Sea of Cortez, a brine dispersion study that includes additional field data/measurements will be required to confirm the preliminary findings documented herein.

## TM 5 - Evaluation of Potential Desalination Opportunities

Technical memorandum 5 (TM5) highlights the differentiators associated with each of the potential desalination opportunities for the different criteria, as well as potential risks associated with each opportunity. These differentiators and risks are summarized in Table 4.

batimétrica. El refinamiento adicional del diseño del difusor podría dar como resultado un diseño de configuración que podría cumplir con el borrador de la norma mexicana en todas las condiciones. Además, el modelo de dispersión confirma que las plumas de salmuera no alcanzan el Área de Refugio de Vaquita Marina, la Reserva de la Biosfera ni ninguna área protegida (por ejemplo, RAMSAR, islas protegidas). Hay que tener en cuenta que si se selecciona una oportunidad de desalinización que tenga que descargar la salmuera producida hacia Mar de Cortés, se requerirá un estudio de dispersión de salmuera que incluya datos/mediciones de campo adicionales para confirmar los hallazgos preliminares descritos en este documento.

## TM 5 - Evaluación de Oportunidades Potenciales de Desalinización

El memorándum técnico 5 (TM5) destaca los diferenciadores asociados con cada una de las oportunidades potenciales de desalinización para los diferentes criterios, así como los riesgos potenciales asociados con cada oportunidad. Estos diferenciadores y riesgos se resumen en la Tabla 4.

Table 4 Differentiators of each opportunity

OPPORTUNITY 1	OPPORTUNITY 2	OPPORTUNITY 5
<b>Land Use Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intake pipeline crosses an ejido (communal land)</li> <li>• Location is very remote with little/no infrastructure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located within an ejido</li> <li>• Remote location with no infrastructure</li> <li>• A third party is analyzing the potential for a desalination and pumped storage hydropower project at this location</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Not located within an ejido</li> <li>• Developed area with existing infrastructure</li> <li>• Located within the jurisdiction of the Comisión Federal de Electricidad (agreement required to use land)</li> </ul>

OPPORTUNITY 1	OPPORTUNITY 2	OPPORTUNITY 5
<b>Marine Works Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizes velocity cap intake structures</li> <li>Required intake/outfall pipeline lengths are extensive (2.4 and 3.9 miles, respectively)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizes Johnson screens for combined intake/diffuser</li> <li>Shortest intake/outfall pipeline length (1,700 ft), uses same intake/outfall as hydropower facility</li> <li>Requires construction of elevated seawater reservoir</li> <li>Risk associated with marine life growth in elevated seawater reservoir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilizes velocity cap intake structures</li> <li>Intake/outfall pipeline lengths are 0.47 and 0.78 miles, respectively</li> </ul>
<b>Water Treatment Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Seawater quality potentially less desirable due to shallower bathymetry</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires construction of brine storage system</li> <li>Utilizes turbochargers to transfer the stored hydraulic energy from the reservoir instead of seawater pumps</li> <li>Unknown how the proposed pretreatment processes will be employed prior to utilizing reservoir stored energy for the reverse osmosis processes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No differentiators</li> </ul>
<b>Treated Water Conveyance Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Shortest distance to delivery point (225 miles)</li> <li>Requires least pumping (2 pump stations)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Longest distance to delivery point (300 miles)</li> <li>Requires most pumping (5 pump stations)</li> <li>Additional treated water pipeline maintenance and security will be necessary due to longer distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Far from delivery point (285 miles)</li> <li>Requires 4 pump stations</li> <li>Additional treated water pipeline maintenance and security necessary due to longer distance</li> </ul>
<b>Power Availability Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires 5 substations and 79 megawatts (MW) of power</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires 9 substations and 110 MW of power (conveyance upsized at Jagüey) or 125 MW of power (conveyance upsized at Puerto Libertad)</li> <li>Renewable energy component</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires 8 substations and 100 MW of power</li> <li>Existing power plant could be used to supply power during construction</li> </ul>



OPPORTUNITY 1	OPPORTUNITY 2	OPPORTUNITY 5
<b>Permitting and Regulatory Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Draft regulation requirement for brine dispersion not met for most conservative model runs (minimum winter/summer current velocity)</li> <li>• Required outfall pipeline distance is greater than the anticipated SEMARNAT requirement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Draft regulation requirement for brine dispersion met for all conditions modeled</li> <li>• Does not meet draft regulation requirement for separation distances between intake/outfall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complies with all requirements of the draft regulation</li> </ul>
<b>Environmental Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outside Marine Priority area but inside proposed Biological Fisheries Corridor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inside Marine Priority area but outside proposed Biological Fisheries Corridor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inside Marine Priority area but outside proposed Biological Fisheries Corridor</li> </ul>
<b>Socio-Economic Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No differentiators</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located near indigenous Seris tribe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located near fishing refuge area (Cerro Bola)</li> </ul>
<b>Economic Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highest marine works cost</li> <li>• Lowest treated water conveyance cost</li> <li>• Lowest overall capital cost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lowest marine works cost</li> <li>• Highest treated water conveyance cost</li> <li>• Highest overall capital cost</li> <li>• Lowest annual operational cost</li> <li>• Assumed energy cost savings may not be realized</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highest annual operational cost</li> </ul>
<b>Constructability Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located farthest (320 miles) from closest major port (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located closest (190 miles) to nearest major port (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No differentiators</li> </ul>

Tabla 4 Diferenciadores de cada oportunidad

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
<b>Consideraciones de Uso del Suelo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería de toma cruza un ejido</li> <li>• La ubicación es muy remota con poca o ninguna infraestructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicado dentro de un ejido</li> <li>• Ubicación remota sin infraestructura</li> <li>• Un tercero está analizando el potencial de un proyecto de desalinización y de almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo en esta ubicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se encuentra dentro de un ejido</li> <li>• Área desarrollada con infraestructura existente</li> <li>• Ubicado dentro de la jurisdicción de la Comisión Federal de Electricidad (se requiere un acuerdo para usar este terreno)</li> </ul>
<b>Consideraciones de Obras Marinas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza estructuras limitadoras de velocidad para la obra de toma</li> <li>• Las longitudes requeridas de la tubería de toma/descarga son las más extensas (3.8 and 6.2 km, respectivamente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza pantallas Johnson para toma/difusión combinados</li> <li>• Longitud de tubería de toma/descarga más corta (520 m), usa el sistema de toma/descarga de la planta de energía</li> <li>• Requiere la construcción de un reservorio elevado para agua de mar</li> <li>• Riesgo asociado con el crecimiento de la vida biológica en el reservorio elevado para agua de mar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza estructuras limitadoras de velocidad para la obra de toma</li> <li>• Las longitudes de la tubería de toma/descarga son 750 and 1,250 m, respectivamente</li> </ul>
<b>Consideraciones de Tratamiento de Agua</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad del agua de mar es potencialmente menos deseable debido a una batimetría más superficial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere la construcción del sistema de almacenamiento de salmuera</li> <li>• Utiliza turbocompresores para transferir la energía hidráulica almacenada desde el reservorio en lugar de las bombas de agua de mar</li> <li>• Se desconoce cómo se emplearán los procesos de pretratamiento propuestos antes de utilizar la energía almacenada del reservorio para los procesos de ósmosis inversa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin diferenciadores</li> </ul>

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
<b>Consideraciones de Conducción de Agua Tratada</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia más corta al punto de entrega (360 km)</li> <li>• Requiere menos bombeo (2 estaciones de bombeo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor distancia al punto de entrega (480 km)</li> <li>• Requiere más bombeo (5 estaciones de bombeo)</li> <li>• Será necesario sistemas adicionales de mantenimiento y seguridad para la tubería de agua tratada debido a la mayor distancia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lejos del punto de entrega (460 km)</li> <li>• Requiere 4 estaciones de bombeo</li> <li>• Será necesario sistemas adicionales de mantenimiento y seguridad para la tubería de agua tratada debido a la mayor distancia</li> </ul>
<b>Consideraciones de Disponibilidad de Energía</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere 5 subestaciones y 79 megavatios (MW) de electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere 9 subestaciones y 110 MW de electricidad (conducción ampliado en Jagüey) o 125 MW de electricidad (conducción ampliado en Puerto Libertad)</li> <li>• Componente de energía renovable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere 8 subestaciones y 100 MW de electricidad</li> <li>• La planta de energía existente podría usarse para suministrar energía durante la construcción</li> </ul>
<b>Consideraciones de Permisos y Regulaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se cumplen los requerimientos del proyecto de norma oficial mexicana para la dispersión de salmuera para las simulaciones más conservadoras (velocidad mínima de corriente en invierno/ verano)</li> <li>• La distancia requerida de la tubería de descarga es mayor que el requisito anticipado por SEMARNAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cumplen los requerimientos del proyecto de norma oficial mexicana para la dispersión de salmuera para todas las condiciones simuladas</li> <li>• No cumple con el requisito del borrador de la norma para distancias de separación entre toma/descarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple con todos los requisitos del borrador de la norma</li> </ul>
<b>Consideraciones Ambientales</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuera del área de Prioridad Marina pero dentro del Corredor Biológico de Pesca propuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro del área de Prioridad Marina, pero fuera del Corredor de Pesca Biológica propuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro del área de Prioridad Marina, pero fuera del Corredor de Pesca Biológica propuesto</li> </ul>
<b>Consideraciones Socio-Económicas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin diferenciadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicado cerca de la tribu indígena Seris</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicado cerca del área de refugio de pesca (Cerro Bola)</li> </ul>

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
<b>Consideraciones Económicas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mayor costo de obras marinas</li> <li>• Costo de conducción de agua tratada más bajo</li> <li>• Costo de capital global más bajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de obras marinas más bajo</li> <li>• El mayor costo de conducción de agua tratada</li> <li>• El costo de capital global más alto</li> <li>• Costo operativo anual más bajo</li> <li>• Supuestos ahorros de costos de energía pueden no realizarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo operativo anual más alto</li> </ul>
<b>Consideraciones de Constructibilidad</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicado más alejado (530 km) del puerto principal más cercano (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicado más cercano (315 km) al puerto principal más cercano (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin diferenciadores</li> </ul>

## Recommended Next Steps

The results of the 30-year net present value analysis of the potential desalination opportunity combinations indicate that a potential desalination opportunity could deliver 200,000 AFY of new water to Morelos Dam for exchange for approximately \$2,000 USD per acre foot (AF) with an exchange rate of 19,216 pesos per dollar (USD). This unit cost is consistent with other existing and proposed projects to develop sources of new water (e.g. Carlsbad, California; Rosarito in Baja California, Mexico; and Sorek, Israel) and therefore considered financially feasible. In addition, seawater desalination is unique in that it produces a reliable and drought-proof source of water. Therefore, it is recommended that this concept be carried forward through the implementation of the following next steps.

## Próximos Pasos Recomendados

Los resultados del análisis del valor presente neto a 30 años de las posibles combinaciones de oportunidades de desalinización indican que una oportunidad potencial de desalinización podría entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s de agua nueva a la Presa Morelos para el intercambio por aproximadamente \$32 MXN por metro cúbico (m<sup>3</sup>) con un tipo de cambio de 19.216 pesos por dólar (USD). Este costo unitario es consistente con otros proyectos existentes y propuestos para desarrollar fuentes de agua nueva (p.ej. Carlsbad, California; Rosarito en Baja California, México; y Sorek, Israel). Además, la desalinización del agua de mar es única porque produce una fuente de agua confiable y a prueba de sequías. Por lo tanto, se recomienda llevar adelante este concepto mediante la implementación de los siguientes pasos.

### Tasks to Further Refine the Potential Opportunities

During the course of this study, two areas were identified that could provide additional valuable information to help refine the identified potential opportunities consistent with the current scope of work, as described below.

- This study developed information for individual potential desalination opportunities that could deliver 100,000 AFY of treated water to Morelos Dam but also envisioned combining opportunities to deliver 200,000 AFY. It is recommended that additional analysis be completed to determine the optimal capacity of each opportunity. This evaluation would help determine if there is a cost benefit associated with upsizing the capacity of an individual desalination opportunity and/or if there are any potential brine dispersion impacts.
- For simplicity in developing cost estimates, this study assumed a traditional design-bid-build approach to project delivery. However, since this facility will be located outside of the United States, it is more likely that this project would be delivered under a different method, such as a public-private partnership. Public private partnerships involve a cooperative arrangement between public entities (typically the owner) and private sector entities to design, build, finance, and at times operate and maintain, the project for a specified period of time on behalf of the owner. It is recommended that an effort be undertaken to define the most appropriate approach through which this project could be successfully delivered.

### Tareas para Refinar Aún Más las Oportunidades Potenciales

Durante el curso de este estudio, se identificaron dos áreas que podrían proporcionar información valiosa adicional para ayudar a refinar las oportunidades potenciales identificadas de acuerdo con el alcance actual del trabajo, como se describe a continuación

- Este estudio desarrolló información para oportunidades de desalinización potenciales individuales que podrían entregar 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua tratada a la Presa Morelos, pero también visualizó la combinación de oportunidades para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s. Se recomienda que se realice un análisis adicional para determinar la capacidad óptima de cada oportunidad. Esta evaluación ayudaría a determinar si existe un beneficio de costo asociado con el aumento de la capacidad de una oportunidad de desalinización individual y/o si hay algún impacto potencial de dispersión de salmuera.
- Para simplificar el desarrollo de estimaciones de costos, este estudio asumió un enfoque tradicional de diseño-oferta-construcción para la entrega del proyecto. Sin embargo, dado que esta instalación estará ubicada fuera de los Estados Unidos, es más probable que este proyecto se realice bajo un método diferente, como una asociación público-privada. Las asociaciones público-privadas implican un acuerdo de cooperación entre entidades públicas (generalmente el propietario) y entidades del sector privado para diseñar, construir, financiar y, en ocasiones, operar y mantener el proyecto durante un período de tiempo específico en nombre del propietario. Por lo tanto, se recomienda que se realice un esfuerzo para definir el enfoque más apropiado a través del cual este proyecto se podría ejecutar con éxito.

### Additional Investigation of Binational Desalination in the Sea of Cortez

This study demonstrates that a potential binational desalination project located along the Sea of Cortez is both technically and economically feasible. However, there are a few specific areas where assumptions were made due to being outside the scope of work or due to a lack of information, that warrant additional investigation. These include:

- This study assumed that rights-of-way along the treated water conveyance alignment were sufficient and could be obtained. The ability to obtain rights-of-way for treated water conveyance needs to be confirmed.
- This study identified the power requirements associated with the proposed desalination opportunities. However, the ability to obtain the necessary power from the Comisión Federal de Electricidad needs to be confirmed.

### Development of an Exchange Framework

While Minute 323 provides for the identification of additional projects or actions to be considered for inclusion as water conservation projects and exchanges, currently there is no framework through which binational exchanges of water can occur for New Water Sources Projects, such as desalination. The study and implementation of New Water Sources Projects requires a specific Minute of the International Boundary and Water Commission. It is recommended that the Minute Oversight Group analyze and consider binational exchanges for New Water Sources Projects, specifically the use of seawater versus

### Investigación Adicional de Desalinización Binacional en el Mar de Cortés

Este estudio demuestra que un posible proyecto de desalinización binacional ubicado a lo largo del Mar de Cortés es técnica y económicamente factible. Sin embargo, hay algunas áreas específicas donde se hicieron suposiciones debido a estar fuera del alcance del trabajo o debido a la falta de información, que justifican una investigación adicional. Éstos incluyen:

- Este estudio asumió que los derechos de paso a lo largo del trazo de la conducción de agua tratada eran suficientes y podían mantenerse. La capacidad de obtener los derechos de vía para la conducción de agua tratada debe ser confirmada.
- Este estudio identificó los requisitos de energía asociados con las oportunidades de desalinización propuestas. Sin embargo, la posibilidad de obtener la energía necesaria de la Comisión Federal de Electricidad necesita ser confirmada.

### Desarrollo de un Sistema de Intercambio

Si bien el Acta 323 prevé la identificación de proyectos o acciones adicionales que se considerarán para su inclusión como proyectos e intercambios de conservación de agua, actualmente no existe un marco a través del cual puedan ocurrir intercambios binacionales de agua para Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua, como la desalinización. El estudio y la implementación de Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua requieren un acuerdo específico de ambos gobiernos por medio de una Acta de la Comisión Internacional de Límites y Aguas. Se recomienda que el Grupo de Seguimiento del Acta 323 analice y considere los intercambios binacionales para los Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua, específicamente el uso de

freshwater, and provide feedback to the Projects Work Group, which will be comparing the various New Water Sources opportunities.

### Comparison to Other Identified Projects

As discussed previously, Section IX.B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of other opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent

Efforts will be undertaken by the Projects Work Group to gather and/or develop the information necessary to allow for a comparison of these potential new water source projects. Minute 323 noted that the Binational Projects Work Group will evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information. These project concepts are in various stages of completion.

agua de mar versus agua dulce, y proporcione comentarios al Grupo de Trabajo de Proyectos, que comparará las diversas oportunidades de Nuevas Fuentes de Agua.

### Comparación con Otros Proyectos Identificados

Como se discutió anteriormente, la Sección IX.B del Acta 323, “Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua”, señala la existencia de otras oportunidades para proyectos de cooperación en conjunta, con el potencial de aumentar la entrega o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambos países, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de denle el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado
- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

El Grupo de Trabajo de Proyectos emprenderá esfuerzos para recopilar y/o desarrollar la información necesaria para permitir una comparación de estos posibles nuevos proyectos de fuentes de agua. El Acta 323 recomendó que el Grupo Binacional de Trabajo sobre Proyectos evaluará todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluyendo el volumen de agua que se generará, su costo y distribución entre ambos países, su intercambio potencial y los beneficios que se generarán para ambos Gobiernos, entre otra información relevante. Estos conceptos de proyecto se encuentran en varias etapas de realización.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM1: Water Supply Availability  
and Demand Analysis

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM1: Análisis de la Disponibilidad y  
Demanda de Agua

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020





## Introduction and Background

On September 21, 2017, the Commissioners of the International Boundary and Water Commission signed Minute No. 323, “Extension of Cooperative Measures and Adoption of a Binational Water Scarcity Contingency Plan in the Colorado River Basin”. Minute 323 expressed a clear need for continued and additional actions due to the impacts on Colorado River storage resulting from various factors, including meeting system demands, the effects of hydrologic conditions, and increased temperatures. Section IX. B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Binational Desalination Plant at the Sea of Cortez
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent.

Minute 323 noted the need to evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information.

## Introducción y Antecedentes

El 21 de septiembre de 2017 los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites y Aguas firmaron el Acta No. 323 “Extensión de medidas cooperativas y adopción de un plan binacional de contingencia por escasez de agua en la cuenca del Río Colorado”. El Acta 323 expresó una clara necesidad de acciones continuas y adicionales debido a los impactos en el almacenamiento del Río Colorado como resultado de diversos factores, entre los que se incluyen las demandas del sistema, los efectos de las condiciones hidrológicas y el aumento de las temperaturas. La sección IX. B del Acta 323, “Proyectos de Nuevas fuentes de agua”, señala la existencia de oportunidades para proyectos de cooperación conjunta con el potencial de aumentar la distribución o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambas naciones, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Planta Desalinizadora Binacional en el Mar de Cortés
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de en el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado
- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

El Acta 323 señaló la necesidad de evaluar todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluido el volumen de agua que se generará, su costo y distribución entre los dos países, su potencial de

Following adoption of Minute 323, a binational Desalination Work Group was formed to develop a study of water desalination opportunities in the Sea of Cortez, as proposed by the Arizona-Mexico Commission. A scope of work was developed for the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez through the Desalination Work Group process and proposals were solicited and evaluated by the Study Management Team, which is a subset of the Desalination Work Group. The Study Management Team selected the engineering consulting team of Black & Veatch and Libra to undertake the study, with oversight by the Minute 323 Desalination Work Group and Minute Oversight Group. The results of this study will be compared to the investigations of the other four new water sources projects identified in Minute 323 once they are completed.

This Water Supply Availability and Demand Analysis technical memorandum (TM1) identifies current and projected water supply and demand imbalances in Sonora and Baja California, Mexico and the Lower Colorado River Basin of the United States. Existing studies and information form the basis of the water supply and demand information presented herein. Many entities within the study area have developed projections of water demands and supplies using various assumptions and planning horizons. These water supply and water resource plans indicate the potential for future supply imbalances as a result of population and economic growth and dryer climate conditions. These plans were reviewed and detailed summaries are included as an appendix to this report. A full list of the documents that were referenced in the development of this technical memorandum will be included as an appendix to the final report.

intercambio y los beneficios que se generarán para ambos gobiernos, entre otra información relevante.

Siguiendo la ejecución de la Acta 323, se formó un Grupo de Trabajo de Desalinización binacional para estudiar las posibles nuevas fuentes de agua enumeradas anteriormente, entre las cuales esta el desarrollo de un estudio de oportunidades de desalinización del agua en el Mar de Cortés, según lo propuesto por la Comisión Sonora Arizona. Se desarrolló un alcance de trabajo para el Estudio Binacional sobre Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés a través del proceso del Grupo de Trabajo de Desalinización y las propuestas fueron solicitadas y evaluadas por el Equipo de Gestión del Estudio, el cual es un subconjunto del Grupo de Trabajo de Desalinización. El Equipo de Gestión del Estudio seleccionó el equipo de consultoría de ingeniería de Black & Veatch y Libra para realizar el estudio, supervisado por el Grupo de Trabajo de Desalinización y Grupo de Trabajo de Desalinización del Acta 323 y el Grupo de Supervisión de Actas. Los resultados de este estudio se compararán con las investigaciones de los otros cuatro nuevos proyectos de fuentes de agua identificados en el Acta 323 una vez que se hayan completado.

Este Análisis de la Disponibilidad y las Demandas de Agua memorando técnico (TM1) identifica los desequilibrios actuales y proyectados de oferta y demanda de agua en Sonora y Baja California, México y la parte inferior de la cuenca del Río Colorado en los Estados Unidos. Los estudios e información existentes forman la base de la información sobre la oferta y demanda de agua presentada en este documento. Muchas entidades dentro del área de estudio han desarrollado proyecciones de oferta y demanda de agua utilizando varios supuestos y escenarios de planeación. Estos planes de oferta de agua y recursos hídricos indican el potencial de futuros

The supply and demand analysis presented herein is focused on the hydrologic basin of the Colorado River and adjacent areas that are either currently receiving Colorado River water or could be within range of a potential desalination opportunity located in the Sea of Cortez. The Colorado River Basin is a dynamic river system with headwaters originating in the Rocky Mountains of Wyoming and Colorado. The basin has a drainage area of over 245,000 square miles with the mouth of the river in the Sea of Cortez. As shown on Figure 1, the basin primarily overlies the desert southwest of the United States, which is subjected to frequent long-term drought conditions due to limited rainfall, hot temperatures, and high evaporation rates. Within the basin, there is persistent risk to all water use sectors including irrigated agricultural, municipal water providers, industrial uses, tribal entities, and environmental uses that rely on Colorado River water, which is exacerbated by uncertain future climate conditions.

The Colorado River Basin has experienced consistent population increases, which is projected to continue. Increased conservation has offset some of the increasing municipal demands, but continued reductions of per-capita use will be more and more challenging and costly. The Colorado River Basin is also home to some of the most prolific agricultural areas in the world, producing fruits and vegetables for the United States and Mexico, and global exports. Because of increasing population demands and the limited water supplies, there is increasing pressure for agricultural to urban transfers that may strain agricultural communities economic vitality. New water supply projects that rely on drought-resistant sources, such as seawater desalination and effluent reuse through advanced treatment, help to diversify

desequilibrios de oferta como resultado de la población y el crecimiento económico y las condiciones climáticas más secas. Estos planes fueron revisados y se incluyen resúmenes detallados como un anexo de este informe. Se incluirá una lista completa de los documentos a los que se hizo referencia en el desarrollo de este memorando técnico como un anexo del informe final.

El análisis de la oferta y la demanda que se presenta en este documento se centra en la cuenca hidrológica del Río Colorado y las áreas adyacentes que están recibiendo el agua del Río Colorado o podrían estar dentro del alcance de una posible oportunidad de desalinización ubicada en el Mar de Cortés. La cuenca del Río Colorado es un sistema dinámico de ríos con cabeceras que se originan en las Montañas Rocosas de Wyoming y Colorado. La cuenca tiene un área de más de 634,500 kilómetros cuadrados con la desembocadura del río en el Mar de Cortés. Como se muestra en la Figura 1, la cuenca se encuentra principalmente sobre el desierto al suroeste de los Estados Unidos, que está sujeta a frecuentes condiciones de sequía a largo plazo debido a las precipitaciones limitadas, las altas temperaturas y las altas tasas de evaporación. Dentro de la cuenca, existe un riesgo persistente para todos los sectores de uso del agua, incluidos los agrícolas irrigados, los proveedores municipales de agua, los usos industriales, las entidades tribales y los usos ambientales que dependen del agua del Río Colorado, que se ve agravada por las condiciones climáticas inciertas en el futuro.

La cuenca del Río Colorado ha experimentado aumentos constantes de población, y se proyecta que continúen. La conservación incrementada ha compensado algunas de las demandas municipales crecientes, pero las reducciones continuas del uso per cápita serán cada vez más desafiantes y costosas. La cuenca del Río Colorado

the water supply portfolio of the region and increase drought resilience.

In order to apply consistent planning assumptions and analyses across the diversity of uses, climate, and cultural water use conditions in the Colorado River Basin, the analysis focused on current and future water supply and demand estimates. For the lower basin of the United States, information the Colorado River Basin Water Supply and Demand Study (United States Bureau of Reclamation, 2012), herein referred to as the Colorado River Basin Study, was utilized, focusing on the planning year 2035. For Mexico, the analysis focused on State water resource planning documents that provided current and future water demand and supply information for 2030. Together these planning efforts illustrate that there are significant demand supply imbalances that may be addressed by large-scale seawater desalination opportunities in the Sea of Cortez region.

también alberga algunas de las áreas agrícolas más prolíficas del mundo, que producen frutas y verduras para los Estados Unidos y México, y exportaciones globales. Debido a las crecientes demandas de la población y la limitada oferta de agua, existe una presión cada vez mayor por las transferencias agrícolas a las urbanas que pueden afectar la vitalidad económica de las comunidades agrícolas. Los nuevos proyectos de oferta de agua que dependen de fuentes resistentes a la sequía, como la desalinización de agua de mar y la reutilización de efluentes a través de un tratamiento avanzado, ayudan a diversificar la cartera de fuentes de agua de la región y aumentan la resistencia a la sequía.

Con el fin de aplicar supuestos y análisis de planeación consistentes a través de la diversidad de usos, clima y condiciones culturales de uso del agua en la Cuenca del Río Colorado, el análisis se centró en las estimaciones actuales y futuras de oferta y demanda de agua. Para la cuenca baja de los Estados Unidos, se utilizó la información del Estudio de Oferta y Demanda de Agua de la Cuenca del Río Colorado (Oficina de Reclamación de los Estados Unidos, 2012), aquí referida como el Estudio de la Cuenca del Río Colorado, que se enfoca en la planeación al año 2035. Para en México, el análisis se centró en los documentos estatales de planeación de recursos hídricos que proporcionaron información actual y futura sobre la demanda y el oferta de agua para 2030. Juntos, estos esfuerzos de planeación, ilustran que existen desequilibrios importantes en la oferta y la demanda que pueden ser abordados por las oportunidades de desalinización de agua de mar a gran escala en la región del Mar de Cortés.

## Colorado River Basin Study

For planning purposes, and as shown on Figure 1, the Colorado River Basin has historically been divided into the Upper Basin (generally comprised of the states of Colorado, New Mexico, Utah, and Wyoming in the United States), and the Lower Basin (generally comprised of the states of Arizona, California, and Nevada in the United States), and the Mexican states of Baja California and Sonora. Water supplies and demands across the Colorado River Basin were evaluated by the United States Bureau of Reclamation in the the Colorado River Basin Study. This study used historical data and projections to develop water supply and demand scenarios for a 50-year planning horizon. As discussed previously, the analysis presented herein focuses on the information developed for the planning year 2035. The historical period of record presented in the Colorado River Basin Study was through 2010. As part of this study, additional information was received from Bureau of Reclamation staff for years 2011-2017. This additional historical information has been incorporated as appropriate into the figures and tables presented herein.

## Estudio de la Cuenca del Río Colorado

Para propósitos de planificación, y como se muestra en la Figura 1, la Cuenca del Río Colorado se ha dividido históricamente en la Cuenca Superior (generalmente compuesta por los estados de Colorado, Nuevo México, Utah y Wyoming en los Estados Unidos), la Cuenca Inferior (generalmente compuesta por los estados de Arizona, California y Nevada en los Estados Unidos) y los estados de Baja California y Sonora en México. La oferta y demanda de agua en la Cuenca del Río Colorado fueron evaluados por la Oficina de Reclamación de los Estados Unidos en el Estudio de Oferta y Demanda de Agua de la Cuenca del Río Colorado (2012), aquí referido como el Estudio de la Cuenca del Río Colorado. Este estudio utilizó datos históricos y proyecciones en toda la cuenca para desarrollar escenarios de oferta y demanda de agua para un horizonte de planificación de 50 años. Como se discutió anteriormente, el análisis presentado aquí se enfoca en la información desarrollada para la planeación al año 2035. El período histórico de registro presentado en el Estudio de la Cuenca del Río Colorado fue al 2010. Como parte de este estudio, se recibió información adicional de personal del Bureau of Reclamation para los años 2011-2017. Esta información histórica adicional se ha incorporado, según corresponde, en las figuras y tablas que se presentan en este documento.



Figure/Figura 1 Study area (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
Área de estudio (United States Bureau of Reclamation, 2012)

## Historical Supply and Demand Data

Water supply and demand data were compiled from 1914 through 2017 for the entire basin, including a running 10-year average of supplies and demands for the United States and Mexico, as shown in Figure 2.

Historical water use includes total consumptive water use in the basin for agricultural, municipal and industrial purposes, and obligations to Mexico (Colorado River Basin Study, Study Report, Figure 2, p. SR-4). Consumptive use is defined as water used that diminishes the available supply, plus losses due to evaporation at mainstream reservoirs and vegetation.

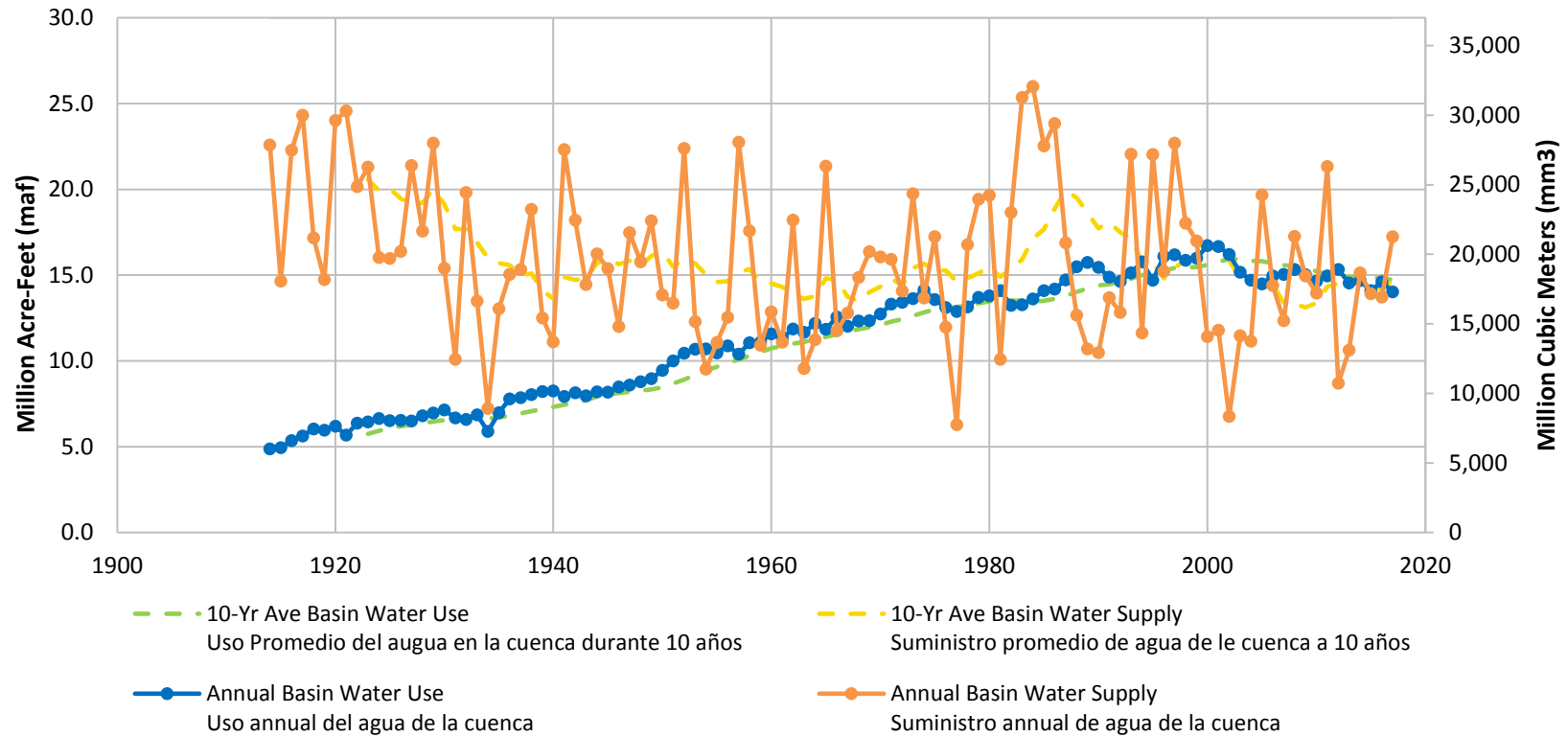
Water supplies from the Colorado River were evaluated through quantifying historical and future natural flows in the basin. Natural flows represent the flows that would have existed at a location without human impacts like infrastructure and depletion. Natural flow differs from operational supply, which includes reservoir operations like storage, carryover, and releases to meet demands of downstream users, which are modeled with the Colorado River Simulation System. For the period of 1906 to 2007, annual natural flows were generally in the range of 5 to 25 million acre feet (maf), with a mean of approximately 15 maf.

## Datos Históricos de Oferta y Demanda

Los datos de oferta y demanda de agua se recopilaron desde 1914 hasta 2009 para toda la cuenca, incluido un promedio de oferta y demanda de 10 años para los Estados Unidos y México, como se muestra en la Figura 2.

El uso histórico del agua incluye el uso consuntivo total de agua en la cuenca para fines agrícolas, municipales e industriales, y obligaciones para México (Estudio de la Cuenca del Río Colorado, Informe del Estudio, Figura 2, p. SR-4). El uso consuntivo se define como el agua utilizada que disminuye la oferta disponible, más las pérdidas debidas a la evaporación en los reservorios principales y la vegetación.

La oferta de agua del Río Colorado fue evaluada cuantificando los flujos naturales históricos y futuros en la cuenca. Los flujos naturales representan los flujos que existirían en un lugar sin impacto humano como la infraestructura y merma. El flujo natural difiere de la oferta operativa, que incluye operaciones de reservorios como almacenamiento, traspaso y liberaciones para satisfacer la demanda de los usuarios intermedios, mismos que se modelan con el Sistema de simulación del Río Colorado. Para el período de 1906 a 2007, los flujos naturales anuales estuvieron generalmente en el rango de 6.2 a 30.8 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>), con una media de aproximadamente 18.5 Mm<sup>3</sup>.



**Figure/Figura 2 Annual Colorado River basin water supply and consumptive water use (United States Bureau of Reclamation, 2019 staff update to the 2012 Colorado River Basin Study)**  
**Oferta anual de agua de la cuenca de Río Colorado y uso consuntivo del agua (United States Bureau of Reclamation, actualización del personal de 2019 al Estudio de la Cuenca del Río Colorado 2012)**

The 10-year averages for supply and demand indicate that there is growing water strain in the basin. Steadily growing demands are regularly exceeding supplies. Because the supplies shown are based on natural flows rather than reservoir yields, years where demands exceed inflow do not necessarily result in a shortage. Many users, especially in the Lower Basin, benefit from reservoir

Los promedios de 10 años para oferta y demanda indican que hay una creciente presión hídrica en la cuenca. El crecimiento sostenido de la demanda está superando regularmente a la oferta. Debido a que la oferta mostrada se base en flujos naturales en lugar de rendimiento de reservorios, años donde las demandas exceden el flujo de entrada no necesariamente resultan en una escasez. Muchos usuarios,

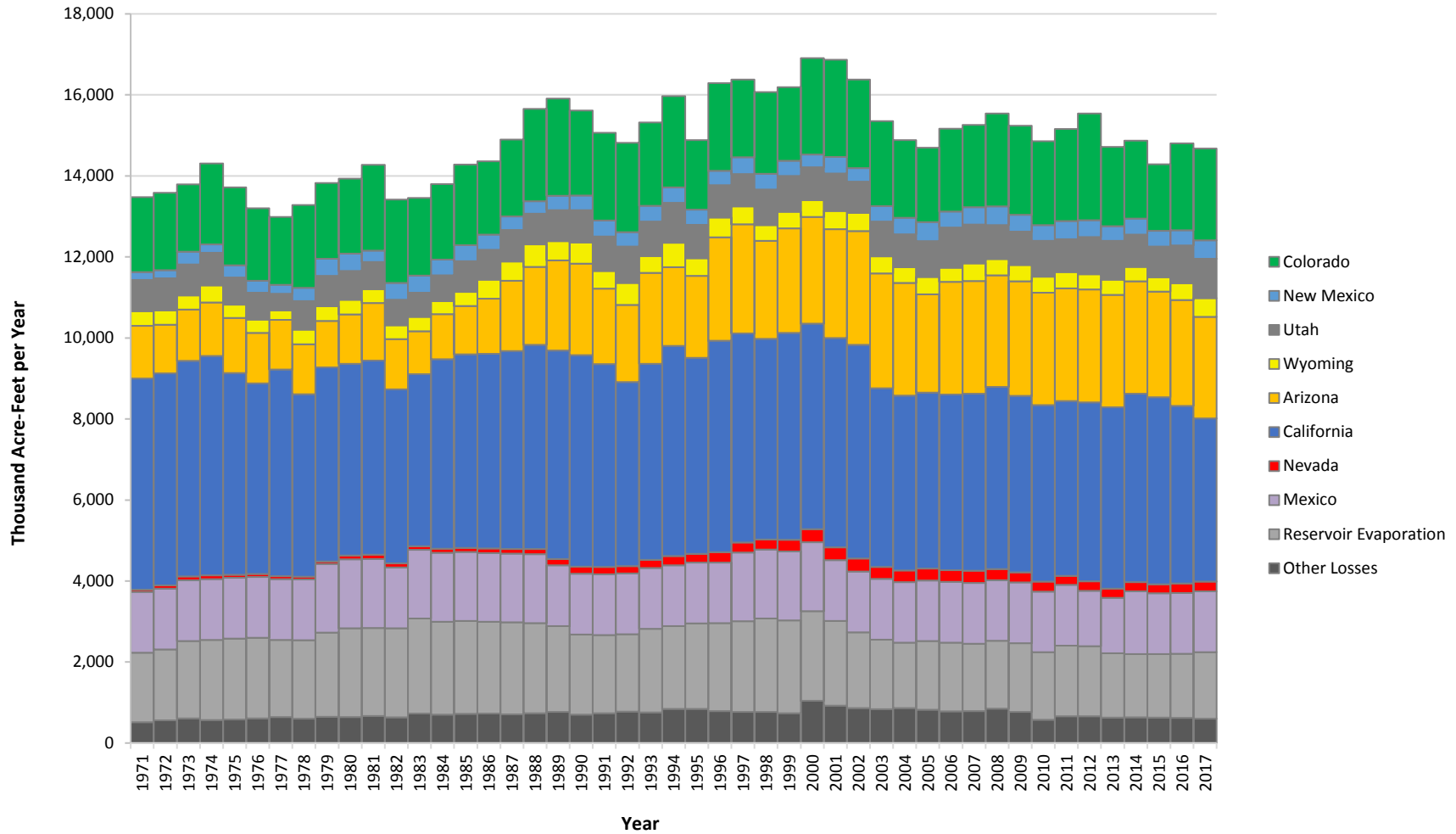


storage. However, users in some watersheds in the upper basin have experienced water supply stress due to annual variations in runoff.

Historical consumptive use of Colorado River water for the period of 1971 through 2017 is shown on Figures 3 and 4. Over the period shown, basin-wide consumption and losses have grown from approximately 13.3 maf in 1971 to a peak of 16.7 maf in 2000; an increase of about 26%.

especialmente en la Cuenca Inferior, se benefician del almacenamiento de reservorios. Sin embargo, los usuarios en algunas partes de la cuenca superior han experimentado un estrés en el suministro de agua debido a las variaciones anuales en la escorrentía.

El consumo histórico del agua del Río Colorado se muestra en la Figuras 3 y 4 para el período de 1971 a 2008. Durante el período que se muestra, el consumo y las pérdidas en toda la cuenca han aumentado de aproximadamente 16.4 Mm<sup>3</sup> en 1971 a pico de 20.6 Mm<sup>3</sup> en 2000; un aumento de alrededor del 26%.

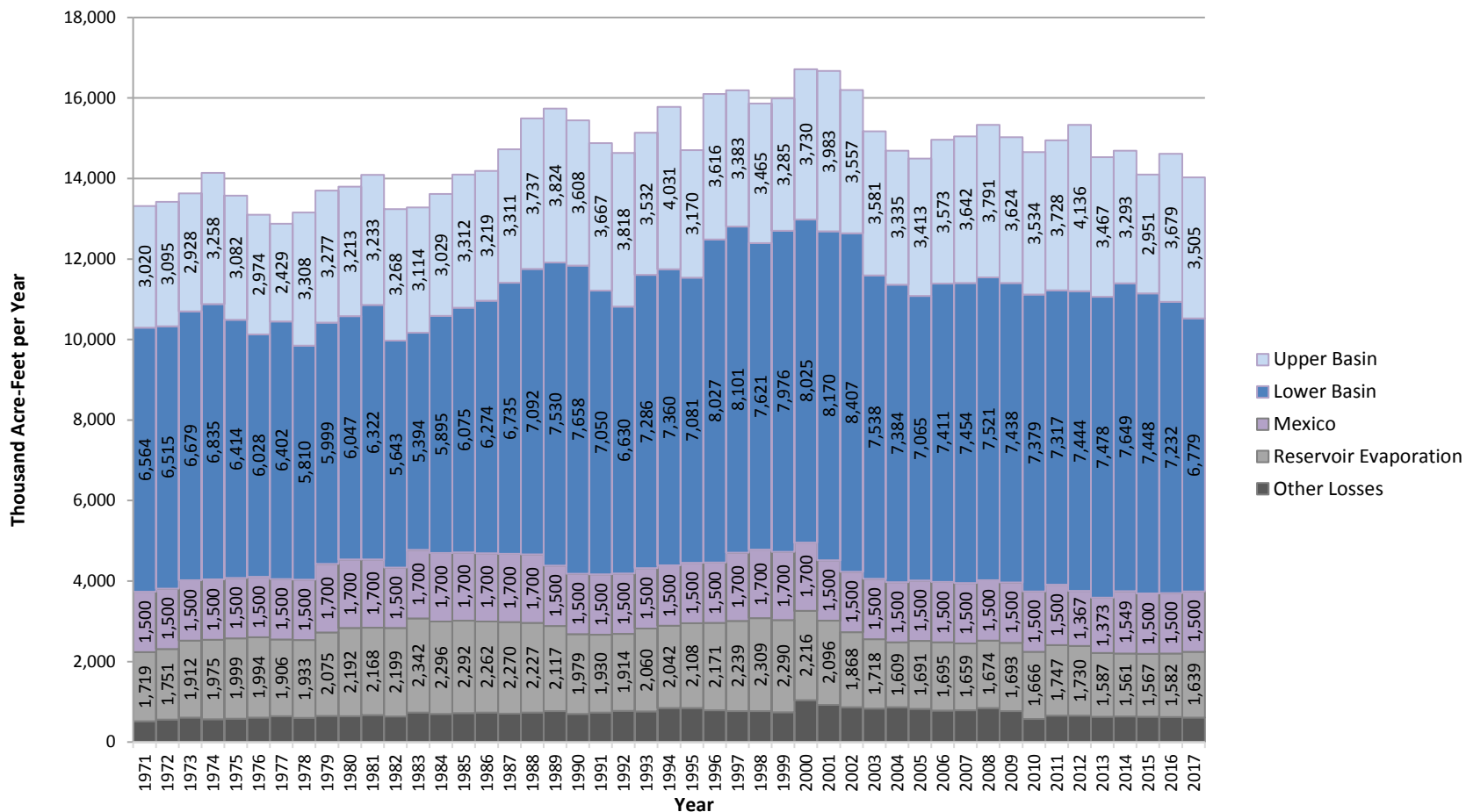


Figure/Figura 3

Historical Colorado River water consumptive use<sup>1</sup> by state, delivery to Mexico, reservoir evaporation, and other losses<sup>2</sup>, 1971-2017 (United States Bureau of Reclamation, 2019 staff update to the 2012 Colorado River Basin Study)  
 Uso histórico del consumo de agua del Río Colorado<sup>1</sup> por estado, entrega a México, evaporación del yacimiento y otras pérdidas<sup>2</sup>, 1971-2017 (United States Bureau of Reclamation, actualización del personal de 2019 al Estudio de la Cuenca del Río Colorado 2012)

<sup>1</sup> Excluding consumptive use in Lower Basin tributaries / Excluyendo el uso consuntivo en los tributarios de la cuenca baja.

<sup>2</sup> Phreatophyte and operational inefficiency losses / Pérdidas de ineficiencia operacional y freatofita.



Figure/Figura 4

**Historical Colorado River water consumptive use<sup>1</sup> by basin<sup>2</sup>, delivery to Mexico, reservoir evaporation, and other losses<sup>3</sup>, 1971-2017 (United States Bureau of Reclamation, 2019 staff update to the 2012 Colorado River Basin Study)**  
**Uso histórico del consumo de agua del Río Colorado<sup>1</sup> por cuenca<sup>2</sup>, entrega a México, evaporación del embalse y otras pérdidas<sup>3</sup>, 1971-2017 (United States Bureau of Reclamation, actualización del personal de 2019 al Estudio de la Cuenca del Río Colorado 2012)**

<sup>1</sup> Excluding consumptive use in Lower Basin tributaries / Excluyendo el uso consuntivo en los tributarios de la cuenca baja.

<sup>2</sup> Lower Basin use greater than 7.5 maf is due to surplus water supply conditions for the Lower Division States / El uso de la Cuenca Inferior superior a 9,251 Mm<sup>3</sup> se debe al exceso de condiciones de suministro de agua para los Estados de la División Baja.

<sup>3</sup> Phreatophyte and operational inefficiency losses / Pérdidas de ineficiencia operacional y freatofita.

The historical data show that consumptive water use in the Colorado River Basin peaked in 2000 and has fallen back to lower levels in years since. Municipal and industrial water use has increased as a result of population growth in the basin, and agricultural water use is stable to declining, consistent with trends in irrigated acreage in the Southwest (Colorado River Basin Water Supply and Demand Study, Technical Report C, p. C-6).

## Projection Scenarios

Scenario planning was used in the Colorado River Basin Study to address uncertainty associated with both projections of water availability and water demand.

Historical water supply and availability were used to develop the projection scenarios in the Colorado River Basin Study. Two datasets were evaluated: the observed record from 1906 to 2007, and a paleo-reconstructed record from 762 to 2005. Trends over these two periods include:

- Warming in the Upper and Lower Basins since the 1970s
- Decrease in springtime snowpack
- Variability in the streamflow not regularly related to global weather patterns like the El Niño-Southern Oscillation and the Pacific Decadal Oscillation
- A drought of record in the observed period indicated by average flows beginning in 2000
- More severe droughts in the paleo record than any of those in the observed period

Los datos históricos muestran que el uso consuntivo de agua en la cuenca del Río Colorado alcanzó su punto máximo en 2000 y volvió a caer a niveles más bajos en los últimos años. El uso de agua municipal e industrial ha aumentado como resultado del crecimiento de la población en la cuenca, y el uso agrícola del agua es de estable a decreciendo, consistente con las tendencias en la superficie irrigada en el suroeste (Estudio de Demanda y Abastecimiento de Agua de la Cuenca del Río Colorado, Informe Técnico C, p. C-6).

## Escenarios de Proyección

En el Estudio de la Cuenca del Río Colorado de 2012 se utilizaron escenarios de planeación para abordar la incertidumbre asociada tanto con las proyecciones de disponibilidad como de demanda de agua.

Para desarrollar los escenarios de proyección en el Estudio de la Cuenca del Río Colorado fueron utilizadas tanto la oferta histórica de agua como la disponibilidad. Se evaluaron dos conjuntos de datos: el registro observado desde 1906 hasta 2007 y registros históricos muy antiguos reconstruidos, desde 762 hasta 2005. Las tendencias en estos dos períodos incluyen:

- Calentamiento en las cuencas superior e inferior desde la década de 1970
- Disminución en la nieve de primavera
- La variabilidad en el flujo de la corriente no relacionada regularmente con los patrones climáticos globales, como la Oscilación Sur-El-Niño y la Oscilación Decadal del Pacífico.
- Una sequía record en el período observado indicado por los flujos promedio a partir de 2000

Four water supply scenarios were developed based on the following assumptions:

- 1) Future hydrologic conditions will be similar to the last 100 years
- 2) Future hydrologic trends and variability are based on reconstructed streamflow conditions over a much longer period (approximately 1,250 years)
- 3) Future hydrologic trends and variability are based on reconstructed conditions of the last 1,250 years, but scaled to have magnitudes similar to the last 100 years
- 4) Future conditions based on downscaled results from an ensemble of 112 Global Climate Models (GCM).

Colorado River annual average flow projections ranged from 13.7 to 15 maf across the four scenarios over the study period extending from 2011-2060.

Historical water demands were used to inform the demand scenario development process. Water demand projections were developed for the following six scenarios:

- Current Projected (A)
- Slow Growth (B)
- Rapid Growth (C1 and C2)
- Enhanced Environment (D1 and D2)

These demands include consumptive uses of water (e.g. municipal, agricultural, industrial) and international treaty terms with Mexico. Table 1 lists the 2035 demand projections for each scenario. The demands shown are potential demands on the Colorado River. Demands that may be met with other supplies have been subtracted out of the demands presented.

- Sequías más severas en el registro antiguo que cualquiera de las del período observado.

Se desarrollaron cuatro escenarios de oferta de agua basados en los siguientes supuestos:

- 1) Las condiciones hidrológicas futuras serán similares a los últimos 100 años.
- 2) Las tendencias hidrológicas futuras y la variabilidad basadas en condiciones de flujo de corriente reconstruidas durante un período mucho más largo (aproximadamente 1,250 años)
- 3) Las tendencias y variabilidad hidrológicas futuras basadas en las condiciones reconstruidas de los últimos 1,250 años, pero se escalan para que tengan magnitudes similares a los últimos 100 años.
- 4) Condiciones futuras basadas en resultados a escala reducida de un conjunto de 112 modelos climáticos globales (GCM).

El flujo promedio anual para el Río Colorado varió de 16.9 a 18.5 Mm<sup>3</sup> en los cuatro escenarios durante el período de estudio, extendiéndose desde 2011-2060.

Para documentar el desarrollo del proceso en el escenario de demanda se utilizaron las demandas históricas de agua. Se desarrollaron proyecciones de demanda de agua para los siguientes seis escenarios:

- Proyección Actual (A)
- Crecimiento Lento (B)
- Crecimiento Rápido (C1 y C2)
- Entorno Mejorado (D1 y D2)

Estas demandas incluyen usos consuntivos del agua (por ejemplo, municipal, agrícola, industrial) y los términos de tratados internacionales con México. La Tabla 1 enumera las proyecciones de demanda de 2035 para cada escenario. Las demandas mostradas son demandas potenciales en el Río Colorado. Las demandas que se pueden cubrir con otras fuentes se han descontado de las demandas presentadas.

**Table/Tabla 1 2035 Colorado River water demand estimates (United States Bureau of Reclamation, 2012)**  
**Estimaciones de la demanda de agua del Río Colorado 2035 (United States Bureau of Reclamation, 2012)**

PARAMETER PARÁMETRO	2035 COLORADO RIVER DEMAND BY SCENARIO 2035 DEMANDA DEL RÍO COLORADO POR ESCENARIO					
	A	B	C1	C2	D1	D2
Agricultural demand, maf Demanda agraria, Mm <sup>3</sup>	6.7 8,206	6.7 8,241	6.6 8,097	6.7 8,254	6.5 8,040	6.7 8,263
Municipal and industrial demand, maf Demanda municipal e industrial, Mm <sup>3</sup>	4.2 5,208	4.0 4,961	4.5 5,521	4.2 5,162	4.2 5,199	4.3 5,356
Energy demand, maf Demanda de energía, Mm <sup>3</sup>	0.35 428	0.32 395	0.47 585	0.30 374	0.29 354	0.29 363
Minerals demand, maf Demanda de minerales, Mm <sup>3</sup>	0.16 191	0.16 199	0.18 216	0.13 159	0.13 162	0.13 163
Fish, wildlife, and recreational demand, maf Peces, fauna y demanda recreativa, Mm <sup>3</sup>	0.06 70	0.06 72	0.06 70	0.07 81	0.13 157	0.13 157
Tribal demand, maf Demanda tribal, Mm <sup>3</sup>	2.0 2,445	1.8 2,279	2.2 2,658	2.2 2,657	2.0 2,442	2.2 2,657
Other, maf Otro, Mm <sup>3</sup>	0.1 93	0.1 72	0.1 72	0.1 72	0.1 72	0.1 72
<b>Total Colorado River demand, maf <sup>[1]</sup> Demanda total del Río Colorado, Mm<sup>3</sup> <sup>[1]</sup></b>	<b>13.5 16,641</b>	<b>13.1 16,218</b>	<b>14.0 17,218</b>	<b>13.6 16,759</b>	<b>13.3 16,425</b>	<b>13.8 17,029</b>

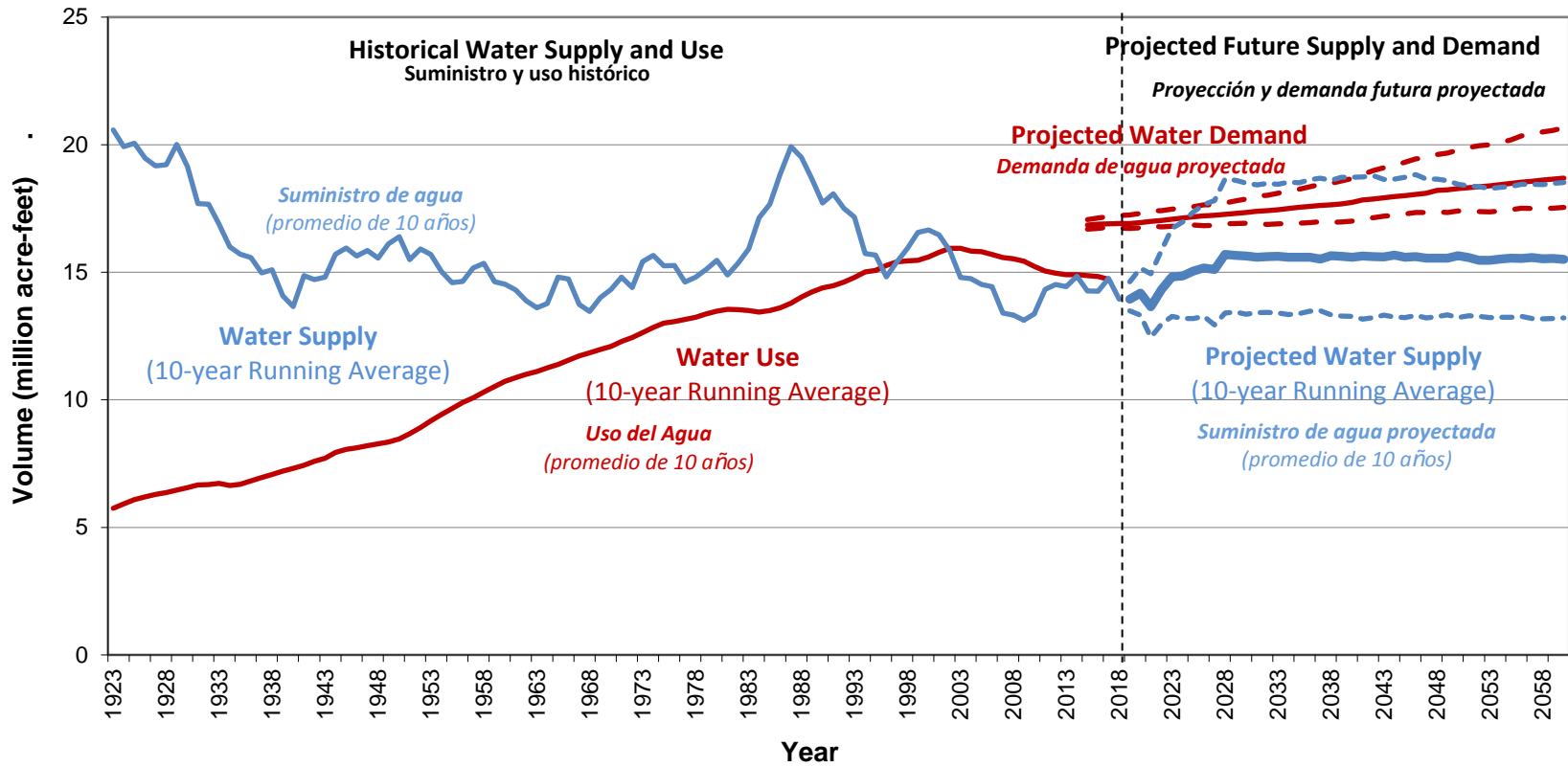
<sup>1</sup>Excludes Mexico's allotment and losses (reservoir evaporation, phreatophytes, and operational inefficiencies). / Excluye la asignación México y las pérdidas (evaporación del yacimiento, freatofitos e ineficiencias operacionales).

Tribal water demands were studied in more detail following the Colorado River Basin Study in the Colorado River Basin Ten Tribes Partnership Tribal Water Study Report (United States Bureau of Reclamation, 2018). Demands for 2017 were estimated, and projections were developed for 2040 and 2060. The estimates from the 2012 Colorado River Basin Study were used in the remaining analyses, but it is noted that the estimates of tribal demand are slightly higher in the 2012 Colorado River Basin Study than in the Tribal Water Study.

The scenario planning process used in the Colorado River Basin Study generated 24 combinations of the demand and supply scenarios. Imbalances were estimated for the future under each combination of supply and demand scenario without assuming any additional water management actions. Figure 5 shows historical supplies and demands and the conceptual results of modeling future scenarios. The full range of basin supply and demand projections are represented as a median and the 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentile bounds. It is important to note that the demand projections shown in Figure 5 are from the Colorado River Basin Study.

Las demandas de agua tribal se estudiaron con más detalle después del Estudio de la Cuenca del Río Colorado, en el Informe del Estudio del Agua Tribal de la Asociación de Diez Tribus del Río Colorado (Oficina de Reclamación de los Estados Unidos, 2018). Se estimaron las demandas para 2017 y se desarrollaron proyecciones para 2040 y 2060. En los análisis restantes se utilizaron las estimaciones del Estudio de la Cuenca del Río Colorado de 2012, pero se observa que las estimaciones de la demanda tribal son ligeramente más altas en el Estudio de la Cuenca del Río Colorado de 2012 que en el Estudio de Agua Tribal.

El proceso de escenarios de planeación utilizado en el Estudio de la Cuenca del Río Colorado generó 24 combinaciones de los escenarios de demanda y oferta. Los desequilibrios se estimaron para el futuro en cada combinación de escenario de oferta y demanda sin asumir ninguna acción adicional de gestión del agua. La Figura 5 muestra oferta y demanda históricas y los resultados conceptuales de la modelación de escenarios futuros. La gama completa de proyecciones de oferta y demanda de la cuenca se representa como una media y los límites de los porcentajes 10 y 90. Es importante tener en cuenta que las proyecciones de demanda que se muestran en la Figura 5 son del Estudio de la Cuenca del Río Colorado.



**Figure/Figura 5** Historical and projected Colorado River Basin water supply and demand<sup>1</sup> (United States Bureau of Reclamation, 2019 staff update to the 2012 Colorado River Basin Study)

**Oferta y demanda de agua de la cuenca del Río Colorado<sup>1</sup> histórico y proyectado (United States Bureau of Reclamation, actualización del personal de 2019 al Estudio de la Cuenca del Río Colorado 2012)**

<sup>1</sup> Water supply represents natural flow as measured at Imperial, Arizona. / La oferta de agua representa el flujo natural medido en Imperial, Arizona.

<sup>2</sup> Water use and demand include deliveries to Mexico and losses such as reservoir evaporation. / El uso y la demanda del agua incluye entregas a México y pérdidas como la de evaporación en reservorios.

<sup>3</sup> Projected water supply computed as the average 10th, 50th, and 90th percentiles of the 4 water supply scenarios. / La oferta de agua proyectada se calcula como el promedio de los porcentajes 10, 50 y 90 de los 4 escenarios de oferta de agua.

<sup>4</sup> Projected water demand represented by the 6 water demand scenarios including climate impacts. / La demanda de agua proyectada esta representada por los 6 escenarios de demanda de agua, incluyendo los impactos de clima.



The Bureau of Reclamation notes that: "It is widely known that the Colorado River, based on the inflows observed over the last century, is over-allocated and supply and demand imbalances are likely to occur in the future. Up to this point, this imbalance has been managed, and demands have largely been met as a result of the considerable amount of reservoir storage capacity in the system, the fact that the Upper Basin States are still developing into their apportionments, and efforts the Basin States have made to reduce their demand for Colorado River." (Colorado River Basin Study, Technical Report B: Water Supply Assessment, 2012).

The Colorado River Basin continues to experience its worst drought in recorded history. The period from 2000 through 2017 marks the driest 18-year period in more than 100 years of record-keeping on the Colorado River. In the first five years of this present drought, storage in the Colorado River system reservoirs declined approximately 30 maf, from nearly full to about half of capacity; the system is still about half-full today. While water conservation and storage activities have kept the Lower Basin out of a shortage condition since 2015, Lake Powell and Lake Mead remain at risk of declining to critically low elevations under sustained and severe drought (United States Bureau of Reclamation Lower Colorado Region Annual Report, 2017).

La Oficina de Reclamación señala que: "Es ampliamente conocido que el Río Colorado, en función de los flujos de entrada observados durante el siglo pasado, está sobre asignado y es probable que se produzcan desequilibrios de oferta y demanda en el futuro. Hasta este punto, este desequilibrio se ha manejado y las demandas se han cumplido en gran medida como resultado de la considerable cantidad de capacidad de almacenamiento en el sistema de reservorios, el hecho de que los Estados de la cuenca alta aún se están desarrollando en sus repartos, y los Estados han realizado esfuerzos para reducir su demanda para el Río Colorado." (Estudio de la Cuenca del Río Colorado, Informe Técnico B: Evaluación del abastecimiento de agua, 2012).

La cuenca del Río Colorado continúa experimentando su peor sequía en la historia registrada. El período comprendido entre 2000 y 2017 marca el período de 18 años más seco en más de 100 años de registros en el Río Colorado. En los primeros cinco años de esta sequía actual, el almacenamiento en los embalses del sistema del Río Colorado disminuyó aproximadamente 37.004 Mm<sup>3</sup>, desde casi toda la capacidad hasta aproximadamente la mitad de su capacidad. El sistema hasta hoy todavía está medio lleno. Si bien las actividades de conservación y almacenamiento de agua han mantenido a la Cuenca baja fuera de una condición de escasez desde 2015, el Lago Powell y el Lago Mead continúan en riesgo de descender a elevaciones críticamente bajas durante una sequía prolongada y severa (United States Bureau of Reclamation Lower Colorado Region Annual Report, 2017).

## United States Supply and Demand Projections

In the Colorado River Basin Study, historical variability in supplies were used to estimate a range of possible future annual flows. The Observed Resampled scenario predicts 15.0 maf average annual flow between 2011 and 2060, and represents the historical mean from 1906 to 2007. The other three supply scenarios all generated average annual flow estimates between 2011 and 2060 that were lower than the Observed Resampled scenario. However, for purposes of this evaluation, supplies included in this section are based on the state apportionment of Lower Colorado River entitlements as a way to make a conservative estimate of supply and demand imbalances for each state. The entitlements are based on 7.5 maf per year of water designated for use in the Lower Colorado River Basin per the 1944 Water Treaty (US Bureau of Reclamation, Lower Colorado River Water Entitlements).

Similarly, demand scenarios in the Colorado River Basin Study encompass a range of growth rates and other factors which were discussed in the previous section. For purposes of this evaluation, a conservative estimate of projected demands were utilized. The demand projections for the United States portion of the Colorado Basin were estimated for each state based on the Colorado River Basin Study's Current Projection demand scenario (column A) presented previously in Table 1. The Current Projected scenario is useful for capturing the historical trends in population and water demands based on current technology, demographics, and cultural trends.

## Proyecciones De Oferta y Demanda De Los Estados Unidos

En el Estudio de la Cuenca del Río Colorado, para estimar un rango de posibles flujos anuales futuros en la oferta, se usó la variabilidad histórica. El escenario de remuestreo observado predice un flujo anual promedio de 18.502 Mm<sup>3</sup> entre 2011 y 2060, y representa la media histórica de 1906 a 2007. Los otros tres escenarios de oferta generaron estimaciones de flujo anual promedio entre 2011 y 2060 que fueron más bajas que el escenario de remuestreo observado. Sin embargo, para los fines de esta evaluación, las ofertas incluidas en esta sección se basan en el prorrateo estatal de los derechos del Río Colorado Bajo, como una forma de realizar una estimación conservadora de los desequilibrios de oferta y demanda para cada estado. Los derechos se basan en 9.251 Mm<sup>3</sup> por año de agua designada para su uso en la cuenca baja del Río Colorado según el Tratado de Agua de 1944 (Oficina de Reclamación de los Estados Unidos, Derechos de Agua del Río Colorado Bajo).

De manera similar, los escenarios de demanda en el Estudio de la Cuenca del Río Colorado abarcan un rango de tasas de crecimiento y otros factores que se discutieron en la sección anterior. Para los fines de esta evaluación, se utilizó una estimación conservadora de las demandas proyectadas. Las proyecciones de demanda para la parte en los Estados Unidos de la cuenca del Colorado se estimaron para cada estado según el escenario de demanda de proyección actual del Estudio de la Cuenca del Río Colorado (columna A) presentado anteriormente en la Tabla 1. El escenario Proyectado actual es útil para capturar las tendencias históricas de la población y las demandas de agua basadas en la tecnología actual, la demografía y las tendencias culturales.

As discussed previously, many entities within the study area have engaged in water supply planning and developed projections of water demands and supplies using various assumptions and planning horizons. These plans were reviewed and compared with the Colorado River Basin Study where possible, and may be noted. Detailed summaries are included as an appendix to this report.

### Arizona

The portions of Arizona that rely on water from the Colorado River were divided into six areas for the Colorado River Basin Study. One area, San Juan, is located in the Upper Colorado River Basin. The remaining areas are located in the Lower Basin and include the Mainstem, North Central and Navajo Nation, Central Arizona Project, Upper San Pedro, and the Central Yavapai Highlands, as shown in Figure 6.

Como se comentó anteriormente, muchas entidades dentro del área de estudio se han involucrado en la planeación de la oferta de agua y han desarrollado proyecciones de demanda y oferta de agua utilizando varios supuestos y horizontes de planificación. Estos planes fueron revisados y comparados con el Estudio de la Cuenca del Río Colorado cuando fue posible, como se puede observar. Se incluyen resúmenes detallados como un anexo de este informe.

### Arizona

Las partes de Arizona que dependen del agua del Río Colorado se dividieron en seis áreas para el Estudio de la Cuenca del Río Colorado. Un área, San Juan, está ubicada en la cuenca alta del Río Colorado. Las áreas restantes están ubicadas en la Cuenca Baja e incluyen Mainstem, North Central y Navajo Nation, Central Arizona Project, Upper San Pedro y Central Yavapai Highlands, como se muestra en la Figura 6.



Figure/Figura 6

Colorado River hydrologic basin and export service areas in Arizona (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
 Cuenca hidrológica del Río Colorado y áreas de servicio de exportación en Arizona (Estudio de la Cuenca del Río Colorado  
 (United States Bureau of Reclamation, 2012)

Colorado River water demand estimates for Arizona for the year 2035 are shown in Table 2. Municipal and industrial water demands are expected to increase as a result of population growth in the study area from an estimated 7 million in 2015 to approximately 10 million people by 2035. However, water use is expected to become more efficient. Irrigated acreage is expected to decrease between 30 to 48%, but the water demand per acre is expected to increase for this area. Power generation, mining, and tribal demands are all expected to increase.

Las estimaciones de la demanda de agua del Río Colorado para Arizona para el año 2035 se muestran en la Tabla 2. Se espera que las demandas de agua industrial y municipal aumenten como resultado del crecimiento de la población en el área de estudio de aproximadamente 7 millones en 2015 a aproximadamente 10 millones de personas para 2035. Sin embargo, se espera que el uso del agua sea más eficiente. Se espera que la superficie irrigada disminuya entre un 30% y un 48%, pero se espera que la demanda de agua por acre aumente en esta área. Se espera que aumenten las demandas de generación de energía, minería y tribales.

**Table/Tabla 2 Arizona 2035 Demands (United States Bureau of Reclamation, 2012)**  
**Demandas de Arizona 2035 (United States Bureau of Reclamation, 2012)**

AREA OR PROVIDER ÁREA O PROVEEDOR	DEMAND DEMANDA							
	AGRICULTURAL AGRÍCOLA		MUNICIPAL AND INDUSTRIAL MUNICIPAL E INDUSTRIAL		TRIBAL		OTHER OTRO	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
Mainstem	703,000	867	96,000	118	556,000	686	16,600	20
CAP	-	-	957,000	1,180	660,000	814	54,900	68
North Central and Navajo Nation	-	-	8,000	10	-	-	-	-
Central Yavapai Highlands	-	-	15,000	19	-	-	-	-
Upper San Pedro River	-	-	24,000	30	-	-	-	-
San Juan	-	-	2,000	2	43,000	53	300	-
<b>Total</b>	<b>703,000</b>	<b>867</b>	<b>1,102,000</b>	<b>1,359</b>	<b>1,259,000</b>	<b>1,553</b>	<b>71,800</b>	<b>89</b>

Arizona’s annual Colorado River entitlement is shown in Table 3, along with the estimated 2035 “Current Projection” Colorado River water demand from the Colorado River Basin Study, and the potential deficit calculated as the difference.

La asignación anual del Río Colorado en Arizona se muestra en la Tabla 3, junto con la demanda de agua del Río Colorado para la "Proyección Actual" estimada en 2035 del Estudio de la Cuenca del Río Colorado, y el déficit potencial calculado como la diferencia.

**Table/Tabla 3 Colorado River entitlement for Arizona and projected water balance for 2035  
 Derecho al Río Colorado para Arizona y balance hídrico proyectado para 2035**

COLORADO RIVER ENTITLEMENT DERECHO AL RÍO COLORADO		2035 DEMAND 2035 DEMANDA		WATER BALANCE BALANCE HÍDRICO	
AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
2,800,000	3,454	3,135,800	3,868	-335,800	-414

The Arizona Department of Water Resources has engaged in water supply planning and developed a State Water Atlas and more frequent data collection and analysis for regions with high needs, referred to as Active Management Areas. Arizona’s Active Management Areas include the State’s major metropolitan areas of Phoenix and Tucson and is where the majority of the state’s population resides. These areas are also where the majority of the growth within the State is anticipated to occur. As a result, future water demand needs are anticipated to be primarily municipal. While the conservative estimate of a potential supply gap in these areas is 336,000 acre feet per year (AFY) as presented here, state planning studies (which rely on different assumptions and projections over a different planning horizon) indicate that the imbalance could be as high as 1.5 maf by the

El Departamento de Recursos Hídricos de Arizona ha participado en la planeación de la oferta de agua y desarrollo un Atlas Estatal del Agua y una recopilación y análisis de datos más frecuentes para las regiones con altas necesidades, denominadas Áreas de Gestión Activa. Las Áreas de Gestión Activa de Arizona incluyen las principales áreas metropolitanas del estado de Phoenix y Tucson y es donde reside la mayoría de la población del estado. Estas áreas también son donde se anticipa la mayor parte del crecimiento dentro del estado. Como resultado, se anticipa que las necesidades futuras de la demanda de agua serán principalmente municipales. Si bien la estimación conservadora de una brecha potencial de oferta en estas áreas es de 414 millones de metros cúbicos por año (Mm<sup>3</sup>/año) presentado aquí, los estudios de planeación estatal (que se basan en diferentes supuestos y se proyectan en un horizonte de planeación diferente) indican que el desequilibrio podría llegar a 1,850 Mm<sup>3</sup> para

year 2025. A summary of the Arizona water plans is included in the appendix.

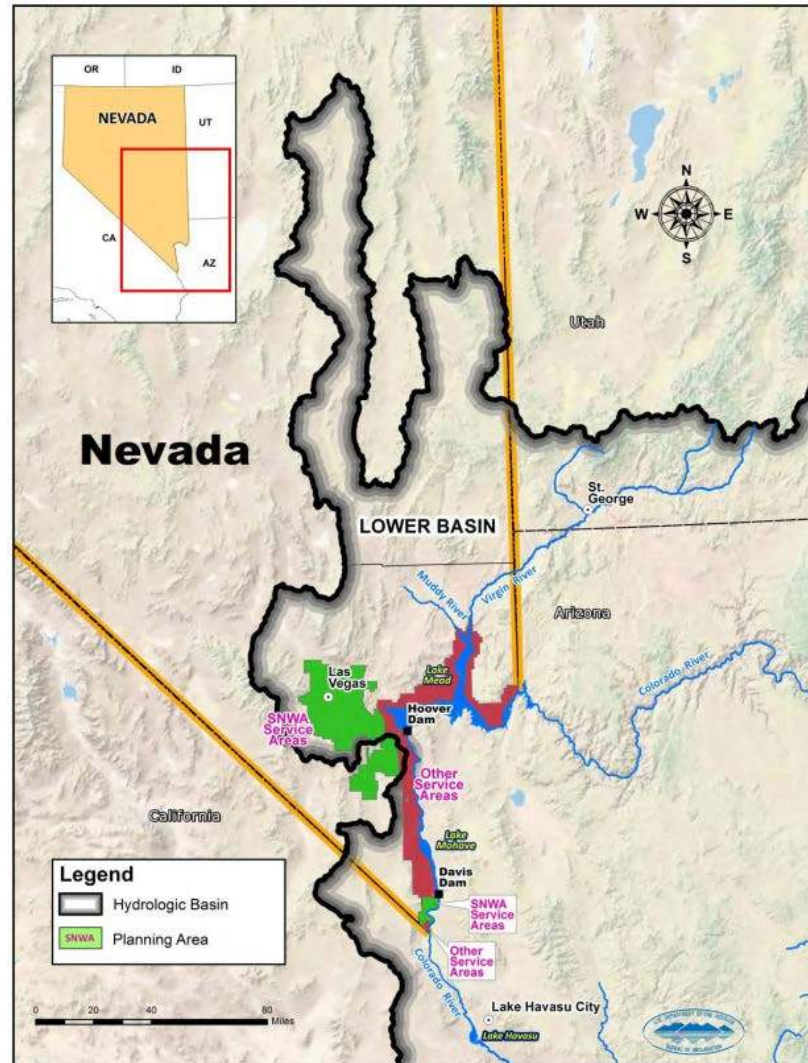
### **Nevada**

For purposes of the Colorado River Basin Study, the southern portion of Nevada (where Colorado River water is used) was divided into two planning areas: the Southern Nevada Water Authority and other service areas, as shown on Figure 7. The Southern Nevada Water Authority includes seven water and wastewater agencies in the Las Vegas area.

el año 2025. En el anexo se incluye un resumen de los planes de agua de Arizona.

### **Nevada**

Para los fines del Estudio de la Cuenca del Río Colorado, la parte sur de Nevada (donde se usa el agua del Río Colorado) se dividió en dos áreas de planeación: la Autoridad de Agua del Sur de Nevada y otras áreas de servicio, como se muestra en la Figura 7. La Autoridad de Agua del Sur de Nevada Incluye siete agencias de agua y aguas residuales en el área de Las Vegas.



**Figure/Figura 7** Colorado River hydrologic basin and export service areas in Nevada (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
La cuenca hidrológica del Río Colorado y las áreas de servicio de exportación en Nevada (United States Bureau of Reclamation, 2012)



Colorado River water demand estimates for the Colorado River service areas in Nevada for the year 2035 are shown in Table 4. Population growth in the study area from approximately 2.5 million people in 2015 to 3.5 million in 2035 is expected to drive an increase in municipal and industrial demands. There are no reported agricultural, energy, or mining water demands on the Colorado River in this area. Fish, wildlife, and recreation demands and tribal demands comprise all of the non-municipal/industrial demands.

Las estimaciones de la demanda de agua del Río Colorado para Nevada para el año 2035 se muestran en la Tabla 4. Se espera que el crecimiento de la población en el área de estudio, de aproximadamente 2.5 millones de personas en 2015 a 3.5 millones en 2035, impulse un aumento en las demandas municipales e industriales. No se han reportado demandas agrícolas, de energía ni de agua minera en el Río Colorado en esta área. Las demandas de peces, vida silvestre y recreación y las demandas tribales comprenden todas las demandas no municipales / industriales.

**Table/Tabla 4 Nevada 2035 demands (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
 Demandas Nevada 2035 (United States Bureau of Reclamation, 2012)**

AREA OR PROVIDER ÁREA O PROVEEDOR	DEMAND/ DEMANDA							
	AGRICULTURAL AGRÍCOLA		MUNICIPAL AND INDUSTRIAL MUNICIPAL E INDUSTRIAL		TRIBAL		OTHER OTRO	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
Southern Nevada Water Authority	-	-	357,000	440	-	-	-	-
Other	-	-	17,000	21	9,000	11	2,000	2
<b>Total</b>	-	-	<b>374,000</b>	<b>461</b>	<b>9,000</b>	<b>11</b>	<b>2,000</b>	<b>2</b>

Nevada’s annual Colorado River entitlement is shown in Table 5, along with the estimated 2035 “Current Projection” Colorado River water demand from the Colorado River Basin Study, and the potential deficit calculated as the difference.

La asignación anual del Río Colorado en Nevada se muestra en la Tabla 5, junto con la demanda de agua del Río Colorado para la "Proyección Actual" estimada en 2035 del Estudio de la Cuenca del Río Colorado, y el déficit potencial calculado como la diferencia.

**Table/Tabla 5 Colorado River entitlement for Nevada and projected water balance for 2035  
 Derecho al Río Colorado para Nevada y balance hídrico proyectado para 2035**

COLORADO RIVER ENTITLEMENT DERECHO AL RÍO COLORADO		DEMAND DEMANDA		WATER BALANCE BALANCE HÍDRICO	
AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
300,000	370	385,000	475	-85,000	-105

The Southern Nevada Water Authority water plan, which relies on different assumptions and projections over a different planning horizon, estimates 2035 water demands for low- and high-demand scenarios of 577,000 AFY and 653,000 AFY, respectively. These demands are not calculated as demands specifically on the Colorado River and are not limited to consumptive demands. However, total potential deficits in Southern Nevada are estimated to be 91,000 AFY by 2069 (2018 Water Resources Plan and Water Budget, Southern Nevada Water Authority, 2018), with the implementation of aggressive conservation strategies. Without such conservation goals being met, the 2069 unmet demands could be as high as 126,000 AFY. Additional detailed information is included in the appendix.

El plan de agua de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada, que se basa en diferentes supuestos y se proyecta en un horizonte de planeación diferente, estima para el año 2035 demandas de agua para escenarios de alta y baja demanda de 711.72 Mm<sup>3</sup>/año y 805.46 Mm<sup>3</sup>/año, respectivamente. Estas demandas no se calculan específicas para el Río Colorado y no se limitan a las demandas de consuntivas. Sin embargo, los déficits potenciales totales en el sur de Nevada se estiman en 112.25 Mm<sup>3</sup>/año para 2069 (Plan de recursos hídricos y presupuesto de 2018, Autoridad de Agua del Sur de Nevada, 2018), con la implementación de estrategias de conservación agresivas. Si no se cumplen estos objetivos de conservación, las demandas no satisfechas de 2069 podrían llegar a 155.42 Mm<sup>3</sup>/año. Se incluye información detallada adicional en el anexo.

### California

For purposes of the Colorado River Basin Study, Colorado River water demands in California were estimated for following planning areas: Mainstem, Palo Verde Irrigation District, Metropolitan Water District of Southern California, Coachella Valley Irrigation District, and Imperial Irrigation District, as shown in Figure 8.

Because of the diverse water users in California and the way the water entitlements are comprised, all water sector users (municipal, agricultural, industrial, etc.) share the same risks inherent in the Colorado River system.

### California

Para los fines del Estudio de la Cuenca del Río Colorado, las demandas de agua del Río Colorado en California se estimaron para las siguientes áreas de planeación: Mainstem, Distrito de Riego Palo Verde, Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California, Distrito de Riego de Coachella Valley y Distrito de Riego Imperial, como se muestra en la Figura 8.

Debido a la diversidad de usuarios del agua en California y la forma en que están comprendidos los derechos del agua, todos los usuarios del sector del agua (municipal, agrícola, industrial, etc.) comparten los mismos riesgos inherentes al sistema del Río Colorado.



Figure/Figura 8

Colorado River hydrologic basin and export service areas in California (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
La cuenca hidrológica del Río Colorado y las áreas de servicio de exportación en California (United States Bureau of Reclamation, 2012)

Colorado River water demand estimates for California for the year 2035 are shown in Table 6. Population growth in the study area is expected to drive municipal and industrial water demands, although water is expected to be used more efficiently and conservation will offset some increase in municipal and industrial demands. Irrigated acreage is expected to decrease slightly over the planning horizon, which would result in a small decrease in agricultural demands.

Las estimaciones de la demanda de agua del Río Colorado para California para el año 2035 se muestran en la Tabla 6. Se espera que el crecimiento de la población en el área de estudio impulse las demandas de agua municipal e industrial, aunque se espera que el agua se use de manera más eficiente y la conservación compensará algunas de las demandas municipales e industriales. Se espera que la superficie irrigada disminuya ligeramente a lo largo del horizonte de planificación, lo que resultaría en una pequeña disminución en las demandas agrícolas.

**Table /Tabla 6 Southern California 2035 Demands (United States Bureau of Reclamation, 2012)  
 Demandas del sur de California 2035 (United States Bureau of Reclamation, 2012)**

AREA OR PROVIDER ÁREA O PROVEEDOR	DEMAND/ DEMANDA							
	AGRICULTURAL AGRÍCOLA		MUNICIPAL AND INDUSTRIAL MUNICIPAL E INDUSTRIAL		TRIBAL		OTHER OTRO	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
Imperial Irrigation District	2,501,000	3,085	54,000	67	-	-	169,000	208
Metropolitan Water District	-	-	1,250,000	1,542	-	-	-	-
Coachella Valley Irrigation District	172,000	212	279,000	344	-	-	8,000	10
Palo Verde Irrigation District	412,000	508	-	-	-	-	5,000	6
Mainstem	19,000	23	5,000	6	92,000	113	8,600	11
<b>Total</b>	<b>3,104,000</b>	<b>3,828</b>	<b>1,588,000</b>	<b>1,959</b>	<b>92,000</b>	<b>113</b>	<b>190,600</b>	<b>235</b>

California’s annual Colorado River entitlement is shown in Table 7, along with the estimated 2035 “Current Projection” Colorado River water demand from the Colorado River Basin Study, and the potential deficit calculated as the difference.

La asignación anual del Río Colorado en California se muestra en la Tabla 7, junto con la demanda de agua del Río Colorado para la "Proyección Actual" estimada en 2035 del Estudio de la Cuenca del Río Colorado, y el déficit potencial calculado como la diferencia.

**Table/Tabla 7 Colorado River entitlement for California and projected water balance for 2035**  
**Derecho al Río Colorado para California y balance hídrico proyectado para 2035**

COLORADO RIVER ENTITLEMENT DERECHO AL RÍO COLORADO		DEMAND DEMANDA		WATER BALANCE BALANCE HÍDRICO	
AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
4,400,000	5,427	4,974,600	6,136	-574,600	-709

An analysis of water planning documents for two Southern California cities generally shows a strategy of meeting projected water demands by purchasing additional water from Metropolitan Water District of Southern California. When examining the scenario planning conducted by Metropolitan, which relies on different assumptions and projections over a different planning horizon, there is a projected potential deficit of approximately 941,000 AFY by 2040, due primarily to increased municipal demands.

Summaries of detailed plans from the Metropolitan Water District of Southern California, the City of Los Angeles, and the City of San Diego are included in the appendix.

Un análisis de los documentos de planeación del agua para dos ciudades del sur de California generalmente muestra una estrategia para satisfacer las demandas de agua proyectadas al comprar agua adicional del Distrito Metropolitano de Agua del sur de California. Al examinar la planeación de escenarios realizada por Metropolitan, que se basa en diferentes supuestos y se proyecta en un horizonte de planeación diferente, existe un déficit potencial proyectado de aproximadamente 1160.71 Mm<sup>3</sup>/año para 2040, debido principalmente al aumento de las demandas municipales.

Los resúmenes de los planes detallados del Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California, la Ciudad de Los Ángeles y la Ciudad de San Diego están incluidos en el anexo.

## Mexico

Supply and demand evaluations have been performed for Sonora and the northern portions of Baja California. The northern portion of Baja California, which includes Tijuana and the Mexicali Valley, relies on water available from the Colorado River Basin. Baja California uses almost the entire amount of Mexico's 1.5 maf entitlement of Colorado River water, and both regions use groundwater and local surface water. Current supplies have been assumed to remain steady, although some planning requires reduction of use in order to rehabilitate groundwater aquifers.

Demand projections have been estimated for 2030 using Mexico federal and state planning data, described in detail for each state. Full demands are shown, rather than just demands on the Colorado River, and supplies from other sources are included in the data. Agricultural demands have been assumed to remain constant, while municipal and industrial demands are projected to increase with population growth.

## Sonora

The State of Sonora's water plan does not contain local or municipal information on water supply and demand. Therefore, official public documents have been used to obtain the information, including Urban Development Plans of the Population Center, Regional Program for Land Use Planning, Partial Growth Program, Public Registry of Water Rights, and data from the National Institute of Statistics and Geography, and the National Population Council.

## Mexico

Se han realizado evaluaciones de la oferta y la demanda para las partes norte de los estados de Baja California y Sonora. La parte norte de Baja California, que incluye Tijuana y el valle de Mexicali, depende del agua disponible en la Cuenca del Río Colorado. Baja California utiliza casi todos los 1,850 Mm<sup>3</sup> de sus derechos de agua del Río Colorado, y ambas regiones usan agua subterránea y agua superficial local. Se ha asumido que las fuentes actuales se mantienen estables, aunque parte de la planeación requiere una reducción del uso para rehabilitar los acuíferos subterráneos.

Las proyecciones de demanda se han estimado para 2030 utilizando datos de planeación federal y estatal, descritos a detalle para cada estado. Se muestran las demandas completas, en lugar de las demandas en el Río Colorado, y la oferta de otras fuentes se incluye en los datos. Se ha asumido que las demandas agrícolas se mantendrán constantes, mientras que las demandas municipales e industriales aumentarán con el crecimiento de la población.

## Sonora

La planeación hídrica del Estado de Sonora no cuenta con información local o municipal sobre la oferta y demanda de agua. Por tanto, se han utilizado documentos oficiales públicos para conseguir la información; entre estos documentos se encuentran Planes de Desarrollo Urbano de Centro de Población, Programa Regional para la Planeación del Uso de la Tierra, Programa de Crecimiento Parcial, Registro Público de Derechos de Agua, y datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, y del Consejo Nacional de Población.

Current and future water supplies and demands were divided into two categories, urban public water use and water used for agriculture. The analysis of water for urban public use began at the local level. The information was then analyzed at the municipal level, and finally at the level of the selected region. The following provides a summary of the water availability analysis. Detailed information is provided in the appendix.

The study area within the state of Sonora was divided into four regions to streamline the water availability analysis, as shown on Figure 9. For purposes of the study, data is presented for areas deemed to be the most important with regards to the management of the region's water resources.

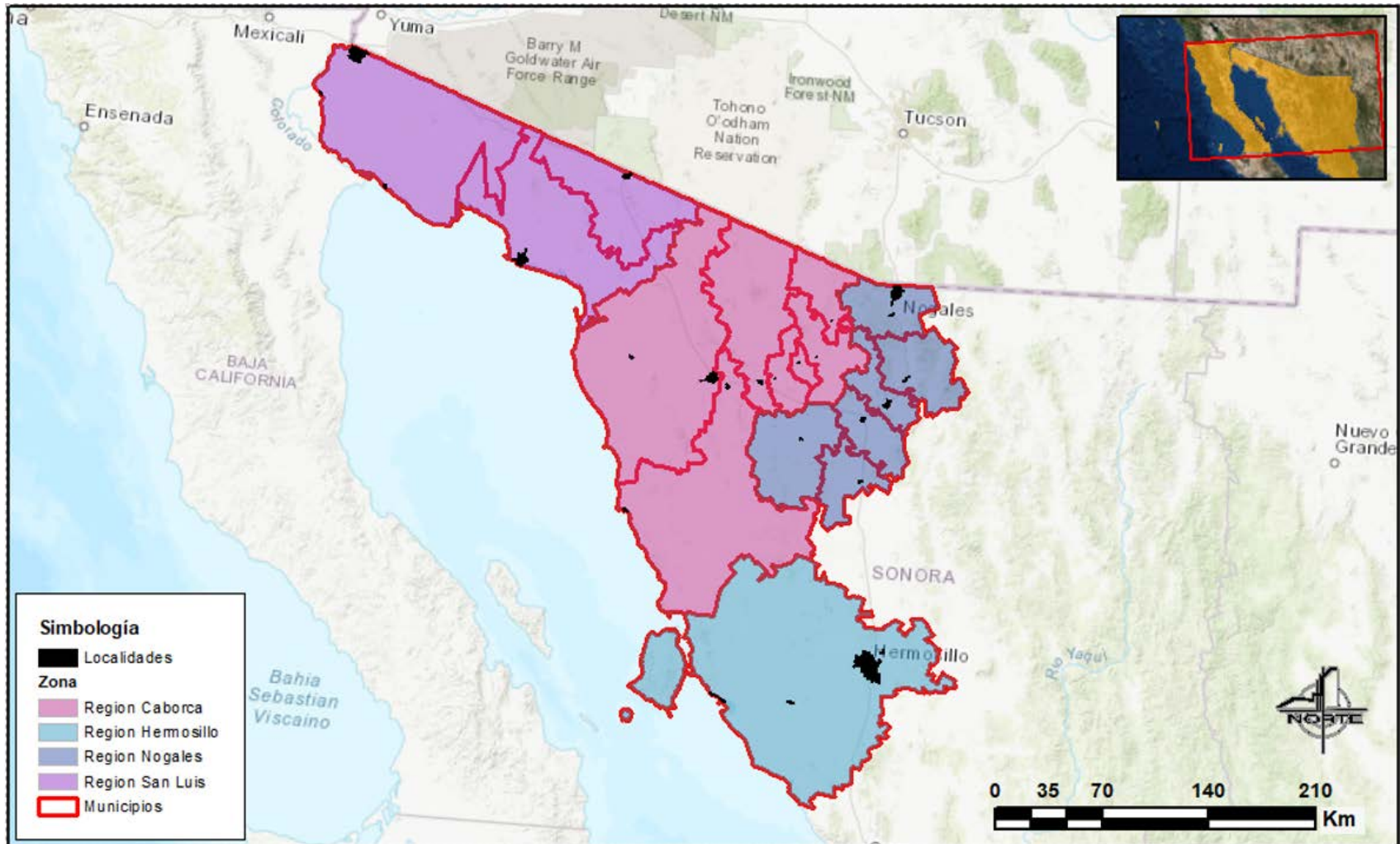
The San Luis region includes the municipalities of San Luis Rio Colorado, Puerto Peñasco and General Plutarco Elias Calles. The region of Caborca includes the municipalities of Caborca, Pitiquito, Altar, Saric, Tubutama, Atil and Oquitoa. The Nogales region includes the municipalities of Nogales, Imuris, Magdalena, Santa Ana, Trincheras and Benjamin Hill. The Hermosillo region covers only the territorial extension of the municipality of Hermosillo.

La oferta y demanda de agua actuales y futuras se dividieron en dos categorías, uso de agua pública urbana y agua utilizada para la agricultura. El análisis de las aguas para uso público urbano se inició a nivel localidad, posteriormente se analizó la información a nivel municipal y por último a nivel de la región seleccionada. A continuación se proporciona un resumen del análisis de la disponibilidad de agua. La información detallada se proporciona en el anexo.

El área de estudio, dentro del estado de Sonora, fue dividido en cuatro regiones para agilizar su análisis, al momento del balance hídrico para determinar la disponibilidad del agua, como se muestra en la Figura 9. Para efectos del estudio, se obtuvieron datos generales de interés para todas las localidades con un énfasis en las zonas de mayor importancia respecto a la gestión del recurso hídrico de la región.

La región de San Luis abarca los municipios de San Luis Rio Colorado, Puerto Peñasco y General Plutarco Elías Calles. La región de Caborca abarca los municipios de Caborca, Pitiquito, Altar, Saric, Tubutama, Atil y Oquitoa. La región de Nogales abarca los municipios de Nogales, Imuris, Magdalena, Santa Ana, Trincheras y Benjamin Hill. La región de Hermosillo abarca solamente a la extensión territorial del municipio de Hermosillo.





Figure/Figura 9 Regions of study within the state of Sonora  
Regiones de estudio dentro del estado de Sonora

The results of the analysis conclude that water availability currently is an issue for the agricultural sector in the Hermosillo and Caborca regions, as shown in Table 8. However, agricultural and municipal uses in the San Luis region which rely on Colorado River supplies may be subject to drought risk in addition to demand – supply imbalances. Projections of water availability to the year 2030 indicate that increased demand for water in the urban areas could exceed supply for the regions of Hermosillo, Caborca, and Nogales, as shown in Table 9. Agricultural water supplies and demands are projected to stay the same through the planning period.

Los resultados del análisis concluyen que la disponibilidad de agua en la actualidad es un problema para el sector agrícola en las regiones de Hermosillo y Caborca, como se muestra en la Tabla 8. Sin embargo, los usos agrícolas y municipales en la región de San Luis, que dependen de los suministros del Río Colorado, pueden estar sujetos a riesgos de sequía además de los desequilibrios entre la oferta y la demanda. Las proyecciones de la disponibilidad de agua para el año 2030 indican que la mayor demanda de agua en las áreas urbanas podría exceder la oferta para las regiones de Hermosillo, Cabora y Nogales, como se muestra en la Tabla 9. Se proyecta que la oferta y demanda de agua agrícola permanezcan igual durante el período de planeación.

**Table/Tabla 8** Current water supplies and demands by region in Sonora  
 Oferta y demanda de agua actual por regiones en Sonora

REGION REGIÓN	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		URBAN WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO URBANO		AGRICULTURAL WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
San Luis	26,385	32.54	34,373	42.40	36,570	45.11	89,844	110.82	10,185	12.57	55,472	68.42
Caborca	6,072	7.49	169,789	209.43	5,584	6.89	102,591	126.54	-488	-0.60	-67,199	-82.89
Nogales	28,104	34.67	60,437	74.55	15,187	18.73	77,953	96.15	-12,917	-15.94	17,516	21.61
Hermosillo	84,866	104.68	201,741	248.84	88,818	109.56	110,622	136.45	3,951	4.88	-91,119	-112.39
<b>Total Regiones Sonora</b>	<b>145,427</b>	<b>179.38</b>	<b>466,339</b>	<b>575.22</b>	<b>146,159</b>	<b>180.28</b>	<b>381,010</b>	<b>469.97</b>	<b>732</b>	<b>0.90</b>	<b>-85,329</b>	<b>-105.25</b>

**Table/Tabla 9**      **2030 water supply and demand projections by region in Sonora**  
**2030 proyecciones de oferta y demanda de agua por regiones en Sonora**

REGION REGIÓN	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		URBAN WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO URBANO		AGRICULTURAL WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA	
	AFY	Mm³/año	AFY	Mm³/año	AFY	Mm³/año	AFY	Mm³/año	AFY	Mm³/año	AFY	Mm³/año
San Luis	31,868	39.31	34,373	42.4	36,570	45.11	89,844	110.82	4,702	5.80	55,472	68.42
Caborca	7,878	9.72	169,789	209.43	5,584	6.89	102,591	126.54	-2,294	-2.83	-67,199	-82.89
Nogales	33,797	41.69	60,437	74.55	15,187	18.73	77,953	96.15	-18,610	-22.96	17,516	21.61
Hermosillo	99,944	123.28	201,741	248.84	88,818	109.56	110,622	136.45	-11,126	-13.72	-91,119	-112.39
<b>Total Regiones Sonora</b>	<b>173,487</b>	<b>213.99</b>	<b>466,340</b>	<b>575.22</b>	<b>146,159</b>	<b>180.28</b>	<b>381,010</b>	<b>469.97</b>	<b>-27,328</b>	<b>-33.72</b>	<b>-85,329</b>	<b>-105.25</b>

### Baja California

Information from the Water Program of the State of Baja California, Vision 2035, prepared by the State Water Commission of Baja California was used for the basis of the water supply and demands presented herein. Agricultural information was obtained from the Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, with its agricultural closure, agricultural statistics and Agricultural Technical Agenda.

In the Vision 2035 program, the analysis was divided into six zones, which facilitated the identification of key aspects, such as

### Baja California

La información del Programa Hídrico de Baja California, visión 2035, de Comisión Estatal del Agua de Baja California, se utilizó para la base de oferta y demanda presentada en este documento. La información agrícola se obtuvo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, con su cierre agrícola, estadísticas agrícolas y la Agenda Técnica Agrícola.

En el Programa, el análisis fue dividido en 6 zonas, que facilitaron la identificación de aspectos claves, como son los recursos, usuarios, infraestructura y las necesidades. Estas zonas se muestran en la Figura 10.

resources, users, infrastructure and needs, as summarized in the following sections. These zones are shown in Figure 10.

The Coastal Zone includes the municipalities of Tecate, Tijuana, Playas de Rosarito and the municipal seat of Ensenada next to its metropolitan area. The San Quintín Valley Region extends from the Valle de Santo Tomas to El Socorro, including the Valleys of San Vicente, Colonet, Vicente Ferrer, Camalu and San Quintín. The Mexicali Valley Zone includes the municipality of Mexicali. The San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga Zone includes the coastal strip from the border with the state of Sonora to the Bay of San Luis Gonzaga. The Interior Valleys Zone includes the valleys of Guadalupe, Ojos Negros, La Trinidad, Valle Chico and Laguna Salada. The area between Rosario to Parallel 28 is considered the South Zone.

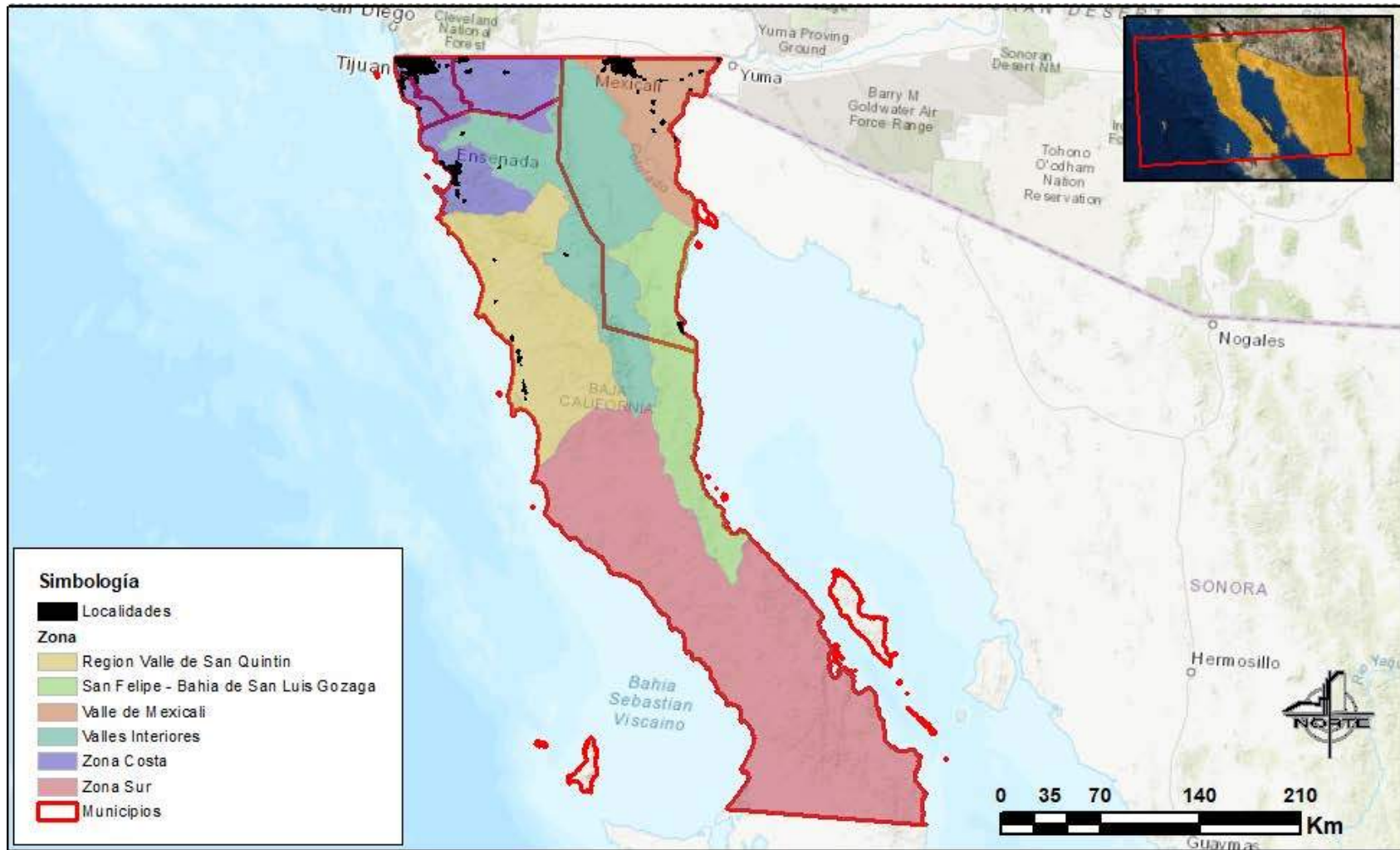
The Coastal Zone and the Mexicali Valley are the areas of the state of Baja California that are most relevant to the study, as these are areas that could be potentially served by a desalination opportunity located in Sonora along the Sea of Cortez. Therefore, only the data of the analysis of these zones will be presented in the summary below. Detailed information for all the Baja California zones is included in the appendix.

Similar to the information presented previously for the state of Sonora, current and future water supplies and demands were divided into two categories, urban public water use and water used for agriculture.

La Zona Costera incluye los municipios de Tecate, Tijuana, Playas de Rosarito y la sede municipal de Ensenada junto a su área metropolitana. La región del Valle de San Quintín se extiende desde el Valle de Santo Tomás hasta El Socorro, incluidos los Valles de San Vicente, Colonet, Vicente Ferrer, Camalú y San Quintín. La zona del valle de Mexicali incluye el municipio de Mexicali. La zona de San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga incluye la franja costera desde la frontera con el estado de Sonora hasta la bahía de San Luis Gonzaga. La Zona de los Valles Interiores incluye los valles de Guadalupe, Ojos Negros, La Trinidad, Valle Chico y Laguna Salada. El área entre Rosario al paralelo 28 es considerada la Zona Sur.

La Zona Costera y el Valle de Mexicali son las áreas del estado de Baja California que son más relevantes para el estudio, ya que son áreas que podrían ser atendidas por una oportunidad de desalinización ubicada en Sonora a lo largo del Mar de Cortés. Por lo tanto, solo los datos del análisis de estas zonas se presentarán en el resumen a continuación. La información detallada de todas las zonas de Baja California se incluye en el anexo.

De manera similar a la información presentada anteriormente para el estado de Sonora, la demanda y la oferta de agua actuales y futuros se dividieron en dos categorías: uso público urbano del agua y agua utilizada para la agricultura.



Figure/Figura 10 Regions of study within the state of Baja California  
Regiones de estudio dentro del estado de Baja California

The results of the analysis conclude that water availability currently is an issue for the urban public use sector in both the Mexicali Valley and Coastal Zones, as shown in Table 10. Projections of water availability to the year 2035 indicate that increased demand for water in the urban areas could exceed supply for both the Mexicali Valley and Coastal Zones, as shown in Table 11. Agricultural water supplies and demands are projected to stay the same through the planning period.

Los resultados del análisis concluyen que la disponibilidad de agua en la actualidad es un problema para el sector del uso público urbano tanto en el Valle de Mexicali como en las Zonas Costeras, como se muestra en la Tabla 10. Las proyecciones de disponibilidad de agua para el año 2035 indican que la mayor demanda de agua en las áreas urbanas podrían exceder la oferta tanto para el Valle de Mexicali como para las Zonas Costeras, como se muestra en la Tabla 11. Se prevé que la oferta y demanda de agua agrícola permanezcan igual durante el período de planeación.

**Table/Tabla 10** Current water supplies and demands by zone in Baja California  
 Oferta y demandas de agua actual por zona en Baja California

ZONE ZONA	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		URBAN WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO URBANO		AGRICULTURAL WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	154,133	190.12	32,575	40.18	120,748	148.94	41,890	51.67	-33,385	-41.18	9,315	11.49
Valle de Mexicali	91,059	112.32	2,162,175	2,667.00	84,793	104.59	2,208,086	2,723.63	-6,267	-7.73	45,911	56.63
<b>Total</b>	<b>245,192</b>	<b>302.44</b>	<b>2,194,750</b>	<b>2,707.18</b>	<b>205,541</b>	<b>253.53</b>	<b>2,249,976</b>	<b>2,775.30</b>	<b>-39,652</b>	<b>-48.91</b>	<b>55,226</b>	<b>68.12</b>

**Table/Tabla 11**      **2030 water supply and demand projections by region in Baja California**  
**2030 proyecciones de oferta y demanda de agua por regiones en Baja California**

ZONE ZONA	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		URBAN WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO URBANO		AGRICULTURAL WATER BALANCE / BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	194,013	239.31	32,575	40.18	120,748	148.94	41,890	51.67	-73,265	-90.37	9,315	11.49
Valle de Mexicali	113,411	139.89	2,162,175	2,667	84,793	104.59	2,208,086	2,723.63	-28,618	-35.30	45,911	56.63
<b>Total</b>	<b>307,424</b>	<b>379.20</b>	<b>2,194,750</b>	<b>2,707.18</b>	<b>205,541</b>	<b>253.33</b>	<b>2,249,976</b>	<b>2,775.30</b>	<b>-101,883</b>	<b>-125.67</b>	<b>55,226</b>	<b>68.12</b>

## Conclusions

Projected supply and demand imbalances in Sonora, Baja California, Arizona, Nevada, and California demonstrate the need for reliable water supplies throughout the basin. The need for new water supplies will only be exacerbated in drought or shortage periods.

The Colorado River Basin Study presents a range of water supply and demand scenarios for the Colorado River. Even with a conservative approach using apportionment and the Current Projected demand projections, a substantial potential imbalance exists of just under 1.0 maf for 2035 for the states of Arizona, California, and Nevada. Additional regional and local studies conducted since 2012 confirm and even increase the estimates of potential deficits in the future.

## Conclusiones

Los desequilibrios proyectados de la oferta y la demanda en Sonora, Baja California, Arizona, Nevada y California demuestran la necesidad de contar con fuentes de agua confiables en toda la cuenca. La necesidad de nuevas fuentes de agua solo se verá agravada en períodos de sequía o escasez.

El Estudio de la Cuenca del Río Colorado presenta una gama de escenarios de oferta y demanda de agua para el Río Colorado. Incluso con un enfoque conservador utilizando el reparto y las proyecciones de la demanda Proyectada Actual, existe un desequilibrio potencial sustancial de poco menos de 1.23 Mm<sup>3</sup> para 2035 para los estados de Arizona, California y Nevada. Estudios regionales y locales adicionales realizados desde 2012 confirman e incluso aumentan las estimaciones de posibles déficits en el futuro.

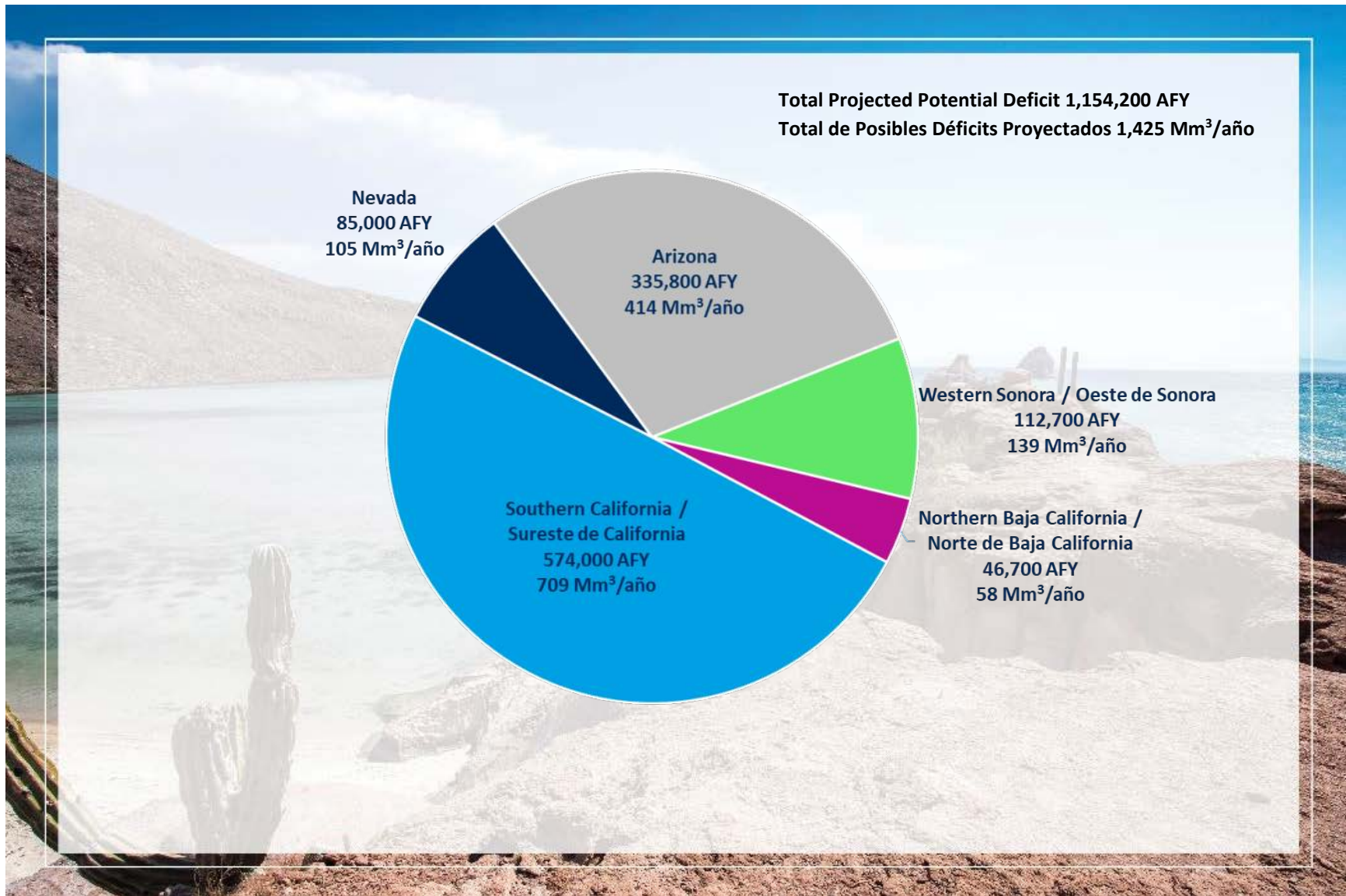
The analysis for the Mexican states is based on federal and state planning data, which includes demand projections for 2030 and reports all water supplies and demands, (unlike the Colorado River Basin Report which estimates Colorado River supplies and the demands that can be met with those supplies). For the area in the state of Sonora included as part of this analysis, potential deficits are estimated to be approximately 112,657 AFY by 2030. The Northern Zone of Baja California is projected to have an unmet demand of about 46,657 AFY by 2030.

The relative scale of projected water imbalances throughout the study area are shown on Figure 11.

El análisis para los estados mexicanos se basa en datos de planeación federales y estatales, que incluyen proyecciones de demanda para 2030 e informa sobre todas las ofertas y demandas de agua (a diferencia del Informe de la Cuenca del Río Colorado que estima la oferta del Río Colorado y las demandas que se pueden cumplir con esta oferta). Para el área en el estado de Sonora incluida como parte de este análisis, las demandas no satisfechas se estiman en aproximadamente 138.96 Mm<sup>3</sup>/año para 2030. Se proyecta que la Zona Costera de Baja California tendrá una demanda insatisfecha de aproximadamente 57.55 Mm<sup>3</sup>/año para 2030.

La escala relativa de los desequilibrios de agua proyectados a lo largo del área de estudio se muestra en la Figura 11.





**Figure/Figura 11** Visualization of projected potential deficits for 2030 (Mexico) and 2035 (United States)  
Visualización de posibles déficits proyectados para 2030 (México) y 2035 (EE.UU.)

The total 10-15 year projection of potential deficit for the study area is conservatively estimated at 1.2 maf, as shown in Table 12.

La proyección de 10-15 años de déficit potencial total para el área de estudio se estima de manera conservadora en 1,423 Mm<sup>3</sup>, como se muestra en la Tabla 12.

**Table/Tabla 12**      **Supply and demand projection summary**  
**Resumen de proyección de oferta y demanda**

AREA ZONA	SUPPLY OFERTA		DEMAND DEMANDA		WATER BALANCE BALANCE HÍDRICO	
	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año	AFY	Mm <sup>3</sup> /año
Arizona (2035)	2,800,000	3,454	3,135,800	3,868	-335,800	-414
Nevada (2035)	300,000	370	385,000	474	-85,000	-105
Southern California / Sureste de California (2035)	4,400,000	5,427	4,974,600	6,136	-574,600	-709
Sonora – regional (2030)	527,169	650	639,826	789	-112,658	-139
Northern Baja California / Norte de Baja California (2030)	2,455,516	3,029	2,502,173	3,086	-46,657	-58
<b>Total</b>	<b>10,482,685</b>	<b>12,930</b>	<b>11,637,399</b>	<b>14,353</b>	<b>-1,154,715</b>	<b>-1,425</b>

In summary, future demands are projected to increase, largely driven by growth in municipal demands in the United States and steady agricultural demands in Mexico. These increasing municipal demands result in pressure for the transfer of agricultural water for municipal purposes. This change in the water use modifies the supply pattern from a seasonal one to year-round use. Development of new water supplies that are reliable in drought years will become increasingly important. Future climate impacts on the availability of surface water put the region at significant risk. A seawater desalination opportunity that

En resumen, se proyecta que las demandas futuras aumentarán, en gran medida impulsadas por el crecimiento de las demandas municipales en los Estados Unidos y las demandas agrícolas estables en México. Estas crecientes demandas municipales resultan en una presión por la transferencia de agua agrícola para propósitos municipales. Este cambio en el uso del agua modifica el patrón de suministro desde uno estacional hasta el uso durante todo el año. El desarrollo de nuevas fuentes de agua que sean confiables en los años de sequía será cada vez más importante. Los impactos climáticos futuros sobre la disponibilidad de agua superficial ponen a la región

provides an additional 50,000 to 200,000 AFY of new water supplies can provide a significant part of the overall water supply solution and in doing so, bolster resilience in the Colorado River Basin.

en un riesgo significativo. Una oportunidad de desalinización de agua de mar que proporcione una fuente adicional de 61.67 a 246.70 Mm<sup>3</sup>/año de agua puede proporcionar una parte significativa de la solución general de oferta de agua y, al hacerlo, reforzar la resiliencia en la Cuenca del Río Colorado.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM1 – Appendix

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM1 – Apéndice

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020





This appendix summarizes existing water resources planning information compiled for areas in Sonora and Baja California, Mexico and the lower Colorado River Basin of the United States. The information is presented by geographical area.

## Arizona

Arizona has engaged in water planning statewide since the 1980s, and attention has been paid to Active Management Areas, which include the major metropolitan areas and 87% of statewide population. The Active Management Areas have had a range of management tools and programs implemented in order to ensure sufficient water is available to these high-demand areas. The requirements include reporting requirements, water supply planning for new subdivisions, and conservation requirements for municipalities, agriculture, and industry. The five Active Management Areas are Phoenix, Prescott, Pinal, Tucson, and Santa Cruz.

The Arizona Water Atlas project was undertaken by the Arizona Department of Water Resources in 2010, and describes water supply and demands across the state, which is divided into seven planning areas. The planning areas shown in Figure 1 are based on groundwater basins (Arizona Water Atlas, Arizona Department of Water Resources, September 2010).

Across the state, groundwater accounted for approximately 43% and surface water accounted for 54% of the water utilized between 2001 and 2005, with 3% coming from reclaimed effluent. Agricultural demands comprise 75% of the statewide

Este anexo resume la información existente sobre la planificación de los recursos hídricos recopilada para las áreas de Sonora y Baja California, México y la parte baja de la cuenca del río Colorado en los Estados Unidos. La información se presenta por área geográfica.

## Arizona

Arizona ha participado en la planificación del agua en todo el estado desde la década de 1980, y se ha prestado especial atención a las Áreas de Gestión Activa, que incluyen las principales áreas metropolitanas y el 87% de la población del estado. Las Áreas de Gestión Activa han tenido una variedad de herramientas de gestión y programas implementados para garantizar que haya suficiente agua disponible para estas áreas de alta demanda. Los requisitos incluyen requisitos de informes, planificación del suministro de agua para nuevas subdivisiones y requisitos de conservación para los municipios, la agricultura y la industria. Las cinco áreas de administración activa son Phoenix, Prescott, Pinal, Tucson y Santa Cruz.

El proyecto del Atlas de Agua de Arizona fue realizado por el Departamento de Recursos Hídricos de Arizona en 2010 y describe el suministro y las demandas de agua en todo el estado, que se divide en siete áreas de planificación. Las áreas de planificación, se muestra en la Figura 1, se basan en las cuencas de agua subterránea (Arizona Water Atlas, Departamento de Recursos Hídricos de Arizona, septiembre de 2010).

En todo el estado, las aguas subterráneas representaron aproximadamente el 43% y las aguas superficiales representaron el

water demands, municipal accounts for 20%, and industrial accounts for 5% of the total statewide water demands. Municipal water demands are heavily centered in the Active Management Areas, which include Phoenix, Prescott, and Tucson.

Most of the agricultural demands in Arizona are met with surface water from the Upper Colorado River, Lower Colorado River, Eastern Plateau, and Central Highlands planning areas. In the Active Management Areas, a mix of groundwater, Central Arizona Project water, in-state surface water, and effluent are used for irrigation.

Industrial water demands are largely mining, electrical generation, dairies, feedlots, and turf irrigation. These demands are limited to industrial users that are not served by a municipal water system.

Surface water in Arizona is allocated according to a prior-appropriation water right system, which gives priorities to longest-held water rights, regardless of the end use. Arizona has an annual Colorado River allotment of 2.8 maf of consumptive use. Entitlements to this water are divided among basins, with the remainder of the allotment being available for use by the Central Arizona Project, which delivers water to users in the Phoenix, Tucson, and Casa Grande areas through a system of canals.

The Central Arizona Project has been designed to bring about 1.5 maf of water from the Colorado River at Lake Havasu southwest to Maricopa, Pima, and Pinal counties. Under the prior appropriation system, the Central Arizona Project has a relatively new water right, and is therefore among the first water rights to

54% del agua utilizada entre 2001 y 2005, y el 3% provino de efluentes recuperados. Las demandas agrícolas comprenden el 75% de las demandas de agua en todo el estado, las cuentas municipales para el 20% y la industrial para el 5% de las demandas de agua en todo el estado. Las demandas de agua municipal están muy centradas en las Áreas de Gestión Activa, que incluyen Phoenix, Prescott y Tucson.

La mayoría de las demandas agrícolas en Arizona se satisfacen con las aguas superficiales de las áreas de planificación del Río Colorado, el Río Colorado, la Meseta Oriental y las Tierras Altas Centrales del Alto Colorado. En las Áreas de Manejo Activo, una mezcla de agua subterránea, agua del Proyecto de Arizona Central, agua de superficie en el estado y efluentes se utilizan para el riego.

Las demandas de agua industrial son en gran medida la minería, la generación eléctrica, las lecherías, los corrales de engorde y el riego de césped. Estas demandas se limitan a los usuarios industriales que no son atendidos por un sistema de agua municipal.

El agua superficial en Arizona se asigna de acuerdo con un sistema de derechos de agua de apropiación previa, que da prioridad a los derechos de agua más antiguos, independientemente del uso final. Arizona tiene una asignación anual de 3532.03 Mm<sup>3</sup> en uso consuntivo. Los derechos a esta agua se dividen entre cuencas, y el resto de la asignación está disponible para ser utilizada por el Proyecto Arizona Central, que entrega agua a los usuarios en las áreas de Phoenix, Tucson y Casa Grande a través de un sistema de canales.

El Proyecto de Arizona Central ha sido diseñado para llevar alrededor de 1,850 Mm<sup>3</sup> de agua desde el río Colorado en Lake Havasu, suroeste de los condados de Maricopa, Pima y Pimas. Bajo el sistema

be shorted in times when system storage forces a reduction in Arizona's Colorado River entitlement. However, the Arizona Water Banking Authority was established to firm up the water rights held by the Central Arizona Project, and other entities have since developed similar programs. This is accomplished through a credit system by storing water in groundwater aquifers, by leasing other underutilized water rights, or using surface water in lieu of groundwater for irrigation when surface water supplies exceed demands and banking the equivalent groundwater. These banking options allow withdrawals to augment surface water supplies in low-flow years much like the reservoirs in the upper basin.

The Salt River Project contributes approximately 800,000 acre-feet per year (AF/yr) to the greater Phoenix area and generates hydropower through a system of dams on the Salt and Verde rivers. The Salt River Project manages a 13,000 square mile central Arizona watershed that includes water banking through two facilities: The New River – Agua Fria Underground Storage Project (up to 75,000 AF/yr) and the Granite Reef Underground Storage Project (93,000 AF/yr) (Salt River Project, Water Banking Fact Sheet, [www.srpnet.com/water/waterbanking.aspx](http://www.srpnet.com/water/waterbanking.aspx), accessed 2018).

Aquifers across the state provide water that is locally critical. Groundwater withdrawals are not restricted as long as the water is put to a use considered beneficial. There are two exceptions where groundwater withdrawals require a water right and permit pursuant to the Arizona Groundwater Management Act to prevent aquifer depletion: (1) The three designated Non-Expansion Areas where expansion of agricultural lands have been restricted, and (2) within the Active Management Areas. The southern portion of the state has some deep-basin fill aquifers

de apropiación anterior, el Proyecto de Arizona Central tiene un derecho de agua relativamente nuevo y, por lo tanto, se encuentra entre los primeros derechos de agua en sufrir recorte en épocas de sequía. Sin embargo, la Autoridad de la Banca por el Agua de Arizona se estableció para consolidar los derechos de agua del Proyecto del Arizona Central, y desde entonces otras entidades han desarrollado programas similares. Esto se logra a través de un sistema de crédito mediante el almacenamiento de agua en acuíferos subterráneos, mediante el arrendamiento de otros derechos de agua infrautilizados o el uso de aguas superficiales en lugar de aguas subterráneas para el riego cuando los suministros de aguas superficiales superan las demandas y acumulan el agua subterránea equivalente. Estas opciones bancarias permiten que se aumente la oferta de aguas superficiales en años de bajo flujo, al igual que los reservorios en la cuenca superior.

El Proyecto del río Salt contribuye aproximadamente 9,863.8 Mm<sup>3</sup> por año al área del gran Phoenix y genera energía hidroeléctrica a través de su sistema de represas en los ríos Salt y Verde. El Proyecto Salt River también participa en la banca de agua a través de dos instalaciones: el Proyecto de Almacenamiento Subterráneo de New River - Agua Fría (hasta 92.51 Mm<sup>3</sup> por año) y el Proyecto de Almacenamiento Subterráneo de Granite Reef (114.71 Mm<sup>3</sup> por año) (Sal Proyecto del río, Hoja de datos de la banca de agua, [www.srpnet.com/water/waterbanking.aspx](http://www.srpnet.com/water/waterbanking.aspx), accedido, 2018).

Los acuíferos en todo el estado proporcionan agua que es crítica a nivel local. Las extracciones de agua subterránea no están restringidas siempre que el uso del agua se considere beneficioso, con dos excepciones para evitar el agotamiento de los acuíferos: Hay tres áreas donde se ha restringido la expansión de las tierras agrícolas, y dentro de las Áreas de Gestión Activa, las extracciones de



with significant groundwater in storage. In the central and northern portions of the state, aquifers are often unproductive or alluvial, or in some areas have high levels of total dissolved solids. Over the last 40 years, groundwater use statewide has substantially decreased from over 5 maf per year (maf/yr) in 1971 to about 3.5 maf/yr in 2005 (Arizona State Water Atlas, Executive Summary, p. 60).

The following sections detail the water availability of each of the planning areas.

agua subterránea requieren un derecho de agua y un permiso de conformidad con la Ley de Administración de Agua Subterránea de Arizona. La parte sur del estado tiene algunos acuíferos de cuenca profunda con importantes aguas subterráneas en almacenamiento. En las partes central y norte del estado, los acuíferos a menudo son improductivos o aluviales, o en algunas áreas tienen altos niveles de sólidos disueltos totales. En los últimos 40 años, el uso de agua subterránea en todo el estado ha disminuido sustancialmente de más de 6,167.41 Mm<sup>3</sup> por año en 1971 a unos 4,317.19 Mm<sup>3</sup> por año en 2005 (Arizona State Water Atlas, Resumen Ejecutivo, p. 60).

Las siguientes secciones detallan la disponibilidad de agua de cada una de las áreas de planificación.



Figure/Figura 1 State of Arizona Water Planning Regions and Active Management Areas (Arizona Water Atlas, 2010)  
 Regiones de planificación del agua del estado de Arizona y áreas de administración activa (Atlas del agua de Arizona, 2010)

Eastern Plateau

Meseta Oriental

The Eastern Plateau Planning Area is relatively high in elevation and is geographically diverse with the highest peaks in the state as well as deep sandstone canyons and large mesas. Almost two-thirds of the land area is under tribal ownership. Much of the planning area is sparsely populated. Flagstaff is the largest metropolitan area with an estimated population of 71,975 in 2017 (US Census, [www.census.gov/quickfacts/flagstaffcityarizona](http://www.census.gov/quickfacts/flagstaffcityarizona)). Other population centers include Show Low/ Pinetop/ Lakeside, Winslow/ Holbrook, Page, and Tuba City, Window Rock, Chinle, and Kayenta on the Navajo Reservation.

The 2000 Census planning area population was almost 250,000. Arizona Department of Commerce population projections forecast a planning area population of more than 378,000 by 2030. The planning area has a large industrial water use sector due to the presence of several electrical generating stations, large coal mining operations and a paper mill (Arizona Water Atlas, 2010).

### Water Demand

Water demand in the Eastern Plateau Planning Area averaged approximately 170,400 AF/yr during the period from 2001 to 2005, as shown in Table 1.

The industrial demand sector is the largest user with 83,100 AF/yr of water demand, or 49% of the total. About two-thirds of the industrial demand is met by groundwater. The municipal sector accounts for about 26% of the cultural demand with almost 45,000 AF/yr. Most of the municipal demand is met with

El área de planificación de la meseta oriental tiene una elevación relativamente alta y es geográficamente diversa, con los picos más altos del estado, así como cañones de arenisca profunda y grandes mesas. Casi dos tercios de la superficie terrestre está bajo propiedad tribal. Gran parte del área de planificación está escasamente poblada. Flagstaff es el área metropolitana más grande con una población estimada de 64,200 en 2007. Otros centros de población incluyen Show Low / Pinetop / Lakeside, Winslow / Holbrook, Page y Tuba City, Window Rock, Chinle y Kayenta en la Reserva Navajo.

La población del área de planificación del Censo 2000 fue de casi 250,000. Las proyecciones de población del Departamento de Comercio de Arizona pronosticaron una población del área de planificación de más de 378,000 para 2030. El área de planificación tiene un gran sector de uso de agua industrial debido a la presencia de varias estaciones de generación eléctrica, grandes operaciones de minería de carbón y una fábrica de papel (Arizona Water Atlas , 2010).

### Demanda de Agua

La demanda de agua en el área de planificación de la meseta oriental alcanzó un promedio de aproximadamente 210.19 Mm<sup>3</sup> por año durante el período de 2001 a 2005, como se muestra en la Tabla 1.

El sector de la demanda industrial es el usuario más grande con 102.50 Mm<sup>3</sup> por año de demanda de agua, o el 49% del total. Alrededor de dos tercios de la demanda industrial es cubierta por aguas subterráneas. El sector municipal representa alrededor del 26% de la demanda cultural con casi 55.51 Mm<sup>3</sup> por año. La mayor parte

groundwater. Agricultural demand is approximately 42,400 AF/yr, or 25% of the total. The agricultural sector utilizes comparable volumes of groundwater, surface water and effluent. Most of the agricultural effluent use is at one location and source, the Catalyst Paper Mill northeast of Heber. Tribal water demand is included in these totals (Arizona Water Atlas, 2010).

de la demanda municipal se encuentra con agua subterránea. La demanda agrícola es de aproximadamente 52.30 Mm<sup>3</sup> por año, o el 25% del total. El sector agrícola utiliza volúmenes comparables de aguas subterráneas, aguas superficiales y efluentes. La mayor parte del uso de efluentes agrícolas se realiza en una ubicación y fuente, la fabrica de papel “Catalyst Paper”, al noreste de Heber. La demanda de agua tribal se incluye en estos totales (Arizona Water Atlas, 2010).

**Table/Tabla 1 Average annual water demands for the Eastern Plateau Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**  
**Promedio anual de demandas de agua para el área de planificación de la meseta oriental, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA AREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIA		REUSE EFFLUENT REÚSO DE EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	37,300	46.01	4,100	5.06	3,600	4.44
Industrial	54,407	67.11	28,707	35.41	0	0
Agricultural / Agrícola	13,100	16.16	18,000	22.20	11,300	13.94
<b>Total</b>	<b>104,807</b>	<b>129.28</b>	<b>50,807</b>	<b>62.67</b>	<b>14,900</b>	<b>18.38</b>

### Water Supply

Surface water, groundwater and effluent are important water supplies for municipal, industrial and agricultural uses in the Eastern Plateau Planning Area. Groundwater is the principal water supply utilized, meeting 61% of the demand on average in 2001-2005. A small Irrigation Non-Expansion area is located between Winslow and Holbrook, which limits groundwater pumping for irrigation. Due to recent drought conditions, some

### Oferta de Agua

Las aguas superficiales, las aguas subterráneas y los efluentes son importantes suministros de agua para usos municipales, industriales y agrícolas en el área de planificación de la meseta oriental. El agua subterránea es el principal suministro de agua utilizado, que satisface el 61% de la demanda en promedio en 2001-2005. Debido a las recientes condiciones de sequía, algunas comunidades que históricamente usaron cantidades significativas de agua superficial,

communities that historically used significant amounts of surface water, such as Flagstaff, have turned to more reliable groundwater supplies. Population growth, supply reliability and the desire for economic development is spurring interest in exploring long-term water supply augmentation options such as securing Colorado River water, constructing water conveyance pipelines and acquiring lands with groundwater supplies. Effluent is also utilized by several communities for golf course, landscape irrigation and for industrial and agricultural purposes.

Surface water from the Lake Mary reservoir system is an important municipal supply for the City of Flagstaff. The 30-year median inflow to the system from January to May was 5,000 AF, but due to evaporation and seepage losses, the average availability is approximately 2,250 AF (United States Bureau of Reclamation, 2006). The domestic water supply for the City of Page and the neighboring Navajo Nation Chapter of LeChee is obtained from Lake Powell through pumping and conveyance facilities. This water is available pursuant to a Colorado River Upper Basin allocation of 2,740 AF of consumptive use.

Groundwater is withdrawn from both large regional aquifers and from local and perched aquifers. The USBOR (2006) reported sustainable or safe yield volumes from the city's various groundwater supplies as follows: Woody Mountain wellfield, 3,500 AF/yr; Lake Mary wellfield, 2,500 AF/yr; inner city wells, 1,300 to 2,800 AF/yr; and inner basin wells, 542 AF/yr.

More than 36,500 AF of effluent is estimated to be generated annually in the planning area. The communities of Flagstaff, Flagstaff Ranch, Holbrook and Page use effluent for golf course and landscape irrigation. In 2006 and 2007 over 2,300 AF of

como Flagstaff, han recurrido a suministros de agua subterránea más confiables. El crecimiento de la población, la confiabilidad del suministro y el deseo de desarrollo económico están estimulando el interés en explorar opciones de aumento del suministro de agua a largo plazo, como asegurar el agua del Río Colorado, construir tuberías de transporte de agua y adquirir tierras con suministros de agua subterránea. El efluente también es utilizado por varias comunidades para campos de golf, riego de jardines y para fines industriales y agrícolas.

Las aguas superficiales del sistema de embalses del lago Mary son un suministro municipal importante para la ciudad de Flagstaff. El flujo medio de 30 años del sistema de enero a mayo fue de 6.17 Mm<sup>3</sup> pero debido a las pérdidas por evaporación y filtración, la disponibilidad promedio es de aproximadamente 2.78 Mm<sup>3</sup> (United States Bureau of Reclamation, 2006). El suministro de agua doméstica para la Ciudad de Page y el vecino Capítulo de Nación Navajo de LeChee se obtiene del Lago Powell a través de instalaciones de bombeo y transporte. Esta agua está disponible de acuerdo con una asignación de 3.38 Mm<sup>3</sup> de uso de consumo en la cuenca superior del río Colorado.

El agua subterránea se extrae tanto de los grandes acuíferos regionales como de los acuíferos locales y posados. El Buró de Reclamación (2006) informó volúmenes de rendimiento sostenibles o seguros de los diversos suministros de agua subterránea de la ciudad de la siguiente manera: Woody Mountain wellfield, 4.32 Mm<sup>3</sup>; Lago Mary Wellfield, 3.08 Mm<sup>3</sup>/año; pozos del centro de la ciudad, 1.60 Mm<sup>3</sup> a 23.45 Mm<sup>3</sup>/año; y pozos interiores de la cuenca, 0.67 Mm<sup>3</sup>/año.

Se estima que más de 45.02 Mm<sup>3</sup> de efluentes se generan anualmente en el área de planificación. Las comunidades de Flagstaff,

effluent was used in the Flagstaff area. Approximately 11,900 AF/yr of industrial wastewater is generated by the Catalyst Paper Mill near Heber and discharged to a dry lake where it is used to irrigate pasture. (Arizona Water Atlas, 2010).

### **Southeastern Arizona**

The Southeastern Arizona Planning Area is composed of 14 groundwater basins that vary significantly in size. Elevation ranges from 10,713 feet to 1,830 feet. Cochise County is entirely contained in the planning area as well as portions of seven other counties: Apache, Gila, Graham, Greenlee, Pima, Pinal, and Santa Cruz. Most of the San Carlos Apache Reservation is located within the planning area. The 2000 Census planning area population was approximately 188,300. Arizona Department of Economic Security population projections forecast about 294,600 residents by 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

The agricultural water use sector is the largest user by far with an average annual demand of approximately 440,000 AF. Most of the Douglas Basin contains an area designated as the Douglas Irrigation Non-Expansion Area. This area was determined to have insufficient groundwater to provide a reasonably safe supply for irrigation (Arizona Water Atlas, 2010).

Flagstaff Ranch, Holbrook y Page usan los efluentes para riego de campos de golf y riego de jardines. En 2006 y 2007, se utilizaron más de 2.84 Mm<sup>3</sup> de efluentes en el área de Flagstaff. Aproximadamente 14.68 Mm<sup>3</sup> / año de aguas residuales industriales son generadas por la fabrica de papel “Catalyst Paper” cerca de Heber y descargadas a un lago seco donde se usa para regar pastos. (Arizona Water Atlas, 2010).

### **Sureste de Arizona**

El Área de Planificación del Sureste de Arizona está compuesta por 14 cuencas de agua subterránea que varían significativamente en tamaño. La elevación oscila entre 3,265 msnm y 558 msnm. El condado de Cochise está totalmente contenido en el área de planificación, así como en partes de otros siete condados: Apache, Gila, Graham, Greenlee, Pima, Pinal y Santa Cruz. La mayor parte de la reserva de San Carlos Apache se encuentra dentro del área de planificación. La población del área de planificación del Censo 2000 fue de aproximadamente 188,300. Las proyecciones de población del Departamento de Seguridad Económica de Arizona pronosticaron alrededor de 294,600 residentes para 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

El sector de agua para uso agrícola es, por mucho, el usuario más grande, con una demanda anual promedio de aproximadamente 542.73 Mm<sup>3</sup>. La mayor parte de la Cuenca Douglas contiene un área designada como Área de no expansión de irrigación de Douglas. Se determinó que esta área no tiene suficiente agua subterránea para

proporcionar un suministro razonablemente seguro para el riego (Arizona Water Atlas, 2010).

### Water Demand

Total water demand in the Southeastern Arizona Planning Area averaged approximately 515,100 AF/yr in the period from 2001-2005, as shown in Table 2. The agricultural demand sector is by far the largest water demand sector with over 440,000 AF of annual demand. Municipal demand was approximately 40,500 AF/yr of primarily groundwater demand during the period from 2001-2005. Industrial demand, primarily from mining, was about 34,600 AF/yr. Detailed current information on San Carlos Apache Tribe water demand was not available. (Arizona Water Atlas, 2010).

### Demanda de Agua

La demanda total de agua en el Área de Planificación del Sureste de Arizona promedió aproximadamente 635.37 Mm<sup>3</sup> / año en el período 2001-2005, como se muestra en la Tabla 2. El sector de la demanda agrícola es, por mucho, el sector de mayor demanda de agua con más de 542.73 Mm<sup>3</sup> de demanda anual. La demanda municipal fue de aproximadamente 49.96 Mm<sup>3</sup> / año, principalmente de agua subterránea, durante el período 2001-2005. La demanda industrial, principalmente de la minería, fue de aproximadamente 42.68 Mm<sup>3</sup> / año. La información detallada actual sobre la demanda de agua de la tribu San Carlos Apache no estaba disponible. (Arizona Water Atlas, 2010).

**Table/Tabla 2 Average annual water demands for the Southeastern Arizona Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**  
**Promedio anual de demandas de agua para el área de planificación del sureste de Arizona, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA AREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIAL		REUSE EFFLUENT REÚSO DE EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	37,650	46.44	1,200	1.48	1,686	2.08
Industrial	33,450	41.26	1,100	1.36	0	0
Agricultural / Agrícola	363,500	448.37	76,500	94.36	0	0
<b>Total</b>	<b>434,600</b>	<b>536.07</b>	<b>78,800</b>	<b>97.20</b>	<b>1,686</b>	<b>2.08</b>

## Water Supply

Local aquifers are the primary water supply for the planning area for municipal, industrial and agricultural use. Most of the surface water is for agricultural use, and includes diversions from the San Pedro River, Aravaipa Creek and the Gila River. Small amounts of surface water are diverted for municipal use in the Morenci, Upper San Pedro and Willcox Basins and for industrial use in the Morenci Basin. Groundwater is the major water supply in the planning area and is relatively abundant and well yields are high in most basins. Some communities utilize effluent for golf course irrigation and for groundwater recharge (Arizona Water Atlas, 2010). However, detailed water supply information was not readily available.

## Upper Colorado River

The Upper Colorado River Planning Area is composed of nine groundwater basins located in northwestern Arizona, south and east of the Colorado River. Elevation ranges from 450 feet to 8,417 feet. Most of the planning area is within Mohave County; as well as small portions of Coconino, La Paz and Yavapai counties. Parts of the Fort Mojave and Hualapai Indian Reservations are within the planning area. The 2000 Census planning area population was approximately 162,100. Lake Havasu City is the largest metropolitan area with almost 42,000 residents in 2000. Arizona Department of Commerce population projections forecast that the planning area population will double by 2030, to about 323,100 residents.

## Oferta de Agua

Los acuíferos locales son el principal suministro de agua para el área de planificación para uso municipal, industrial y agrícola. La mayor parte del agua de superficie es para uso agrícola e incluye desviaciones del río San Pedro, el arroyo Aravaipa y el río Gila. Se desvían pequeñas cantidades de agua superficial para uso municipal en las cuencas de Morenci, Upper San Pedro y Willcox y para uso industrial en la cuenca de Morenci. El agua subterránea es el principal suministro de agua en el área de planificación y es relativamente abundante y los rendimientos de los pozos son altos en la mayoría de las cuencas. Algunas comunidades utilizan efluentes para el riego de campos de golf y para la recarga de aguas subterráneas (Arizona Water Atlas, 2010). Sin embargo, la información detallada sobre el suministro de agua no estaba disponible.

## Río Colorado Alto

El área de planificación del Río Colorado Alto se compone de nueve cuencas de agua subterránea ubicadas en el noroeste de Arizona, al sur y al este del río Colorado. La elevación varía de 137 msnm a 2566 msnm. La mayor parte del área de planificación está dentro del condado de Mohave; así como pequeñas porciones de los condados de Coconino, La Paz y Yavapai. Partes de las reservas indias de Fort Mojave y Hualapai están dentro del área de planificación. La población del área de planificación del Censo 2000 era aproximadamente 162,100. La ciudad de Lake Havasu es el área metropolitana más grande con casi 42,000 residentes en 2000. Las proyecciones de población del Departamento de Comercio de Arizona



pronostican que la población del área de planificación se duplicará para 2030, a aproximadamente 323,100 residentes.

### Water Demand

Water demand averaged about 174,100 AF/yr (including effluent) during the period 2001-2005. Agriculture was the largest water use sector in the planning area with an annual demand of approximately 99,550 AF during this period, almost entirely within the Lake Mohave Basin. Municipal demand accounted for about 52,400 AF/yr, and industrial demand averaged about 22,100 AF/yr, as shown in Table 3 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Demanda de Agua

La demanda de agua promedió aproximadamente 214.75 Mm<sup>3</sup> / año (incluidos los efluentes) durante el período 2001-2005. La agricultura fue el sector de uso de agua más grande en el área de planificación con una demanda anual de aproximadamente 122.79 Mm<sup>3</sup> durante este período, casi en su totalidad dentro de la Cuenca del Lago Mohave. La demanda municipal representó alrededor de 64.63 Mm<sup>3</sup>/año, y la demanda industrial promedió alrededor de 27.26 Mm<sup>3</sup>/año, como se muestra en la Tabla 3 (Arizona Water Atlas, 2010).

**Table/Tabla 3 Average annual water demands for the Upper Colorado River Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**  
**Promedio anual de demandas de agua para el área de planificación del Río Colorado Alto, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA AREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIAL		REUSE EFFLUENT REÚSO DE EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	48,000	59.21	1,200	1.48	3,148	3.88
Industrial	18,400	22.70	3,850	4.75	0	0
Agricultural / Agrícola	34,500	42.56	64,900	80.05	0	0
<b>Total</b>	<b>100,900</b>	<b>124.47</b>	<b>69,950</b>	<b>86.28</b>	<b>3,148</b>	<b>3.88</b>

## Water Supply

Water supplies in the Upper Colorado River Planning Area include Colorado River water, other surface water, groundwater, and effluent. Colorado River water is the primary water supply in the Lake Havasu and Lake Mohave basins, with a current entitlement of 260,079 AF/yr. It is also used to meet environmental water demands for the Havasu National Wildlife Refuge in the Sacramento Valley Basin. Elsewhere, groundwater is the primary water supply. Effluent is a potential water supply at locations throughout the planning area, with about 10,200 AF produced annually (Arizona Water Atlas, 2010).

## Central Highlands

The Central Highlands Planning Area is composed of five groundwater basins oriented east-west in central Arizona. This planning area contains areas of higher elevation compared to many other parts of the state and is characterized by narrow valleys separated by steep mountain ranges. Elevation ranges from 1,500 feet to over 12,600 feet. Parts of nine counties are located within the planning area including Apache, Coconino, Gila, Graham, Greenlee, Maricopa, Navajo, Pinal, and Yavapai counties. There are four Indian reservations within the planning area; the Fort Apache (White Mountain Apache Tribe), San Carlos Apache, Tonto-Apache, and Yavapai-Apache Indian Reservations (Arizona Water Atlas, 2010).

The 2000 Census planning area population was approximately 142,850. Payson is the largest metropolitan area with about

## Oferta de Agua

Los suministros de agua en el área de planificación del Río Colorado Alto incluyen el agua del Río Colorado, otras aguas superficiales, aguas subterráneas y efluentes. El agua del río Colorado es el suministro de agua principal en las cuencas de Lake Havasu y Lake Mohave, con un derecho actual de 320.80 Mm<sup>3</sup>/ año. También se utiliza para satisfacer las demandas ambientales de agua para el Refugio Nacional de Vida Silvestre Havasu en la Cuenca del Valle de Sacramento. En otros lugares, el agua subterránea es el suministro primario de agua. El efluente es un posible suministro de agua en lugares a lo largo del área de planificación, con aproximadamente 12.58 Mm<sup>3</sup> producidos anualmente (Arizona Water Atlas, 2010).

## Tierras Altas Centrales

El Área de Planificación de las Tierras Altas Centrales está compuesta por cinco cuencas de agua subterránea orientadas de este a oeste en el centro de Arizona. Esta área de planificación contiene áreas de mayor elevación en comparación con muchas otras partes del estado y se caracteriza por valles estrechos separados por cordilleras empinadas. La elevación varía de 457 msnm a más de 3840 msnm. Partes de nueve condados se encuentran dentro del área de planificación, incluidos los condados de Apache, Coconino, Gila, Graham, Greenlee, Maricopa, Navajo, Pinal y Yavapai. Hay cuatro reservas indígenas dentro del área de planificación; el Fuerte Apache (Tribu White Mountain Apache), San Carlos Apache, Tonto-Apache y Yavapai-Apache (Arizona Water Atlas, 2010).

La población del área de planificación del Censo 2000 fue de aproximadamente 142,850. Payson es el área metropolitana más

13,600 residents in 2000. Other population centers include Camp Verde, Cottonwood/Verde Village/Clarkdale, Globe/Miami and Sedona. The Arizona Department of Economic Security population projections forecast an additional 100,000 residents by 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Water Demand

Water demand in the Central Highlands Planning Area averaged approximately 83,200 AF/yr during the period from 2001 to 2005. The agricultural demand sector was the largest use sector with approximately 37,500 AF of demand, or 45% of the total. Most agricultural demand was located in the Verde River and Salt River basins. About 62% of the agricultural demand was met by surface water diverted primarily from the Verde and Salt rivers and from Tonto Creek (Arizona Water Atlas, 2010).

Municipal demand was the second largest water demand sector with about 33% of the total planning area demand or an annual average of 27,400 AF during the period 2001-2005. Municipal demand is primarily met by groundwater. Industrial demand, mainly related to mining, accounted for 18,300 AF, or 22% of the total average demand during this period. Almost all the surface water diverted for industrial purposes, about 5,700 AF/yr during 2001-2005, was transported out of the planning area for use at the Morenci Mine in the Southeastern Arizona Planning Area, as shown in Table 4 (Arizona Water Atlas, 2010).

grande con aproximadamente 13,600 residentes en 2000. Otros centros de población incluyen Camp Verde, Cottonwood / Verde Village / Clarkdale, Globe / Miami y Sedona. Las proyecciones de población del Departamento de Seguridad Económica de Arizona pronosticaron 100,000 residentes adicionales para 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Demanda de Agua

La demanda de agua en el Área de Planificación de las Tierras Altas Centrales promedió aproximadamente 102.63 Mm<sup>3</sup> / año durante el período de 2001 a 2005. El sector de la demanda agrícola fue el sector de mayor uso, con aproximadamente 46.26 Mm<sup>3</sup> de demanda, o el 45% del total. La mayor demanda agrícola se ubicó en las cuencas del río Verde y del río Salado. Alrededor del 62% de la demanda agrícola se cubrió con aguas superficiales desviadas principalmente de los ríos Verde y Salt y de Tonto Creek (Arizona Water Atlas, 2010).

La demanda municipal fue el segundo sector con mayor demanda de agua, con aproximadamente el 33% de la demanda total del área de planificación o un promedio anual de 33.80 Mm<sup>3</sup> durante el período 2001-2005. La demanda municipal se satisface principalmente por el agua subterránea. La demanda industrial, principalmente relacionada con la minería, representó 22.57 Mm<sup>3</sup>, o el 22% de la demanda promedio total durante este período. Casi toda el agua superficial desviada para fines industriales, aproximadamente 7.03 Mm<sup>3</sup> / año durante 2001-2005, se transportó fuera del área de planificación para su uso en la Mina Morenci en el Área de Planificación del Sureste de Arizona, como se muestra en la Tabla 4 (Atlas de Agua de Arizona, 2010).

**Table/Tabla 4**      **Average annual water demands for the Central Highlands Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**  
**Promedio anual de demandas de agua para el área de planificación de Central Highlands, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA ÁREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIAL		REUSE EFFLUENT REÚSO DE EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	26,000	32.07	750	0.93	1,180	1.46
Industrial	12,250	15.11	5,700	7.03	0	0
Agricultural / Agrícola	14,100	17.39	23,400	28.86	0	0
<b>Total</b>	<b>52,350</b>	<b>64.57</b>	<b>29,850</b>	<b>36.82</b>	<b>1,180</b>	<b>1.46</b>

### Water Supply

Water supplies in the Central Highlands Planning Area include surface water, groundwater and effluent. Central Arizona Project (CAP) water diverted from the Colorado River via the CAP canal is stored in the planning area but is not utilized within it. Surface water from local streams is used extensively for agricultural irrigation in the Verde River Basin and to some extent in the Salt River Basin where it is also diverted to meet mining demand, primarily outside of the planning area (Arizona Water Atlas, 2010).

Dams and reservoirs on the Salt and Verde rivers are operated by SRP to store and release water for the benefit of agricultural, municipal and industrial users in the Phoenix metropolitan area. These supplies are generally not available for use in the planning area except for small amounts used for recreation and other purposes at each reservoir (Arizona Water Atlas, 2010).

### Oferta de Agua

Los suministros de agua en el Área de Planificación de las Tierras Altas Centrales incluyen aguas superficiales, aguas subterráneas y efluentes. El agua del Proyecto de Arizona Central (PAC) desviada del río Colorado a través del canal PAC se almacena en el área de planificación, pero no se utiliza dentro de él. El agua superficial de los arroyos locales se usa ampliamente para el riego agrícola en la cuenca del río Verde y, en cierta medida, en la cuenca del río Salt, donde también se desvía para satisfacer la demanda minera, principalmente fuera del área de planificación (Arizona Water Atlas, 2010).

Las presas y embalses en los ríos Salt y Verde son operados por SRP para almacenar y liberar agua en beneficio de los usuarios agrícolas, municipales e industriales en el área metropolitana de Phoenix. En general, estos suministros no están disponibles para su uso en el área de planificación, a excepción de pequeñas cantidades utilizadas para

High elevations, steep topography and extensive areas of bedrock in the Central Highlands Planning Area translate into relatively minimal groundwater storage capabilities and high runoff. These conditions result in limited, drought-sensitive water supplies for some communities, such as Pine, Strawberry, Payson, Black Canyon City and Mayer (Arizona Water Atlas, 2010).

Effluent is a water supply for golf course irrigation in the Tonto Creek and Verde River basins, totaling about 1,000 AF within the planning area. In total, about 9,500 AF of effluent are currently generated annually within the planning area.

In total, it is estimated that about 36% of the total water demand in the planning area is met with surface water. Groundwater is the primary water supply in the planning area, accounting for about 63% of the demand. Effluent is utilized for golf course irrigation, contributing 1% of the planning area's water supply (Arizona Water Atlas, 2010).

## Western Plateau

The Western Plateau Planning Area is composed of six groundwater basins located in northwestern Arizona. About half of the planning area lies in the part of Arizona north of the Colorado River. The planning area contains large tracts of

finés recreativos y otros propósitos en cada reservorio (Arizona Water Atlas, 2010).

Las altas elevaciones, la topografía escarpada y las extensas áreas de lecho rocoso en el Área de Planificación de las Tierras Altas Centrales se traducen en capacidades de almacenamiento de agua subterránea relativamente mínimas y un alto escurrimiento. Estas condiciones dan como resultado un suministro limitado de agua sensible a la sequía para algunas comunidades, como Pine, Strawberry, Payson, Black Canyon City y Mayer (Arizona Water Atlas, 2010).

El efluente es un suministro de agua para el riego de campos de golf en las cuencas de los ríos Tonto Creek y Verde, que totalizan aproximadamente 1.23 Mm<sup>3</sup> dentro del área de planificación. En total, alrededor de 11.72 Mm<sup>3</sup> de efluentes se generan actualmente anualmente dentro del área de planificación.

En total, se estima que alrededor del 36% de la demanda total de agua en el área de planificación se cubre con agua superficial. El agua subterránea es el suministro de agua principal en el área de planificación, que representa aproximadamente el 63% de la demanda. El efluente se utiliza para el riego de campos de golf, lo que contribuye al 1% del suministro de agua del área de planificación (Arizona Water Atlas, 2010).

## Meseta Occidental

El área de planificación de la meseta occidental se compone de seis cuencas de agua subterránea ubicadas en el noroeste de Arizona. Alrededor de la mitad del área de planificación se encuentra en la parte de Arizona al norte del río Colorado. El área de planificación

federally protected lands including almost all of Grand Canyon National Park. Elevations range from over 12,000 feet on the San Francisco Peaks to about 1,200 feet at Lake Mead. Nearly half (46%) of Coconino County and 38% of Mohave County are contained within the planning area as well as all or portions of four Indian reservations including the Havasupai, Hualapai, Kaibab-Paiute and Navajo.

The planning area is relatively sparsely populated. The 2000 Census planning area population was approximately 17,500. Colorado City is the largest community with about 4,150 residents in 2006. Other population centers include Williams, Fredonia, Grand Canyon Village, the Beaver Dam/Littlefield area, and Cameron on the Navajo Reservation. The Arizona Department of Economic Security population projections forecast 35,000 residents by 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Water Demand

Between 2001 and 2005, an average of over 9,600 AF of water was used annually in the planning area for agricultural, municipal and industrial uses. Of this total demand, approximately 6,000 AF was from well pumpage, 3,300 AF was from surface water diversions and almost 300 AF was effluent reuse. Agriculture was the largest demand sector with approximately 4,600 AF of demand a year or 52% of the total demand. The municipal sector demand averaged about 4,000 AF/yr and industrial demand averaged almost 1,000 AF/yr (Arizona Water Atlas, 2010).

contiene grandes extensiones de tierras protegidas por el gobierno federal que incluyen casi todo el Parque Nacional del Gran Cañón. Las elevaciones varían desde más de 3658 msnm en los picos de San Francisco hasta alrededor de 366 msnm en el lago Mead. Casi la mitad (46%) del Condado de Coconino y el 38% del Condado de Mohave se encuentran dentro del área de planificación, así como la totalidad o parte de las cuatro reservas indígenas, que incluyen Havasupai, Hualapai, Kaibab-Paiute y Navajo.

El área de planificación está relativamente poco poblada. La población del área de planificación del Censo 2000 era aproximadamente 17,500. Colorado City es la comunidad más grande con aproximadamente 4,150 residentes en 2006. Otros centros de población incluyen Williams, Fredonia, Grand Canyon Village, el área de Beaver Dam / Littlefield y Cameron en la reserva Navajo. Las proyecciones de población del Departamento de Seguridad Económica de Arizona pronosticaron 35,000 residentes para 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Demanda de Agua

Entre 2001 y 2005, se usó un promedio anual de más de 11.84 Mm<sup>3</sup> de agua en el área de planificación para usos agrícolas, municipales e industriales. De esta demanda total, aproximadamente 7.40 Mm<sup>3</sup> provinieron del bombeo de pozos, 4.07 Mm<sup>3</sup> provinieron de desvíos de agua de superficiales y casi 0.37 Mm<sup>3</sup> provino del reúso de efluentes. La agricultura fue el sector de mayor demanda con aproximadamente 5.67 Mm<sup>3</sup> de demanda al año o el 52% de la demanda total. La demanda del sector municipal promedió

Total water demand in the Western Plateau Planning Area averaged approximately 9,600 AF/yr during the period 2001-2005. The agricultural demand sector was the largest use sector with approximately 4,600 AF of demand, or 48% of the total. Municipal demand represented about 42% of the total planning area demand with an average of approximately 4,000 AF/yr during the period 2001-2005. Industrial demand, primarily related to golf course irrigation, accounted for more than 900 AF/yr, or 10% of the total demand during this period. Tribal water demand is included in these totals, as shown in Table 5 (Arizona Water Atlas, 2010).

aproximadamente 4.93 Mm<sup>3</sup>/ año y la demanda industrial promedió casi 1.23 Mm<sup>3</sup>/ año (Arizona Water Atlas, 2010).

La demanda total de agua en el área de planificación de la Meseta Occidental promedió aproximadamente 11.84 Mm<sup>3</sup>/ año durante el período 2001-2005. El sector de la demanda agrícola fue el sector de mayor uso con aproximadamente 5.67 Mm<sup>3</sup> de demanda, o el 48% del total. La demanda municipal representó alrededor del 42% de la demanda total del área de planificación, con un promedio de aproximadamente 4.93 Mm<sup>3</sup>/ año durante el período 2001-2005. La demanda industrial, principalmente relacionada con el riego en campos de golf, representó más de 1.11 Mm<sup>3</sup>, o el 10% de la demanda total durante este período. La demanda de agua tribal se incluye en estos totales, como se muestra en la Tabla 5 (Arizona Water Atlas, 2010).

**Table/Tabla 5 Average annual water demands for the Western Plateau Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**  
**Promedio anual de demandas de agua para el área de planificación de la meseta occidental, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA AREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIAL		REUSE EFFLUENT REUTILIZAR EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	2,700	3.33	1,300	1.60	273	0.34
Industrial	700	0.86	150	0.19	0	0
Agricultural / Agrícola	2,600	3.21	2,000	2.47	0	0
<b>Total</b>	<b>6,000</b>	<b>7.4</b>	<b>3,450</b>	<b>4.26</b>	<b>273</b>	<b>0.34</b>

## Water Supply

Water supplies in the Western Plateau Planning Area include groundwater, surface water and effluent. Groundwater is the primary water supply, accounting for about 63% of the demand. Surface water is used for agriculture in the Virgin River and Kanab Plateau basins and for municipal use in the Coconino Plateau and Kanab Plateau basins. It is estimated that about 34% of the total water demand is met with surface water. Effluent is utilized for golf course irrigation and for landscape irrigation, toilet flushing and other uses in the Coconino Plateau Basin, contributing 3% of the planning area's water supply (Arizona Water Atlas, 2010).

Surface water from Roaring Springs, is the primary water supply for both the North and South Rims of the Grand Canyon. The City of Williams historically relied on surface water reservoirs to collect inflow from snowmelt. However, due to ongoing drought, the community utilized primarily groundwater in recent years. Havasu Creek is both a municipal and agricultural supply for the Havasupai Tribe at Supai. Surface water from Kanab Creek has been used for irrigation in the Fredonia area (ADWR, 1998). The springs at Pipe Springs National Monument have historically been used for domestic, ranching and farming purposes. In the Virgin River Basin, a small amount of surface water is diverted from Beaver Dam Wash for golf course irrigation (Arizona Water Atlas, 2010).

Groundwater is the principal water supply for municipal, industrial and agricultural users in the planning area where it is pumped from relatively shallow local aquifers or from deep regional aquifers. Groundwater is an agricultural water supply in the Beaver Dam area in the Virgin River Basin and in the Kanab

## Oferta de Agua

Los suministros de agua en el área de planificación de Western Plateau incluyen aguas subterráneas, aguas superficiales y efluentes. El agua subterránea es el principal suministro de agua, que representa alrededor del 63% de la demanda. El agua superficial se utiliza para el riego agrícola en las cuencas de los ríos Virgin y Kanab y para el uso municipal en las cuencas de Coconino y Kanab. Se estima que alrededor del 34% de la demanda total de agua se cubre con agua superficial. Los efluentes se utilizan para el riego de campos de golf, para el riego de jardines, la descarga de inodoros y otros usos en la Cuenca de la Meseta de Coconino, que representan el 3% del suministro de agua del área de planificación (Arizona Water Atlas, 2010).

El agua superficial de Roaring Springs, es el suministro de agua principal para los bordes norte y sur del Gran Cañón. La ciudad de Williams históricamente dependió de los reservorios de aguas superficiales para recolectar los flujos de los deshielos. Sin embargo, como resultado y debido a la continua sequía, la comunidad ha utilizado principalmente agua subterránea en los últimos años. Havasu Creek es un suministro municipal y agrícola para la tribu Havasupai en Supai. El agua superficial de Kanab Creek se ha utilizado para el riego en el área de Fredonia (ADWR, 1998). Los manantiales en el Monumento Nacional Pipe Springs se han utilizado históricamente para fines domésticos, ganaderos y agrícolas. En la cuenca del río Virgin, una pequeña cantidad de agua superficial se desvía de Beaver Dam Wash para el riego en campos de golf (Arizona Water Atlas, 2010).

El agua subterránea es el principal suministro de agua para los usuarios municipales, industriales y agrícolas en el área de



Plateau Basin at Colorado City, Fredonia, and Moccasin/Kaibab. Groundwater pumpage averaged about 6,000 AF during the period 2001 to 2005 (Arizona Water Atlas, 2010).

Almost 300 AF/yr of water demand for golf course irrigation and municipal uses was met by effluent during the 2001-2005 time period. Effluent treated at the South Grand Canyon Treatment Plant is used for toilet flushing in hotels and businesses and for landscape irrigation. Effluent generated and treated at Valle is used for landscape irrigation and fire protection (Pinkham and Davis, 2002).

## Lower Colorado River

The Lower Colorado River Planning Area is composed of eleven groundwater basins in southwestern Arizona. The planning area contains the driest and hottest portions of the State. Large expanses of federal lands consisting of military reservations, wildlife refuges and national monuments are located in the planning area. Elevations range from over 7,700 feet in the Baboquivari Mountains along the southeastern boundary of the planning area to about 70 feet at the Colorado River where it enters Mexico. All of Yuma County and most of La Paz County are contained within the planning area as well as portions of Maricopa, Pima, and Yavapai counties. Five Indian reservations including the Cocopah, Colorado River Indian Tribes, Gila Bend,

planificación donde se bombea desde acuíferos locales relativamente poco profundos o desde acuíferos regionales profundos. El agua subterránea es un suministro de agua agrícola en el área de Beaver Dam en la cuenca del río Virgin y en la cuenca de Kanab Plateau en la ciudad de Colorado, Fredonia y Moccasin / Kaibab. El bombeo de agua subterránea promedió fue de alrededor de 7.40 Mm<sup>3</sup> durante el período 2001 a 2005 (Arizona Water Atlas, 2010).

La demanda de agua de casi 0.37 Mm<sup>3</sup>/año durante el período 2001-2005 para el riego de campos de golf y usos municipales fue satisfecha por los efluentes. Los efluentes tratados en la planta de tratamiento del sur del Gran Cañón se utilizan para la descarga de inodoros en hoteles y negocios y para el riego de jardines. Los efluentes generados y tratados en “Valle” se utilizan para el riego de jardines y la protección contra incendios (Pinkham y Davis, 2002).

## Río Colorado Bajo

El área de planificación del Río Colorado Bajo está compuesta por once cuencas de agua subterránea en el suroeste de Arizona. El área de planificación contiene las partes más secas y calientes del estado. Grandes extensiones de tierras federales que consisten en reservas militares, refugios de vida silvestre y monumentos nacionales se encuentran en el área de planificación. Las elevaciones varían desde más de 2,347 msnm en las montañas Baboquivari a lo largo del límite sureste del área de planificación hasta aproximadamente 21 msnm en el río Colorado, donde ingresa a México. Todos los condados de Yuma y la mayor parte de los condados de La Paz se encuentran dentro del área de planificación, así como partes de los condados de Maricopa, Pima y Yavapai. Cinco reservas indígenas, incluyendo Cocopah, Tribus

Fort Yuma-Quechan and Tohono O'odham are located within the planning area. One of the planning area basins, Harquahala, has been designated as an irrigation non-expansion area due to insufficient groundwater to provide a reasonably safe supply for irrigation (Arizona Water Atlas, 2010).

Although much of the planning area is relatively sparsely populated, there are several major population centers, particularly in the Yuma area. The 2017 Census Yuma County population estimate is 207,534. Yuma is the largest community with an estimated 95,502 residents in 2017. Other population centers include Fortuna Foothills and San Luis located near Yuma, Parker/Parker Strip, Ajo, Gila Bend and Quartzsite. The Arizona Department of Economic Security population projections forecast 305,900 residents by 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Water Demand

Water demand in the Lower Colorado River Planning Area averaged approximately 2,899,700 AF/yr during the period from 2001-2005, as shown in Table 6. Almost 98% of this demand is by the agricultural sector with approximately 2,835,100 AF of annual demand. About 66% of the agricultural demand is met by surface water, of which all but 3% is Colorado River water. Municipal demand averaged 51,000 AF/yr during the period 2001-2005. Municipal demand is primarily met by Colorado River water and the municipal sector is the only sector that utilizes effluent. Industrial demand, primarily related to dairies and feedlots,

Indígenas del Río Colorado, Gila Bend, Fort Yuma-Quechan y Tohono O'odham están ubicadas dentro del área de planificación. Una de las cuencas del área de planificación, Harquahala, ha sido designada como área de no expansión debido a la falta de agua subterránea para proporcionar un suministro de irrigación razonablemente seguro (Arizona Water Atlas, 2010).

Aunque gran parte del área de planificación está relativamente poco poblada, existen varios centros de población importantes, particularmente en el área de Yuma. La población del área de planificación del Censo 2000 fue de aproximadamente 194,100. Yuma es la comunidad más grande con más de 91,000 residentes en 2006. Otros centros de población incluyen Fortuna Foothills y San Luis ubicados cerca de Yuma, Parker / Parker Strip, Ajo, Gila Bend y Quartzsite. Las proyecciones de población del Departamento de Seguridad Económica de Arizona pronosticaron 305,900 residentes para 2030 (Arizona Water Atlas, 2010).

### Demanda de Agua

La demanda de agua en el área de planificación del Río Colorado Bajo promedió aproximadamente 3,576.73 Mm<sup>3</sup>/año durante el período 2001-2005, como se muestra en la Tabla 6. Casi el 98% de esta demanda corresponde al sector agrícola, con aproximadamente 3,497.04 Mm<sup>3</sup> de demanda anual. Alrededor del 66% de la demanda agrícola se satisface por agua superficial, de la cual toda menos el 3% es agua del río Colorado. La demanda municipal promedió 62.91 Mm<sup>3</sup>/año durante el período 2001-2005. La demanda municipal se satisface principalmente con el agua del río Colorado y el sector municipal es el único sector que utiliza efluentes. La demanda industrial, principalmente relacionada con las lecherías y los corrales

averaged 13,560 AF/yr during this period. Tribal water demand is included in these totals. (Arizona Water Atlas, 2010).

de engorde, promedió 16.73 Mm<sup>3</sup>/año durante este período. La demanda tribal de agua se incluye en estos totales. (Arizona Water Atlas, 2010).

**Table/Tabla 6 Average annual water demands for the Lower Colorado Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)  
 Promedio anual de demandas de agua para el área de planificación del Bajo Colorado, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA AREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIAL		REUSE EFFLUENT REUTILIZAR EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	18,400	22.70	33,000	40.70	680	0.84
Industrial	9,600	11.84	2,300	2.84	0	0
Agricultural / Agrícola	935,700	1,154.17	1,899,400	2,342.88	0	0
<b>Total</b>	<b>963,700</b>	<b>1,187.71</b>	<b>1,934,700</b>	<b>2386.42</b>	<b>680</b>	<b>0.84</b>

### Water Supply

Water supplies in the Lower Colorado River Planning Area include groundwater, surface water, Central Arizona Project water and effluent. Colorado River water is the major supply in the Lower Gila, Parker and Yuma basins and CAP water is the largest supply in the Harquahala Basin. Gila River water combined with effluent discharge from the Phoenix Active Management Area is an agricultural supply in the Gila Bend Basin. Elsewhere, groundwater is the primary water supply. Colorado River water is also used to meet environmental needs at the Imperial Wildlife Refuge in the Parker and Lower Gila basins (Arizona Water Atlas, 2010). The Lower Colorado River Planning Area has a Colorado

### Oferta de Agua

Los suministros de agua en el Área de Planificación del Río Colorado Bajo incluyen agua subterránea, agua superficial, agua del Proyecto de Arizona Central (PAC) y efluentes. El agua del río Colorado es el suministro principal en las cuencas de Lower Gila, Parker y Yuma, y el agua PAC es la fuente más grande en la cuenca de Harquahala. El agua del río Gila combinada con la descarga de efluentes del Área de Administración Activa de Phoenix es un suministro agrícola en la Cuenca de Gila Bend. En otros lugares, el agua subterránea es el suministro primario de agua. El agua del río Colorado también se usa para satisfacer las necesidades ambientales en el Refugio de Vida Silvestre Imperial en las cuencas de Parker y Lower Gila (Arizona Water Atlas, 2010). El área de planificación del río Colorado inferior

River consumptive use entitlement of 1,676,209 AF/yr (Arizona Water Atlas, 2010).

Groundwater is an abundant and dependable water supply throughout the planning area with relatively large volumes of groundwater in storage and high well yields in many basins. However, there are widespread occurrences of high fluoride and arsenic levels in the groundwater and high salinity levels in many agricultural areas. Importation of Colorado River water to areas in the Lower Gila and Yuma basins has locally raised groundwater levels and changed groundwater flow directions, requiring drainage wells and exportation of groundwater out of the basins (Arizona Water Atlas, 2010).

Approximately 16,300 AF/yr of wastewater is treated in the planning area. Less than 700 AF of treated effluent is used annually for seven golf courses. Effluent discharged to the Gila River from the Phoenix Active Management Area is an agricultural water supply in the Gila Bend Basin, but the precise volume used is not quantified (Arizona Water Atlas, 2010).

### Active Management Planning Areas

The Active Management Area Planning Area is composed of five groundwater basins located in the central and south-central parts of the state. These include the Santa Cruz, Tucson, Pinal, Phoenix, and Prescott Active Management Areas, all located in portions of Santa Cruz, Pima, Pinal, and Maricopa counties as well as the central portion of Yavapai County. There are seven Indian

tiene un derecho de uso consuntivo del río Colorado de 2,067.57 Mm<sup>3</sup>/año (Arizona Water Atlas, 2010).

El agua subterránea es un suministro de agua abundante y confiable en toda el área de planificación con volúmenes relativamente grandes de almacenamiento y altos rendimientos de pozos en muchas cuencas. Sin embargo, hay una gran presencia de niveles altos de fluoruro y arsénico en las aguas subterráneas y niveles altos de salinidad en muchas áreas agrícolas. La importación de agua del Río Colorado a las áreas en las cuencas del Bajo Gila y Yuma ha incrementado localmente los niveles de agua subterránea y ha cambiado las direcciones del flujo de agua subterránea, requiriendo pozos de drenaje y exportación de agua subterránea fuera de las cuencas (Arizona Water Atlas, 2010).

Aproximadamente 20.11 Mm<sup>3</sup>/año de aguas residuales se tratan en el área de planificación. Menos de 700 AF de efluentes tratados se usan anualmente en siete campos de golf. El efluente descargado al río Gila desde el Área de Administración Activa de Phoenix es un suministro de agua para la agricultura en la Cuenca de Gila Bend, pero el volumen exacto utilizado no está cuantificado (Arizona Water Atlas, 2010).

### Áreas de Manejo Activo

El Área de Planificación de las “Área de Manejo Activo” está compuesta por cinco cuencas de agua subterránea ubicadas en las partes central y sur central del estado. Estas incluyen las Áreas de Gestión Activa de Santa Cruz, Tucson, Pinal, Phoenix y Prescott, todas ubicadas en partes de los condados de Santa Cruz, Pima, Pinal y Maricopa, así como la parte central del Condado de Yavapai. Hay

reservations within the planning area including the Tohono O’odham, Pascua Yaqui, Ak-Chin, Gila River, Fort McDowell Yavapai, Salt River Pima-Maricopa and the Yavapai-Prescott. Active Management Areas are required to follow specific groundwater management practices to prevent overuse of the aquifers.

In 2006, just over 82% of the state’s 6.2 million inhabitants lived in the planning area. In 2005, Active Management Area populations ranged from approximately 47,200 residents to over 3,650,000 residents, as shown in Table 7. In 2006 the Arizona Department of Commerce estimated that the state’s population would be approximately 10,348,000 by 2030 and would likely double by 2050 to over 12.8 million people. Most of this growth will occur in the Active Management Area Planning Area.

siete reservas indígenas dentro del área de planificación, incluyendo Tohono O’odham, Pascua Yaqui, Ak-Chin, Gila River, Fort McDowell Yavapai, Salt River Pima-Maricopa y Yavapai-Prescott. Las Áreas de Manejo Activo están obligadas a seguir prácticas específicas de manejo de aguas subterráneas para evitar el uso excesivo de los acuíferos.

En 2006, un poco más del 82% de los 6.2 millones de habitantes del estado vivían en el área de planificación. En 2005, las poblaciones del Área de Manejo Activo variaron de aproximadamente 47,200 residentes a más de 3,650,000 residentes, como se muestra en la Tabla 9. En 2006, el Departamento de Comercio de Arizona estimó que la población del estado sería de aproximadamente 10,348,000 para 2030 y probablemente se duplicaría para 2050 a más de 12.8 millones de personas. La mayor parte de este crecimiento se producirá en el área de planificación del Área de Manejo Activo.

**Table/Tabla 7**      **Arizona’s Active Management Area population projections, 2010 – 2030 (Arizona Water Atlas Executive Summary, 2010)**  
**Proyecciones de población del Área de Manejo Activo de Arizona, 2010 - 2030 (Resumen ejecutivo del atlas de agua de Arizona, 2010)**

ACTIVE MANAGEMENT AREA POPULATION POBLACIÓN DEL ÁREA DE ADMINISTRACIÓN ACTIVA	2010	2020	2030
Phoenix	4,341,229	5,561,461	6,763,848
Pinal	212,699	464,909	624,128
Prescott	137,244	176,560	217,862
Santa Cruz	49,101	60,706	70,343
Tucson	1,059,194	1,285,487	1,488,999
<b>Total</b>	<b>5,799,467</b>	<b>7,549,123</b>	<b>9,165,180</b>

### Water Demand

Between 2001-2005, an average of 3,659,480 AF of water was used annually in the planning area for agricultural, municipal and industrial purposes, as shown in Table 8. Of this total demand, approximately 43% was met with groundwater supplies, 32% was met with Central Arizona Project water, 21% was met with surface water and 4% was met with effluent or reclaimed water. During this period, agriculture was the largest use sector in the planning area with an average annual demand of approximately 2,153,900 AF or 59% of the total planning area demand. Municipal sector demand averaged about 1,273,100 AF/yr (35%) and industrial sector demand averaged about 232,480 AF/yr (6%).

### Demanda de Agua

Entre 2001 y 2005, se utilizó anualmente un promedio de 4,513.90 Mm<sup>3</sup> de agua en el área de planificación para fines agrícolas, municipales e industriales, como se muestra en la Tabla 8. De esta demanda total, aproximadamente el 43% se cubrió con suministros de agua subterránea, el 32% se reunió con agua del Proyecto de Arizona Central, el 21% se reunió con agua de superficie y el 4% se reunió con efluentes o aguas recuperadas. Durante este período, la agricultura fue el sector de mayor uso en el área de planificación, con una demanda anual promedio de aproximadamente 2,656.80 Mm<sup>3</sup> o el 59% de la demanda total del área de planificación. La demanda del sector municipal promedió aproximadamente 1,579.35 Mm<sup>3</sup>/año (35%) y la demanda del sector industrial promedió cerca de 86.76 Mm<sup>3</sup>/año (6%).

**Table/Tabla 8 Average annual water demands for the Active Management Area Planning Area, 2001 – 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**  
**Promedio anual de demandas de agua para el Área de planificación del Área de Manejo Activo, 2001 - 2005 (Arizona Water Atlas, 2010)**

PLANNING AREA ÁREA DE PLANIFICACION	GROUNDWATER AGUA SUBTERRÁNEA		SURFACE WATER DIVERSIONS DIVERSIONES DE AGUA SUPERFICIAL		REUSE EFFLUENT REUTILIZAR EFLUENTE	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Municipal	466,800	575.79	750,200	925.36	56,200	69.32
Industrial	156,300	192.79	11,880	14.65	68,200	84.12
Agricultural / Agrícola	962,400	1,187.10	1,160,200	1,431.09	58,200	71.79
<b>Total</b>	<b>1,585,500</b>	<b>1955.68</b>	<b>1,922,280</b>	<b>2,371.10</b>	<b>182,600</b>	<b>225.23</b>

## Water Supply

The Active Management Areas have diversified water sources that include local groundwater and surface water as well as imported Colorado River water from the Central Arizona Project, reclaimed water, and water available from trading and banking credits from various sources. Overall, the region has shifted away from groundwater, both because of demand shifts from irrigation to municipal and to avoid severe depletion of aquifers.

The City of Phoenix relies on the Salt River Project, the Central Arizona Project, reclaimed water, and groundwater. Both the Salt River Project and the Central Arizona Project supplies can vary significantly year to year, and are reliant on water rights, contracts, leases, exchanges, storage credits, and other mechanisms. Groundwater is used through a system of recharge and pumping permits. Reclaimed wastewater effluent is used extensively: approximately 36% of the fresh water used in the city is used to meet non-potable demands.

Water quality concerns are present with each of the sources described. Total dissolved solids concentrations have been estimated at 300-400 milligrams per liter (mg/L) for the Verde River, 580-630 mg/L for the Colorado River, 750-900 mg/L for the Salt River, and 800-1400 mg/L for reclaimed water sources, which are used as non-potable supplies (City of Phoenix 2011 Water Resource Plan, p. 29).

## Oferta de Agua

Las Áreas de Manejo Activo han diversificado las fuentes de agua para incluir el agua subterránea y superficial local, así como el agua del Río Colorado importada del Proyecto de Arizona Central, el agua recuperada y el agua disponible de los créditos comerciales y bancarios de diversas fuentes. En general, la región se ha alejado de las aguas subterráneas, como resultado de los cambios en la demanda de riego municipal y en un esfuerzo por evitar el agotamiento severo de los acuíferos.

La Ciudad de Phoenix se basa en el Proyecto del río Salt, el Proyecto del centro de Arizona, el agua recuperada y el agua subterránea. Tanto el suministro del Proyecto del Río Salt como el Proyecto de Arizona Central pueden variar significativamente de un año a otro, y dependen de los derechos de agua, contratos, arrendamientos, intercambios, créditos de almacenamiento y otros mecanismos. El efluente de aguas residuales recuperado se usa ampliamente: aproximadamente el 36% del agua dulce utilizada en la ciudad se utiliza para satisfacer las demandas no potables.

Las preocupaciones sobre la calidad del agua están presentes en cada una de las fuentes descritas. Los sólidos disueltos totales influyentes (en miligramos por litro) se estimaron en 300-400 miligramos por litro (mg/L) para el río Verde, 580-630 mg/L para el río Colorado, 750-900 mg/L para el río Salt y 800-1400 mg/L para las fuentes de agua recuperadas, que se utilizan como suministros no potables (Plan de Recursos Hídricos de la Ciudad de Phoenix 2011, p. 29).

## Hydrologic Balance

Hydrologic balances are presented herein for Arizona's Active Management Areas and for the City of Phoenix.

The Active Management Area plans for each of the five areas show the historical demands from 2006 as well as three supply and demand scenarios for 2025. The projections described herein are based on data from 1985 through 2006, which are the most current data readily available. Projections should be handled cautiously considering economic and climate variability in the intervening years that may impact demands and supplies.

The three 2025 demand projection scenarios developed for each Active Management Area consider the following:

- The municipal demand scenarios represent high, medium, and low population growth scenarios;
- The agricultural demand scenarios represent percentages of current irrigation land that will be taken out of production and how much irrigable land will be fully farmed;
- Tribal agricultural demands assume different levels of agricultural growth on tribal lands; and
- Industrial demands refer to population growth and demand for electrical power generation.

The supply scenarios were developed based on the parameters of existing and planned water sources in each management area, varying based on historical availability and supply variability.

## Equilibrio Hidrológico

Los balances hidrológicos se presentan aquí para las Áreas de Manejo Activo de Arizona y para la Ciudad de Phoenix.

Los planes del Área de Manejo Activo para cada una de las cinco áreas muestran las demandas históricas de 2006, así como tres escenarios de oferta y demanda para 2025. Las proyecciones que se describen aquí se basan en datos de 1985 a 2006, que son los datos más actuales disponibles. Las proyecciones deben manejarse con cautela a la luz de la variabilidad económica y climática en los años intermedios que pueden afectar las demandas y los suministros.

Cada una de las áreas ha basado sus proyecciones de demanda en tres escenarios para el presupuesto de agua 2025:

- Los escenarios de demanda municipal representan escenarios de crecimiento de población alto, medio y bajo;
- Los escenarios de demanda agrícola representan porcentajes de las tierras de riego actuales que se eliminarán de la producción y la cantidad de tierras irrigables que se cultivarán completamente;
- Las demandas agrícolas tribales asumen diferentes niveles de crecimiento agrícola en tierras tribales; y
- Las demandas industriales se refieren al crecimiento de la población y la demanda de generación de energía eléctrica.

Los suministros se desarrollan en función de los parámetros de las fuentes de agua existentes y planificadas en cada área de gestión, según la disponibilidad histórica y la variabilidad del suministro.

Los suministros y las demandas desarrolladas en el proceso del Área de Manejo activo se muestran en las Tablas 9 a 13. Los escenarios de



The supplies and demands developed in the active management area process are shown in Tables 9 through 13. The projected 2025 water supply scenarios show that the supplies could vary and may not fully meet the demands. The maximum gap between the lowest supply projection and the highest demand projection is listed below:

- Phoenix: 951,935 AF
- Pinal County: 440,935 AF
- Prescott: 7,748 AF
- Santa Cruz County: Information not available
- Tucson: 143,036 AF

It is important to note that the Santa Cruz Active Management Area was created based more on the complexity of managing water supplies on the border, rather than where growth and aquifer depletion are converging on the other planning areas. Monitoring or reporting have not been developed to the same extent, and only demand data for 2006 are available, and no supply data are available.

suministro de agua proyectados para 2025 muestran que los suministros pueden variar y es posible que no satisfagan completamente las demandas. La brecha máxima entre la proyección de oferta más baja y la proyección de demanda más alta se detalla a continuación:

- Phoenix: 1,174 Mm<sup>3</sup>
- Pinal: 544 Mm<sup>3</sup>
- Prescott: 9 Mm<sup>3</sup>
- Santa Cruz: información no disponible
- Tucson: 176 Mm<sup>3</sup>

Es importante tener en cuenta que el Área de Manejo Activo de Santa Cruz se creó basándose más en la complejidad de la gestión de los suministros de agua en la frontera, en lugar de donde el crecimiento y el agotamiento de los acuíferos convergen en las otras áreas de planificación. El monitoreo o la presentación de informes no se han desarrollado en la misma medida y solo están disponibles los datos de demanda para 2006, y no hay datos de suministro disponibles.

**Table/Tabla 9 Phoenix Active Management Area Supply and Demands (Water Demand and Supply Assessment, 2011)  
 Área de Gestión de Phoenix Activa Suministro y Demandas (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**

PARAMETER PARÁMETRO		2006 HISTORICAL 2006 HISTÓRICO		2025 SCENARIO 1 2025 GUIÓN 1		2025 SCENARIO 2 2025 GUIÓN 2		2025 SCENARIO 3 2025 GUIÓN 3	
		AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Demand/ Demanda	Municipal	1,118,409	1,379.54	1,490,773	1,838.84	1,763,467	2,175.20	2,099,210	2,589.34
	Tribal	225,866	278.60	495,148	610.76	533,315	657.83	567,393	699.87
	Agricultural/ Agrícola	730,025	900.47	331,836	409.31	424,836	524.03	539,356	665.29
	Industrial	161,380	199.06	190,163	234.56	225,666	278.35	253,896	313.18
	<b>Total</b>	<b>2,235,680</b>	<b>2,758</b>	<b>2,507,920</b>	<b>3,093</b>	<b>2,947,284</b>	<b>3,635</b>	<b>3,459,855</b>	<b>4,268</b>
Supply/ Oferta	Groundwater/ Agua subterránea	689,328	850.27	780,996	963.34	925,574	1,141.68	1,132,960	1,397.49
	Reclaimed water/ Agua regenerada	134,060	165.36	206,603	254.84	218,223	269.17	414,295	511.03
	Central Arizona Project/ Proyecto Arizona Central	408,252	503.57	565,676	697.75	737,073	909.17	818,594	1,009.72
	Surface water/ Superficie del agua	856,890	1,056.96	912,364	1,125.38	1,006,885	1,241.97	1,046,825	1,291.24
	In-Lieu Groundwater/ Agua subterránea en lugar	147,149	181.51	42,281	52.15	59,530	73.43	47,181	58.20
	<b>Total</b>	<b>2,235,680</b>	<b>2,757.67</b>	<b>2,507,920</b>	<b>3,093.47</b>	<b>2,947,284</b>	<b>3,635.42</b>	<b>3,459,855</b>	<b>4,267.67</b>

**Table/Tabla 10 Pinal Active Management Area Supply and Demands (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**  
**Área de Gestión de Pinal Activa Suministro y Demandas (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**

PARAMETER PARÁMETRO		2006 HISTORICAL 2006 HISTÓRICO		2025 SCENARIO 1 2025 GUIÓN 1		2025 SCENARIO 2 2025 GUIÓN 2		2025 SCENARIO 3 2025 GUIÓN 3	
		AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Demand/ Demanda	Municipal	32,968	40.67	112,809	139.15	121,175	149.47	160,273	197.69
	Tribal	156,125	192.58	154,234	190.24	195,401	241.02	239,479	295.39
	Industrial	20243	24.97	25189	31.07	31,042	38.29	43,676	53.87
	Agricultural/ Agrícola	819,894	1,011.32	588,157	725.48	689,180	850.09	877,896	1,082.87
	<b>Total</b>	<b>1,029,230</b>	<b>1,269.54</b>	<b>880,389</b>	<b>1,085.94</b>	<b>1,036,797</b>	<b>1,278.87</b>	<b>1,321,324</b>	<b>1,629.83</b>
Supply/Oferta	Groundwater/ Agua subterránea	435,453	537.12	391,838	483.33	545,662	673.06	825,211	1,017.88
	Reclaimed water/ Agua regenerada	4,805	5.93	6,180	7.62	6,678	8.24	9,129	11.26
	Central Arizona Project/ Proyecto Arizona Central	346,741	427.70	320,143	394.89	325,489	401.48	332,853	410.57
	Surface water/ Superficie del agua	102,615	126.57	148,655	183.36	148,655	183.36	148,655	183.36
	In-Lieu Groundwater/ Agua subterránea en lugar	139,616	172.21	13,572	16.74	10,313	12.72	5,475	6.75
	<b>Total</b>	<b>1,029,230</b>	<b>1,269.54</b>	<b>880,389</b>	<b>1,085.94</b>	<b>1,036,797</b>	<b>1,278.87</b>	<b>1,321,324</b>	<b>1,629.83</b>

**Table/Tabla 11 Prescott Active Management Area Supply and Demands (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**  
**Área de Gestión de Prescott Activa Suministro y Demandas (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**

PARAMETER PARÁMETRO		2006 HISTORICAL 2006 HISTÓRICO		2025 SCENARIO 1 2025 GUIÓN 1		2025 SCENARIO 2 2025 GUIÓN 2		2025 SCENARIO 3 2025 GUIÓN 3	
		AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Demand/ Demanda	Municipal	19,015	23.45	28,651	35.34	30,703	37.87	32,921	40.61
	Agricultural/ Agrícola	2,847	3.51	783	0.97	1,329	1.64	2,847	3.51
	Industrial	1,486	1.83	1,640	2.02	2,140	2.64	2,784	3.43
	<b>Total</b>	<b>23,348</b>	<b>28.80</b>	<b>31,074</b>	<b>38.33</b>	<b>34,172</b>	<b>42.15</b>	<b>38,552</b>	<b>47.55</b>
Supply/Oferita	Groundwater/ Agua subterránea	20,337	25.09	24,860	30.66	26,376	32.53	29,447	36.32
	Reclaimed water/ Agua regenerada	2,657	3.28	4,744	5.85	6,325	7.80	7,635	9.42
	Surface water/ Superficie del agua	355	0.44	1,470	1.81	1,470	1.81	1,470	1.81
	<b>Total</b>	<b>23,348</b>	<b>28.80</b>	<b>31,074</b>	<b>38.33</b>	<b>34,172</b>	<b>42.15</b>	<b>38,552</b>	<b>47.55</b>

**Table/Tabla 12 Santa Cruz Active Management Area Supply and Demands (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**  
**Área de Gestión de Santa Cruz Activa Suministro y Demandas (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**

PARAMETER PARÁMETRO		2006 HISTORICAL 2006 HISTÓRICO		2025 SCENARIO 1 2025 GUIÓN 1		2025 SCENARIO 2 2025 GUIÓN 2		2025 SCENARIO 3 2025 GUIÓN 3	
		AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Demand/ Demanda	Municipal	7,543	9.30	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Agricultural/ Agrícola	12,746	15.72	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	Industrial	1,611	1.99	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	<b>Total</b>	<b>21,900</b>	<b>27.01</b>	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

n/a – Information not available/ Información no disponible.

**Table/Tabla 13 Tucson Active Management Area Supply and Demands (Water Demand and Supply Assessment, 2011)  
 Área de Gestión de Tucson Activa Suministro y Demandas (Water Demand and Supply Assessment, 2011)**

PARAMETER PARÁMETRO		2006 HISTORICAL 2006 HISTÓRICO		2025 SCENARIO 1 2025 GUIÓN 1		2025 SCENARIO 2 2025 GUIÓN 2		2025 SCENARIO 3 2025 GUIÓN 3	
		AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Demand/ Demanda	Municipal	188,967	233.09	251,018	309.63	279,264	344.47	308,237	380.20
	Tribal	11,678	14.40	19,033	23.48	21,455	26.46	34,043	41.99
	Agricultural/ Agrícola	87,755	108.24	57,038	70.36	71,342	88.00	112,245	138.45
	Industrial	53,084	65.48	55,682	68.68	63,782	78.67	71,282	87.93
	<b>Total</b>	<b>341,484</b>	<b>421.21</b>	<b>382,771</b>	<b>472.14</b>	<b>435,843</b>	<b>537.60</b>	<b>525,807</b>	<b>648.57</b>
Supply/ Oferta	Groundwater/ Agua subterránea	216,850	267.48	137,113	169.13	185,008	228.20	259,254	319.79
	Central Arizona Project/ Proyecto Arizona Central	88,399	109.04	198,782	245.19	202,136	249.33	216,024	266.46
	Surface water/ Superficie del agua	610	0.75	400	0.49	400	0.49	400	0.49
	In-Lieu Groundwater/ Agua subterránea en lugar	18,794	23.18	23,676	29.20	23,676	29.20	23,676	29.20
	<b>Total</b>	<b>341,484</b>	<b>421.21</b>	<b>382,771</b>	<b>472.14</b>	<b>435,843</b>	<b>537.60</b>	<b>525,807</b>	<b>648.57</b>

### City of Phoenix

The City of Phoenix published the Phoenix Water Resources Strategy in 2011. The strategy utilized scenario planning to understand the demands expected under baseline, moderate, and high water efficiency projections. The baseline scenario uses current efficiency for current and new users, moderate assumes 10% increase for existing customers and 5% increase for new customers after 2010, and high efficiency assumes 20% efficiency

### Ciudad de Phoenix

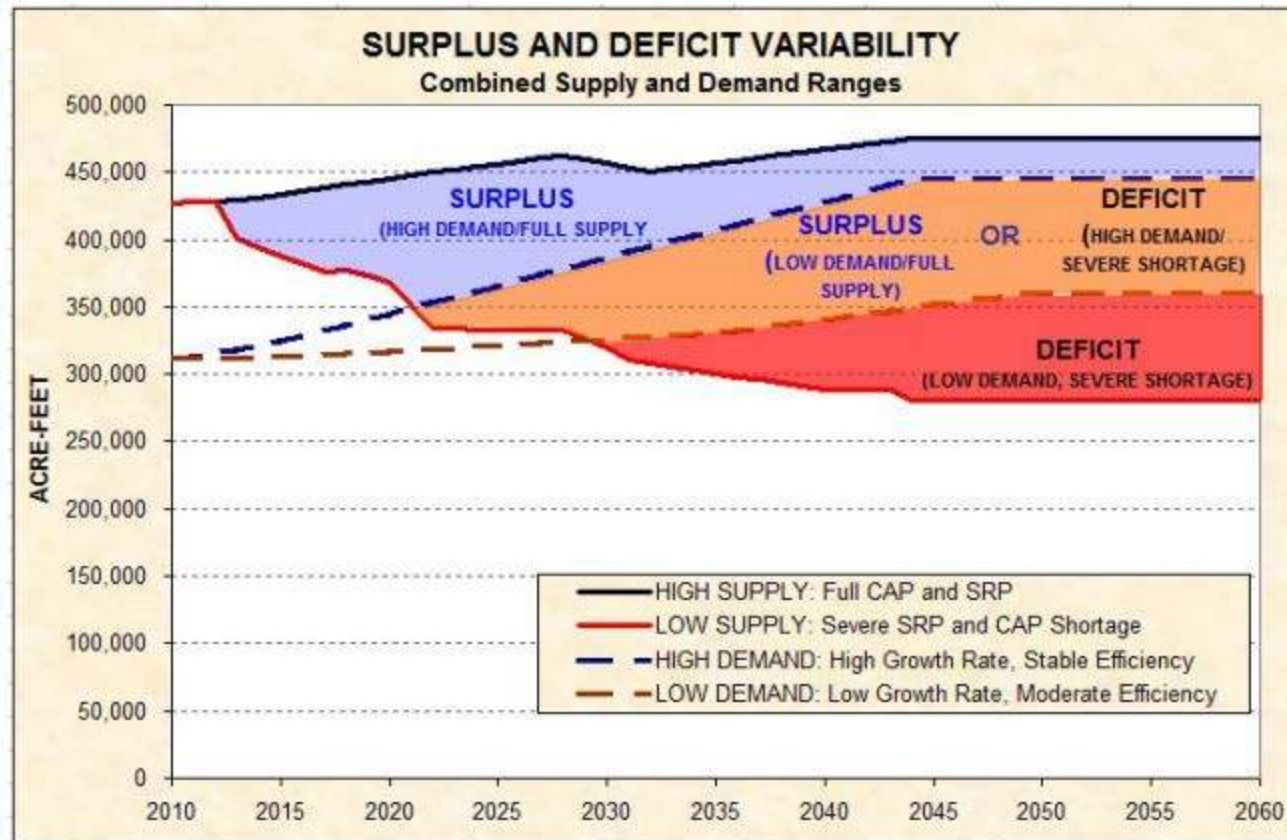
La Ciudad de Phoenix ha utilizado la planificación de escenarios para comprender las demandas esperadas en las proyecciones de eficiencia de agua de “referencia”, moderada y de alta eficiencia. El escenario de “referencia” usa la eficiencia actual para los usuarios actuales y nuevos, el consumo moderado supone otro aumento del 10% para los clientes existentes y el aumento del 5% para los clientes nuevos después de 2010, y la alta eficiencia supone un aumento de la

gains for existing customers and 10% decreases for new users after 2010. These efficiency scenarios are combined with base-level, high, and low population growth scenarios.

The lowest and highest combination of these projections create a range of likely demands, shown in Figure 2. The earliest date that a shortfall appears possible, under low supply and high demand scenarios, is approximately 2021. Under this same scenario, the projected shortage is approximately 60,000 AF/yr in 2030 and 150,000 AF in 2060.

eficiencia del 20% para los clientes existentes y una reducción del 10% para los usuarios nuevos después de 2010. Estos escenarios de eficiencia se combinan con los escenarios de crecimiento de la población de “referencia”, alto y bajo.

La combinación más baja y más alta de estas proyecciones crea un rango de demandas probables, como se muestra en la Figura 2. La fecha más temprana en la que parece posible un déficit, en escenarios de baja oferta y alta demanda, es aproximadamente 2021. En este mismo escenario, la escasez proyectada es de aproximadamente 74.01 Mm<sup>3</sup> por año en 2030 y 185.02 Mm<sup>3</sup> en 2060.



Figure/Figura 2 City of Phoenix Surplus and Deficit Variability (Phoenix Water Resources Strategy, 2011, p. 55)  
 Variabilidad del excedente y déficit de la ciudad de Phoenix (Phoenix Water Resources Strategy, 2011, p. 55)

## California

Statewide, California represents a massive water demand as a result of a large and growing population and significant irrigated agriculture. California has historically used about 5 maf of Colorado River water for irrigation, industrial, municipal, and

## California

En todo el estado, California representa una demanda masiva de agua como resultado de una gran población en crecimiento y una importante agricultura de regadío. California ha usado históricamente cerca de 6,167 Mm<sup>3</sup> de agua del río Colorado para la demanda de

tribal water demands. California's Colorado River apportionment is 4.4 maf annually. As other users begin to use more of their apportionment and increase their operational and storage efficiency, the excess flows are expected to decrease. California's "4.4 Plan" has pushed for conservation, new supplies, and operational changes that have enabled the state to reduce their demands on the Colorado River.

As discussed previously, current and future water supply and demand needs were evaluated on a geographical basis. Given the size of California, a strategic approach was employed, focusing on large metropolitan areas that utilize Colorado River water; specifically Los Angeles, San Diego, and the areas served by Metropolitan Water District of Southern California. The following sections summarize information from applicable water plans.

### **Metropolitan Water District of Southern California**

The Metropolitan Water District of Southern California (Metropolitan) delivers wholesale water to 26 cities and public water agencies, as shown on Figure 3. Metropolitan's service area covers the Southern California coastal plain. The total area served is approximately 5,200 square miles, and it includes portions of Los Angeles, Orange, Riverside, San Bernardino, San Diego, and Ventura counties. Metropolitan imports water from Northern California (State Water Project) and the Colorado River and supports member agencies with conservation initiatives.

In 1990, the population of Metropolitan's service area was approximately 15.0 million people. By 2015, it had reached an

agua de riego, industrial, municipal y tribal. La asignación del Río Colorado a California es de 5,427 Mm<sup>3</sup> anualmente. A medida que los otros usuarios a lo largo del Colorado comienzan a utilizar más de su distribución y aumentan su eficiencia operativa y de almacenamiento, se espera que los flujos excesivos disminuyan. El "Plan 4.4" de California ha impulsado la conservación, nuevos suministros y cambios operacionales que han permitido al estado reducir sus demandas en el río Colorado.

Como se mencionó anteriormente, las necesidades actuales y futuras de suministro y demanda de agua se evaluaron sobre una base geográfica. Dado el tamaño de California, se empleó un enfoque estratégico, centrado en las grandes áreas metropolitanas que utilizan el agua del río Colorado; específicamente Los Ángeles y San Diego. Las siguientes secciones resumen la información de los planes de agua aplicables.

### **Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California**

El Distrito Metropolitano de Agua del Sur de California (Metropolitan) entrega agua al por mayor a 26 ciudades y agencias públicas de agua, como se muestra en la Figura 8. El área de servicio de Metropolitan cubre la llanura costera del sur de California. El área total que se atiende es de aproximadamente 1,346,794 hectáreas (ha) cuadradas, e incluye partes de los condados de Los Ángeles, Orange, Riverside, San Bernardino, San Diego y Ventura. Metropolitan importa agua desde el norte de California (State Water Project) y el Río Colorado y apoya a las agencias miembros con iniciativas de conservación.

En 1990, la población del área de servicio de Metropolitan era de aproximadamente 15.0 millones de personas. Para 2015, había

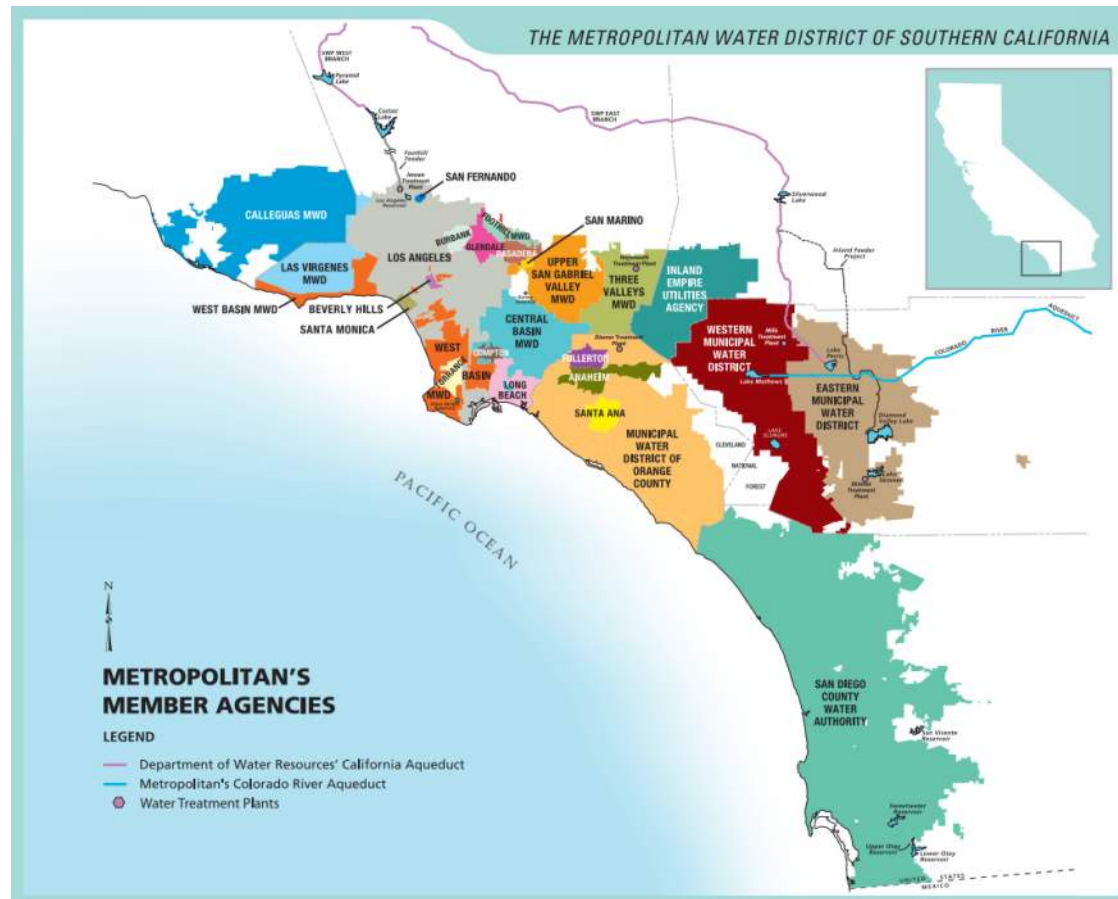


estimated 18.7 million, representing almost half of the state's population. Population growth has generally averaged 120,000 persons per year during the 10 years from 2006 to 2015. The most populated cities within Metropolitan's service area are Los Angeles (largest city in the state), San Diego (second largest in the state), Long Beach, Anaheim, Santa Ana, and Riverside.

Information from two planning documents was used to evaluate Metropolitan's water supplies and demands. The 2015 Urban Water Management Plan represents the most current and available planning projections of supply capability and demand developed through a collaborative process with the member agencies. The 2015 Integrated Water Resources Plan, Water Tomorrow, represents Metropolitan's comprehensive planning process and blueprint for long-term water reliability, including key supply development and water use efficiency goals.

alcanzado un estimado de 18.7 millones, representando a casi la mitad de la población del estado. El crecimiento de la población ha promediado en general 120,000 personas por año durante los últimos 10 años desde 2006 hasta 2015. Las ciudades más pobladas dentro del área de servicio de Metropolitan son Los Ángeles (la ciudad más grande del estado), San Diego (la segunda más grande del estado), Long Beach, Anaheim, Santa Ana y Riverside.

La información de dos documentos de planificación se utilizó para evaluar los suministros y demandas de agua de Metropolitan. El Plan de Gestión del Agua Urbana 2015 representa las proyecciones de planificación más actuales y disponibles de la capacidad y demanda de suministro desarrolladas a través de un proceso de colaboración con las agencias miembros. El Plan Integrado de Recursos Hídricos de 2015, Water Tomorrow, representa el proceso de planificación integral de Metropolitan para la confiabilidad del agua a largo plazo, incluidos los objetivos clave de desarrollo de suministros y eficiencia en el uso del agua.



**Figure/Figura 3 Metropolitan Water District Member Agencies (Metropolitan Water District of Southern California, 2015)**  
**Agencias miembros del Distrito Metropolitano del Agua (Distrito Metropolitano del Agua del Sur de California, 2015)**

### Water Demand

Within Metropolitan’s service area, retail water demands can be met with local supplies or imported supplies. Metropolitan’s supply reliability evaluation focuses on the future demands for Metropolitan’s imported supplies. The expected firm demand on

### Demanda de Agua

Dentro del área de servicio de Metropolitan, las demandas menores de agua pueden satisfacerse con suministros locales o importados. La evaluación de confiabilidad del suministro de Metropolitan se centra en las demandas futuras de los suministros importados de

Metropolitan is the difference between total demands, adjusted for conservation, and projected total local supplies. Thus, to project the regional need for imported water, Metropolitan starts with a projection of total demand including retail municipal and industrial, retail agricultural, seawater barrier, and replenishment demands, determines the adjustments from total conservation, and subtracts the total local supplies that are available to meet a portion of those demands (Urban Water Management Plan, 2015). Table 14 lists the water demand projections for average year conditions through 2040.

Metropolitan. La demanda firme esperada en Metropolitan es la diferencia entre las demandas totales, ajustadas para la conservación, y los suministros locales totales proyectados. Por lo tanto, para proyectar la necesidad regional de agua importada, Metropolitan comienza con una proyección de la demanda total que incluye minoristas municipales e industriales, minoristas agrícolas, barrera de agua de mar y demandas de reabastecimiento, determina los ajustes de la conservación total y resta el suministro local total, que están disponibles para satisfacer una parte de esas demandas (Plan de gestión de agua urbana, 2015). La Tabla 14 enumera las proyecciones de la demanda de agua para las condiciones del año promedio hasta 2040.

**Table/Tabla 14** Water demands for average year conditions (Urban Water Management Plan, 2015 Table 2-3)  
 Demanda de agua para condiciones promedio del año (Urban Water Management Plan, 2015, Tabla 2-3)

DEMAND DEMANDA	2020		2025		2030		2035		2040	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Municipal and industrial	4,725,000	5828.67	4,859,000	5993.97	5,001,000	6169.13	5,133,000	6331.97	5,264,000	6493.57
Agricultural/ Agrícola	130,000	160.37	167,000	206.01	163,000	201.07	161,000	198.61	160,000	197.37
Seawater barrier/ Barrera de agua de mar	72,000	88.82	72,000	88.82	72,000	88.82	72,000	88.82	72,000	88.82
Storage replenishment/ Reposición de almacenamiento	292,000	360.21	295,000	363.91	297,000	366.37	297,000	366.37	297,000	366.37
Total	5,219,000	6438.05	5,393,000	6652.70	5,533,000	6825.40	5,663,000	6985.76	5,793,000	7146.13

## Water Supply

Projections of local supplies are based on information gathered from several sources including past urban water management plans, Metropolitan’s annual local production surveys, and communications between Metropolitan and member agency staff. The projections include groundwater and surface water production, recycled water and recovery of contaminated or degraded groundwater, and seawater desalination. The local supply projections include existing projects that are currently producing water, projects that are under construction, and Metropolitan’s Integrated Water Resource Plan local supply targets are included as programs under development. The total local supplies presented in the 2015 Urban Water Management Plan also include Los Angeles Aqueduct deliveries and non-Metropolitan water supplies imported by or exchanged with member agencies from sources outside of Metropolitan’s service area (Urban Water Management Plan, 2015).

The 2015 Urban Water Management Plan presents Metropolitan’s supply capabilities from 2020 through 2040 under the three hydrologic conditions specified in the Urban Water Management Planning Act: single dry-year (represented by a repeat of 1977 hydrology), multiple dry-year (represented by a repeat of 1990 to 1992 hydrologies), and average year (represented by the average of 1922 to 2012 hydrologies).

Colorado River Aqueduct supplies include supplies that would result from existing and committed programs and from implementation of the Quantification Settlement Agreement and related agreements. State Water Project supplies delivered by the California Aqueduct are estimated using the 2015 Delivery

## Oferta de Agua

Las proyecciones de suministros locales se basan en la información recopilada de varias fuentes, incluidos los planes de gestión de aguas urbanas anteriores, las encuestas anuales de producción local de Metropolitan y las comunicaciones entre el personal de Metropolitan y las agencias. Las proyecciones incluyen la producción de agua subterránea y agua superficial, agua reciclada y recuperación de agua subterránea contaminada o degradada, y desalinización de agua de mar. Las proyecciones de suministro local incluyen proyectos existentes que actualmente producen agua, proyectos en construcción y los objetivos de suministro local del IRP de Metropolitan incluidos como programas en desarrollo. El total de suministros locales presentados en el “*Urban Water Management Plan 2015*” también incluye las entregas del Acueducto de Los Ángeles y los suministros de agua no metropolitanos importados o intercambiados con agencias miembros de fuentes fuera del área de servicio de Metropolitan (Urban Water Management Plan, 2015).

El “*Urban Water Management Plan 2015*” presenta las capacidades de suministro de Metropolitan desde 2020 hasta 2040 en las tres condiciones hidrológicas especificadas en la Ley: año seco único (representado por una repetición de hidrología de 1977), año seco múltiple (representado por una repetición de 1990 a Hidrologías de 1992) y el año promedio (representado por el promedio de hidrologías de 1922 a 2012).

Los suministros del Acueducto del río Colorado incluyen los suministros que se derivarían de los programas existentes y comprometidos y de la implementación del Acuerdo de liquidación de cuantificación y los acuerdos relacionados. Los suministros del Proyecto de Agua del Estado entregados por el Acueducto de

Capability Report distributed by the California Department of Water Resources. These estimates incorporate restrictions on State Water Project and Central Valley Project operations in accordance with the biological opinions of the U.S. Fish and Wildlife Service and National Marine Fisheries Service.

A key component of Metropolitan’s water supply capability is the amount of water in Metropolitan’s storage facilities. Storage is a major component of Metropolitan’s dry-year resource management strategy (Urban Water Management Plan, 2015).

Table 15 shows the projected local supplies for average year conditions through 2040.

California se estiman utilizando el Informe de Capacidad de Entrega 2015 distribuido por el Departamento de Recursos Hídricos de California. Estas estimaciones incorporan restricciones en las operaciones del Proyecto de Agua del Estado y del Proyecto del Valle Central de acuerdo con las opiniones biológicas del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos y el Servicio Nacional de Pesca Marina. Un componente clave de la capacidad de suministro de agua de Metropolitan es la cantidad de agua en las instalaciones de almacenamiento. El almacenamiento es un componente importante de la estrategia de gestión de recursos del año seco de Metropolitan (Plan de gestión de agua urbana, 2015).

La Tabla 15 muestra los suministros locales proyectados para las condiciones promedio del año hasta el 2040.

**Table/Tabla 15**      **Supplies for average year conditions (Urban Water Management Plan, 2015)**  
**Ofertas para condiciones de año promedio (Urban Water Management Plan, 2015)**

SUPPLY OFERTA	2020		2025		2030		2035		2040	
	AF	MM <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Groundwater/ Agua subterránea	1,303,000	1607.35	1,301,000	1604.89	1,301,000	1604.89	1,301,000	1604.89	1,302,000	1606.12
Surface water/ Superficie del agua	110,000	135.69	110,000	135.69	110,000	135.69	110,000	135.69	110,000	135.69
Los Angeles aqueduct/ Acueducto de Los Ángeles	261,000	321.96	264,000	325.67	264,000	325.67	266,000	328.13	268,000	330.60
Seawater desalination/ Desalinización de agua de mar	51,000	62.91	51,000	62.91	51,000	62.91	51,000	62.91	51,000	62.91
Groundwater recovery/ Recuperación de aguas subterráneas	143,000	176.40	157,000	193.67	163,000	201.07	165,000	203.54	167,000	206.01
Reclaimed/ Regenerado	436,000	537.84	466,000	574.85	486,000	599.52	499,000	615.56	509,000	627.89

SUPPLY OFERTA	2020		2025		2030		2035		2040	
	AF	MM <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Other imported supplies/ Otros ofertas importadas	274,000	338.00	282,000	347.87	282,000	347.87	282,000	347.87	282,000	347.87
<b>Total local supply/ Ofertas local total</b>	<b>2,578,000</b>	<b>3180.17</b>	<b>2,631,000</b>	<b>3245.55</b>	<b>2,657,000</b>	<b>3277.62</b>	<b>2,674,000</b>	<b>3298.59</b>	<b>2,689,000</b>	<b>3317.10</b>
Demand on Metropolitan/ Demanda en Metropolitan	1,586,000	1956.46	1,636,000	2018.14	1,677,000	2068.71	1,726,000	2129.16	1,765,000	2177.27
Transfers and canal lining Traslados y forro de canal	274,000	338.00	282,000	347.87	282,000	347.87	282,000	347.87	282,000	347.87
Total Metropolitan deliveries Total de entregas metropolitanas	1,860,000	2294.46	1,918,000	2366.01	1,959,000	2416.58	2,008,000	2477.03	2,047,000	2525.14
<b>Total supply/ Ofertas total</b>	<b>4,164,000</b>	<b>5136.63</b>	<b>4,267,000</b>	<b>5263.69</b>	<b>4,334,000</b>	<b>5346.33</b>	<b>4,400,000</b>	<b>5427.75</b>	<b>4,454,000</b>	<b>5494.37</b>

### Hydrologic Balance

Table 16 provides hydrologic balance results for the average year condition. This tables demonstrates that the region can provide reliable water supplies under average year conditions. It is important to note that a similar analysis was undertaken for both the single driest year and the multiple dry-year hydrologies, and both analyses resulted in a surplus, although to a lesser extent (Urban Water Management Plan, 2015).

### Balance Hidrológico

La Tabla 16 proporciona los resultados del balance hidrológico para la condición promedio del año. Estas tablas demuestran que la región puede proporcionar suministros de agua confiables en condiciones promedio del año. Es importante tener en cuenta que se realizó un análisis similar tanto para el año más seco como para las múltiples hidrologías del año seco, y ambos análisis dieron como resultado un superávit, aunque en menor medida (Urban Water Management Plan, 2015).

**Table/Tabla 16 Hydrologic balance for average year conditions (Urban Water Management Plan, 2015)  
 Equilibrio hidrológico para condiciones de año promedio (Urban Water Management Plan, 2015)**

PARAMETER PARÁMETRO	2020		2025		2030		2035		2040	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Total demand/ Demanda total	5,219,000	6438.05	5,393,000	6652.70	5,533,000	6825.40	5,663,000	6985.76	5,793,000	7146.13
Local supplies/ Ofertas locales	- 2,578,000	-3180.17	- 2,631,000	-3245.55	- 2,657,000	-3277.62	- 2,674,000	-3298.59	- 2,689,000	-3317.10
Conservation/ Conservación	- 1,056,000	-1302.66	- 1,127,000	-1390.24	- 1,200,000	-1480.30	- 1,263,000	-1558.01	- 1,339,000	-1651.76
Demand on Metropolitan/ Demanda en Metropolitan	1,586,000	1956.46	1,636,000	2018.14	1,677,000	2068.71	1,726,000	2129.16	1,765,000	2177.27
Transfers and canal lining/ Traslados y forro de canal	274,000	338.00	282,000	347.87	282,000	347.87	282,000	347.87	282,000	347.87
Total Metropolitan deliveries/ Total de entregas metropolitanas	1,860,000	2294.46	1,918,000	2366.01	1,959,000	2416.58	2,008,000	2477.03	2,047,000	2525.14
Colorado River and California Aqueduct supplies/ Suministros para el río Colorado y el acueducto de California	3,448,000	4253.38	3,550,000	4379.21	3,658,000	4512.44	3,788,000	4672.80	3,824,000	4717.21
Surplus/ Superávit	1,588,000	1958.93	1,632,000	2013.20	1,699,000	2095.85	1,780,000	2195.77	1,777,000	2192.07

As part of the Water Tomorrow: Integrated Water Resource Plan 2015 Update, Metropolitan Water District performed an analysis of the likelihood that their current supplies and storage will be insufficient to meet the needs of their customers in future years under a scenario without any new actions or investments in the water supply system or demand. The probability that a shortage

El Distrito Metropolitano del Agua ha realizado un análisis de la probabilidad de que sus suministros y almacenamiento actuales sean insuficientes para satisfacer las necesidades de sus clientes en años futuros bajo un escenario sin nuevas acciones o inversiones en el sistema de suministro de agua o la demanda (Water Tomorrow: Plan Integrado de Recursos Hídricos 2015, No. 1518, Distrito

would occur in 2020 was estimated at 9%, 19% in 2030, and 58% in 2040.

Using dry year estimates of State Water Project supplies as compared with the demands expected for Metropolitan Water District (based on the demands of their member agencies less other supplies), a dry year shortfall of up to 500,000 AF is currently possible, and a shortage of up to 840,000 AF could be possible in 2040 (p. 3-31). Under average conditions, a potential shortage of up to 60,000 AF is possible beginning in 2020 and 250,000 AF in 2040. Table 17 presents the results of this analysis.

Metropolitano de Agua del Sur de California). La probabilidad de que se produjera una escasez en 2020 se estimó en 9%, 19% en 2030 y 58% en 2040.

Utilizando estimaciones del año seco de los suministros del Proyecto de Agua del Estado en comparación con las demandas esperadas para el Distrito Metropolitano del Agua (según las demandas de sus agencias miembros menos otros suministros), actualmente es posible un déficit de año seco de hasta 616.74 Mm<sup>3</sup>, y una escasez de hasta 1,036.12 Mm<sup>3</sup> podría ser posible en 2040 (p. 3-31). Bajo las condiciones promedio, es posible un emplazamiento de hasta 74 Mm<sup>3</sup> a partir de 2020 y 308.37 Mm<sup>3</sup> en 2040. La Tabla 17 presenta los resultados de este análisis.

**Table/Tabla 17** **Estimated scale of water shortage for the Metropolitan Water District under a 'Do-Nothing' Scenario (Water Tomorrow: Integrated Water Resource Plan 2015 Update)**  
**Escala estimada de la escasez de agua para el Distrito Metropolitano de Agua bajo un escenario de "No hacer nada"**  
**(Water Tomorrow: Actualización del Plan Integrado de Recursos Hídricos 2015)**

HYDROLOGIC CONDITION CONDICIONES HIDROLOGICAS	2016		2020		2025		2030		2035		2040	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Dry year/ Año seco	-576,000	-710.49	-745,000	-918.94	-798,000	-984.32	-840,000	-1036.12	-895,000	-1103.97	-941,000	-1160.71
Average year/ Año promedio	416,000	513.13	-62,000	-76.48	-115,000	-141.85	-157,000	-193.66	-212,000	-261.50	-258,000	-318.24
Wet year/ Año húmedo	1,236,000	1524.58	796,000	981.85	743,000	916.48	701,000	864.67	646,000	796.83	600,000	740.09



### City of Los Angeles

Additional information was obtained for the City of Los Angeles from Los Angeles Department of Water and Power’s 2017 Water Supply Assessment.

Los Angeles receives water from the Los Angeles Aqueducts (a system of aqueducts delivering water in-state from reservoirs in the Sierra Nevada mountains), the Colorado River Aqueduct and the State Water Project via the Metropolitan Water District, local groundwater, and recycled water. Historical water supplies are shown in Table 18.

### Ciudad de Los Ángeles

Se obtuvo información adicional para la Ciudad de Los Ángeles de la Evaluación del suministro de agua de 2017 del Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles.

Los Ángeles recibe agua de los Acueductos de Los Ángeles (un sistema de acueductos que suministran agua en el estado desde embalses en las montañas de Sierra Nevada), el Acueducto del Río Colorado y el Proyecto Estatal de Agua a través del Distrito Metropolitano de Agua, agua subterránea local y agua reciclada. Los suministros históricos de agua se muestran en la Tabla 18.

**Table/Tabla 18**      **Historical Water Supply by Sources (Los Angeles Department of Water and Power, Water Supply Assessment – 668 South Alameda Street Project, 2017)**  
**Suministro histórico de agua por fuentes (Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles, Evaluación del suministro de agua - 668 South Alameda Street Project, 2017)**

YEAR AÑO	LOS ANGELES AQUEDUCTS ACUEDUCTOS LOS ANGELES		LOCAL GROUNDWATER AGUA SUBTERRANEA LOCAL		METROPOLITAN WATER DISTRICT DISTRITO DE AGUAS METROPOLITANAS		RECYCLED WATER AGUA REICLADA		TRANSFER, SPREAD, SPILLS, AND STORAGE TRANSFERENCIA, PROPAGACIÓN, DERRAMES Y ALMACENAMIENTO		TOTAL	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
2007	127,392	157.14	88,041	108.60	439,353	541.93	3,595	4.43	-57	-0.07	658,438	812.17
2008	148,407	183.06	64,604	79.69	427,422	527.22	7,048	8.69	1,664	2.05	645,817	796.60
2009	137,261	169.31	66,998	82.64	351,959	434.14	7,570	9.34	554	0.68	563,234	694.74
2010	251,126	309.76	68,346	84.30	205,240	253.16	6,900	8.51	-938	-1.16	532,550	656.89

YEAR AÑO	LOS ANGELES AQUEDUCTS ACUEDUCTOS LOS ANGELES		LOCAL GROUNDWATER AGUA SUBTERRANEA LOCAL		METROPOLITAN WATER DISTRICT DISTRITO DE AGUAS METROPOLITANAS		RECYCLED WATER AGUA RECICLADA		TRANSFER, SPREAD, SPILLS, AND STORAGE TRANSFERENCIA, PROPAGACIÓN, DERRAMES Y ALMACENAMIENTO		TOTAL	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
2011	357,752	441.28	49,915	61.57	119,481	147.38	7,708	9.51	-153	-0.19	535,009	659.92
2012	166,858	205.82	59,109	72.91	326,122	402.27	5,965	7.36	1,182	1.46	556,872	686.89
2013	64,690	79.79	66,272	81.75	438,534	540.92	9,253	11.41	-2,404	-2.97	581,153	716.84
2014	62,088	76.58	94,280	116.29	391,320	482.69	11,307	13.95	2,080	2.57	556,915	686.94
2015	26,828	33.09	81,618	100.67	378,439	466.80	9,844	12.14	432	0.53	496,297	612.17
2016	87,892	108.41	73,304	90.42	317,767	391.96	8,730	10.77	-984	-1.21	488,677	602.77

In-state surface water is highly variable and imported water has historically been able to meet demands in low year. Under a range of scenarios, the Los Angeles Department of Water and Power’s 2015 Urban Water Management Plan, has identified supply portfolios that can meet demands under single dry year, multiple dry year, and average weather years through 2040. The Dry Year scenario is shown in Table 19.

El agua superficial del estado es altamente variable, y el agua importada históricamente ha sido capaz de satisfacer las demandas en un año bajo. Bajo un rango de escenarios, el Plan de Gestión de Agua Urbana 2015 del Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles, ha identificado portafolios de suministros que pueden satisfacer las demandas en un solo año seco, varios años secos y años de clima promedio hasta el 2040. Se muestra el escenario del año seco en la Tabla 19.

**Table/Tabla 19 City of Los Angeles Demands and Supplies (2015 Urban Water Management Plan)  
 Demandas y suministros de la ciudad de Los Ángeles (Plan de gestión de agua urbana 2015)**

SINGLE DRY YEAR SCENARIO	2020		2025		2030		2035		2040	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
Total projected water demand	642,400	792.39	676,900	834.94	685,500	845.55	694,900	857.15	709,500	875.16
Plan target use (including conservation)	485,600	598.98	533,000	657.45	540,100	666.20	551,100	679.77	565,600	697.66
Existing/planned supplies	323,470	398.99	369,470	455.73	380,470	469.30	396,670	489.29	398,970	492.12
MWD water purchases	318,930	393.39	307,430	379.21	305,030	376.25	298,230	367.86	310,530	383.03
Total supply	642,400	792.39	676,900	834.94	685,500	845.55	694,900	857.15	709,500	875.16

### City of San Diego

The City of San Diego developed a 20-year water resources plan in 2012 which evaluates current supplies and the reliability of those supplies alongside a few scenarios for demand (2012 Long-Range Water Resources Plan, City of San Diego Public Utilities Department, December 2013). The City sells water to over 1.3 million people as well as regional wholesale customers.

The city relies heavily on imported water from the San Diego County Water Authority, which imports water from the State Water Project and the Colorado River Aqueduct. Approximately 73% of San Diego’s water was expected to come from these imports. The remaining demands are met through about 10% each of conservation and local surface water, 3% recycled water, and less than 1% of groundwater.

### Ciudad de San Diego

La ciudad de San Diego desarrolló un plan de recursos hídricos a 20 años en 2012 que evalúa los suministros actuales y la confiabilidad de esos suministros junto con algunos escenarios de demanda (Plan de recursos hídricos a largo plazo 2012, Departamento de Servicios Públicos de la Ciudad de San Diego, diciembre de 2013). La ciudad vende agua a más de 1.3 millones de personas, así como a clientes mayoristas regionales.

La ciudad depende en gran medida del agua importada de la Autoridad de Agua del Condado de San Diego, que importa agua del Proyecto de Agua del Estado de California (aguas superficiales del norte de California) y del río Colorado. Se esperaba que aproximadamente el 73% del agua de San Diego proviniera de estas importaciones. Las demandas restantes se satisfacen a través de

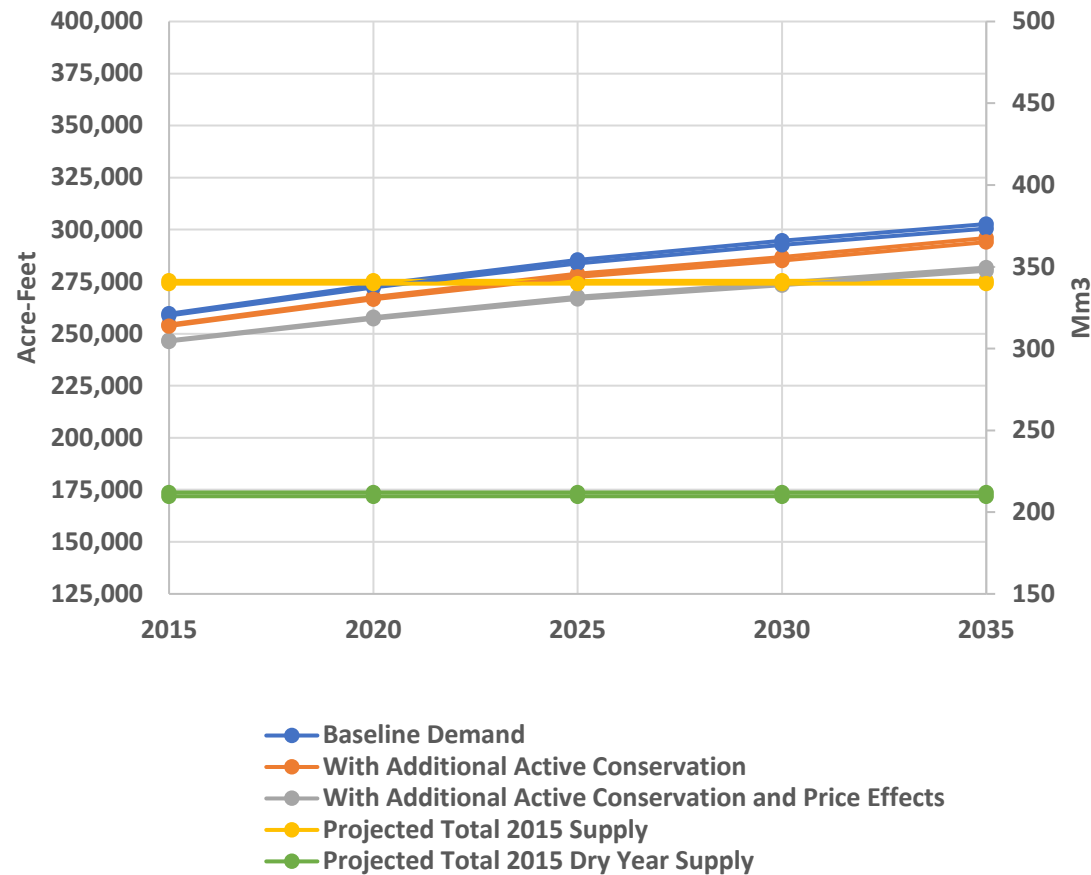
The local surface water supplies can vary significantly from about 30,000 AF in a normal year to about 4,500 AF in a dry year.

Scenario planning has been used to provide three demand projections: a baseline scenario with current efficiency, weather, and pricing, a second scenario with added active conservation, and a third scenario with both active conservation and increased prices for water customers based on projected costs to the utility. Figure 4 shows the projected 2015 water supplies compared with the three demand projections.

aproximadamente el 10% de cada conservación y el agua superficial local, el 3% de agua reciclada y menos del 1% del agua subterránea.

Los suministros locales de agua superficial pueden variar significativamente desde unos 37.00 Mm<sup>3</sup> en un año normal a unos 5.55 Mm<sup>3</sup> en un año seco.

La planificación de escenarios se ha utilizado para proporcionar tres proyecciones de demanda: un escenario de referencia con eficiencia, clima y precios actuales, un segundo escenario con conservación activa adicional y un tercer escenario con conservación activa y precios más altos para los clientes del agua basados en los costos proyectados para la utilidad. La Figura 4 muestra los suministros de agua proyectados para 2015 en comparación con las tres proyecciones de demanda.



**Figure/Figura 4** Projected Demands and Existing Supplies for the City of San Diego  
 Demandas proyectadas y suministros existentes para la ciudad de San Diego

Under a normal year supply, Baseline Demands are met through 2020, and reduced demands could be met through 2022 or 2030.

Con un suministro de agua normal, las demandas de referencia se cumplen hasta el año 2020, y las demandas reducidas se pueden cumplir hasta el 2022 o el 2030. Sin embargo, en el suministro de un

However, under dry year supplies there is a potential for an immediate shortage of up to 75,000 AF.

San Diego is considering the implementation of a variety of programs or projects, including seawater desalination, imported groundwater, expanded reuse, and several localized small-scale options like greywater and rainwater capture. Possible supplies have been evaluated based on price, sustainability, environmental impacts, and other metrics.

## Nevada

The Southern Nevada Water Authority is a wholesale water provider that supplies water to over 2.2 million people in the southern Nevada area. Southern Nevada Water Authority is comprised of seven member agencies, including Big Bend Water District, City of Boulder, City of Henderson, City of Las Vegas, City of North Las Vegas, Clark County Water Reclamation District, and Las Vegas Valley Water District.

Southern Nevada Water Authority's 2018 Water Resource Plan and Water Budget indicates that from 2002 through 2013, the per-capita water usage for entities served by Southern Nevada Water Authority has been steadily decreasing from near 200 gallons per capita per day (gpcd) to about 125 gpcd. Since 2013, per capita demand has held relatively steady at around 125 gpcd. This push toward water efficiency has allowed the overall demands for the area to be slightly attenuated despite population increases.

año seco existe un potencial de escasez inmediata de hasta 92.51 Mm<sup>3</sup>.

San Diego está considerando la implementación de una variedad de programas o proyectos, que incluyen desalinización de agua de mar, agua subterránea importada, reutilización expandida y una serie de opciones localizadas a pequeña escala como la captura de aguas grises y pluviales. Los posibles suministros se han evaluado en función del precio, la sostenibilidad, los impactos ambientales y otras métricas.

## Nevada

La Autoridad de Agua del Sur de Nevada es un proveedor mayorista de agua que suministra agua a más de 2.2 millones de personas en el área del sur de Nevada. La Autoridad de Agua del Sur de Nevada está compuesta por siete agencias miembros, que incluyen el Distrito de Agua de Big Bend, la Ciudad de Boulder, la Ciudad de Henderson, la Ciudad de Las Vegas, la Ciudad del Norte de Las Vegas, el Distrito de Reclamación de Agua del Condado de Clark y el Distrito de Agua del Valle de Las Vegas.

El Plan de Recursos de Agua de 2018 de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada y el Presupuesto de Agua indican que desde 2002 hasta 2013, el uso de agua per cápita para las entidades atendidas por la Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha disminuido de manera constante de cerca de 757 litros por habitante y día (lts/hab/día) a alrededor de 473 lts/hab/día. Desde 2013, la demanda per cápita por día se han mantenido relativamente estables en alrededor de 473 lts/hab/día. Este impulso hacia la eficiencia del agua ha permitido

## Water Supply

Southern Nevada Water Authority has classified their existing supplies into two categories: Permanent Resources (those available for use over the 50-year planning horizon) and Temporary Resources (those used to meet short-term gaps until future supplies are developed).

### Permanent Resources

Southern Nevada Water Authority's Permanent Resources include Colorado River Supplies, Intentionally Created Surplus water, Las Vegas Valley groundwater rights, and reclaimed water.

Southern Nevada Water Authority is entitled to 272,205 AF/yr of water from Nevada's 300,000 AF/yr consumptive use allotment of Colorado River water. In addition, Southern Nevada Water Authority has the right to any unused portion of the remaining allotment for Nevada. For planning purposes, this unused allocation is assumed to be 21,067 AF/yr in 2017, dropping to 0 AF/yr by 2031. Through return-flow credits, Nevada (and thus Southern Nevada Water Authority) can divert more than their allotment, as the allotment is counted as consumptive or net use. Additional water may be available when there are surpluses (Flood Control or Domestic) but cannot be relied on during drought.

Under the Intentionally Created Surplus guidelines, Southern Nevada Water Authority can develop up to 50,000 AF/yr of

que las demandas generales para el área se atenúen ligeramente a pesar de los grandes aumentos de la población.

## Oferta de Agua

La Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha clasificado sus suministros existentes en dos categorías: Recursos permanentes (aquellos disponibles para su uso en el horizonte de planificación de 50 años) y Recursos temporales (aquellos que se utilizan para cubrir brechas a corto plazo hasta que se desarrollen los suministros futuros).

### Recursos permanentes

Los recursos permanentes de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada incluyen los suministros para el río Colorado, el agua excedente creada de manera intencional, los derechos sobre las aguas subterráneas del valle de Las Vegas y el agua recuperada.

La Autoridad de Agua del Sur de Nevada tiene derecho a 335.76 Mm<sup>3</sup> por año de agua de los 370.04 Mm<sup>3</sup> por año de agua del Río Colorado. Además, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tiene derecho a cualquier parte no utilizada de la asignación restante para Nevada. Para fines de planificación, se supone que esta asignación no utilizada es de 25.99 Mm<sup>3</sup> por año en 2017, disminuyendo a 0 Mm<sup>3</sup> por año para 2031. A través de los créditos de retorno-flujo, Nevada (y por lo tanto la Autoridad de Agua del Sur de Nevada) puede desviar más de su asignación. como la asignación se cuenta como uso neto. Puede haber agua adicional disponible cuando hay excedentes (Control de Inundaciones o Doméstica), pero no se puede confiar en ellos durante la sequía.

Tributary Conservation Intentionally Created Surplus for consumptive use. As of 2018, Southern Nevada Water Authority has acquired rights for 14,700 AF/yr and leases of 18,500 AF/yr under this provision. Southern Nevada Water Authority plans to eventually develop 40,000 AF/yr of water as part of the Intentionally Created Surplus.

Two of Southern Nevada Water Authority's seven members (Las Vegas Valley Water District and North Las Vegas) own permanent groundwater rights, totaling 46,961 AF/yr (40,760 and 6,201 AF/yr, respectively).

Finally, reuse water plays an important role in the water supply portfolio of Southern Nevada Water Authority. 40% of the water used in the Southern Nevada Water Authority service area is returned as highly treated wastewater. 99% of that wastewater volume is reused either directly or indirectly. For planning purposes, the direct reuse supply for Southern Nevada Water Authority has been set at 21,800 AF/yr.

### Temporary Resources

Southern Nevada Water Authority has temporary water supplies available through activities that have resulted in the banking of water. These banking activities take different forms, but mainly reside in four accounts: Southern Nevada Water Bank, California Water Bank, Arizona Water Bank, and the Intentionally Created Surplus. Collectively, Southern Nevada Water Authority has accrued over 1.8 maf of storage. For planning purposes, a maximum of 90,000 AF/yr of water supply is assumed to be available from these banked credits in any given year, while maximum annual Intentionally Created Surplus recovery is

Bajo el excedente creado intencionalmente, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada puede desarrollar hasta 61.67 Mm<sup>3</sup> por año de agua adicional. A partir de 2018, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha adquirido derechos por 18.13 Mm<sup>3</sup> por año y arrendamientos de 22.82 Mm<sup>3</sup> por año bajo esta disposición. La Autoridad de Agua del Sur de Nevada planea eventualmente desarrollar 49.34 Mm<sup>3</sup> por año de agua como parte del Excedente Creado Intencionalmente.

Dos de los siete miembros de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada (Las Vegas Valley Water District y North Las Vegas) poseen derechos permanentes sobre aguas subterráneas, con un total de 57.93 Mm<sup>3</sup> por año (50.28 y 7.65 Mm<sup>3</sup> por año, respectivamente).

Finalmente, la reutilización del agua juega un papel importante en la cartera de suministro de agua de La Autoridad de Agua del Sur de Nevada. El 40% del agua utilizada en el área de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada se devuelve como agua residual altamente tratada. El 99% de ese volumen de aguas residuales se reutiliza directa o indirectamente. Para fines de planificación, el suministro de reutilización para la Autoridad de Agua del Sur de Nevada se ha establecido en 26.89 Mm<sup>3</sup> por año.

### Recursos temporales

La Autoridad de Agua del Sur de Nevada tiene suministros de agua temporales disponibles a través de actividades que han resultado en la banca de agua. Estas actividades bancarias toman diferentes formas, pero principalmente residen en cuatro cuentas: el Banco de Agua del Sur de Nevada, el Banco de Agua de California, el Banco de Agua de Arizona y el Excedente de Creación Intencional. En conjunto, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha acumulado más de 2,220.27 Mm<sup>3</sup> de créditos de almacenamiento almacenados. Para fines de planificación, se supone que un máximo de 111.01 Mm<sup>3</sup> por



dependent upon the terms specified in the 2007 Interim Guidelines and related agreements.

año de suministro de agua estará disponible a partir de estos créditos bancarios en cualquier año dado.

### Water Demand

Demands in the Southern Nevada Water Authority service area have had an overall flat to slightly downward trend between 2002 and 2017, fluctuating between 480,000 and 545,000 AF. Southern Nevada Water Authority has developed two future demand projections – Upper Demand and Lower Demand. As shown in Table 20, the Upper Demand projection shows water demands approaching 765,000 AF/yr by 2069, while the Lower Demand projection estimates a water demand of 611,000 AF/yr by 2069.

### Demanda de Agua

Las demandas en el área de servicio de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada han tenido una tendencia general a la baja entre 2002 y 2017, fluctuando entre 592.07 y 703.08 Mm<sup>3</sup>. La Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha desarrollado dos proyecciones de demanda futuras: la demanda superior y la demanda más baja. Como se muestra en la Tabla 20, la proyección de la demanda superior muestra que las demandas de agua se aproximan a los 943.61 Mm<sup>3</sup> por año para 2069, mientras que la proyección de la demanda más baja estima una demanda de agua de 753.66 Mm<sup>3</sup> por año para el 2069.

**Table/Tabla 20 Demand projections in the Southern Nevada Water Authority  
 Proyecciones de la demanda en la Autoridad de Agua del Sur de Nevada**

YEAR / AÑO	2018	2035	2069
Lower Demand (AF/yr)	512,000	577,000	611,000
Upper Demand (AF/yr)	517,000	653,000	765,000
Menor Demanda (Mm <sup>3</sup> )	631.54	711.72	753.66
Demanda Superior (Mm <sup>3</sup> )	637.71	805.46	943.61

### Hydrologic Balance

Southern Nevada Water Authority has used scenario planning to understand the permutations of the two demand projections and various expected water supply conditions (normal, shortage, and

### Equilibrio Hidrológico

La Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha utilizado la planificación de escenarios para comprender las permutaciones de las dos proyecciones de demanda y varias condiciones de suministro de agua

increased shortage). Under the best-case scenario, Normal Supply Scenario (Lower Demand), Southern Nevada Water Authority has sufficient Permanent Resources to meet demands over the 50-year planning horizon.

Under a Shortage Scenario (Lower Demand), Southern Nevada Water Authority's Permanent Resources can meet demands through 2044, and Southern Nevada Water Authority has sufficient Temporary Resources to meet the remaining demands through the planning period.

Using the Upper Demand projections and a Shortage of supplies, Southern Nevada Water Authority is projected to have needs (unmet demands) by 2045. Under this scenario, Southern Nevada Water Authority is projected to have needs of approximately 106,000 AF/yr in 2069. When the Increased Shortage supply condition is imposed, Southern Nevada Water Authority is projected to have needs by 2041. Under this scenario, Southern Nevada Water Authority will have unmet demands of 126,000 AF/yr by 2069.

Finally, Southern Nevada Water Authority has evaluated an aggressive water conservation strategy that can push the need for additional water supplies out under the Increased Shortage Scenario (Upper Demand). In doing so, Southern Nevada Water Authority would have unmet demands starting in 2045 that would increase to 91,000 AF/yr by 2069.

## Sonora

esperadas (normal, escasez y mayor escasez). En el mejor de los casos, Escenario de oferta normal (menor demanda), la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tiene suficientes recursos permanentes para satisfacer las demandas en el horizonte de planificación de 50 años.

Bajo un escenario de escasez (menor demanda), los recursos permanentes de la Autoridad de Agua del Sur de Nevada pueden cumplir con las demandas hasta 2044, y la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tiene suficientes recursos temporales para satisfacer las demandas restantes durante el período de planificación.

Al usar las proyecciones de Demanda Superior y la escasez de suministros, se proyecta que la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tendrá necesidades (demandas no satisfechas) para 2044 (aproximadamente 30.84 Mm<sup>3</sup> por año), que aumentará a 130.75 Mm<sup>3</sup> por año para 2069. Cuando se impone la condición de mayor escasez, se proyecta que la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tendrá necesidades para el año 2040 (aproximadamente 98.68 Mm<sup>3</sup> por año). Para el 2069, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tendrá demandas insatisfechas de 155.42 Mm<sup>3</sup> por año.

Finalmente, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada ha evaluado una estrategia agresiva de conservación de agua que puede impulsar la necesidad de suministros de agua adicionales en el Escenario de aumento de la escasez (demanda superior). Al hacerlo, la Autoridad de Agua del Sur de Nevada tendría demandas insatisfechas a partir de 2044 que aumentarán a 112.25 Mm<sup>3</sup> por año para 2069.

## Sonora

An existing Water Program or Plan with water supply and demand information for the State of Sonora could not be located. Therefore, information from State electronic public information sites were utilized. This resulted in a wide variety of documents related to the planning of various municipalities and localities known as the Urban Development Plan of the Population Center (PDUCP), the Regional Program for Land Use Planning (PROT) and the Partial Growth Program (PPC). The information was downloaded from the State Information System for Land Use Planning (SEOIT) of the Secretary of Infrastructure and Urban Development (SIDUR) of the Government of the State of Sonora.

Using population data of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) and the National Population Council (CONAPO), it is possible to estimate the future demand of each locality and forecast a future deficit.

Groundwater well extraction data for Sonora was obtained from the Public Registry of Water Rights (REPDA). Aquifer information was obtained from the Official Gazette of the Federation, and agricultural information was obtained from the Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food with its agricultural closure, agricultural statistics and Agricultural Technical Agenda.

For the calculation of the water demand in the municipalities where the data of per-capita use was not found, the project standard for water supply in urban areas of the Mexican Republic of CONAGUA was used, which is based population and type of climate, as shown in Table 21.

Para el Estado de Sonora no se encontró un Programa o Plan Hídrico que manejara la situación actual del Estado en relación con la oferta y demanda de agua, por tanto, se ha utilizado información pública localizada en sitios oficiales electrónicos de información pública del Estado. Esto dio lugar a una amplia variedad de documentos relacionados con la planificación de varios municipios y localidades tales como el Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población (PDUCP), el Programa Regional para la Planificación del Uso de la Tierra (PROT) y el Programa de Crecimiento Parcial (PPC). La información se descargó del Sistema de Información Estatal para la Planificación del Uso de la Tierra (SEOIT) de la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (SIDUR) del Gobierno del Estado de Sonora.

Se utilizaron los datos de población del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del Consejo Nacional de Población (CONAPO) para llegar a realizar estimaciones de la demanda futura de cada localidad y pronosticar un déficit futuro.

La información relacionada a la extracción de agua subterránea mediante pozos fue obtenida del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA); Información de los acuíferos obtuvo del Diario Oficial de La Federación y la información relacionada con la agricultura fue obtenida de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación con su cierre agrícola, estadística agrícola y Agenda Técnica Agrícola.

Para el cálculo de la demanda de agua en los municipios donde el dato de dotación por habitante no se encontró, se utilizaron los datos de la Norma de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana de la CONAGUA, donde se designa

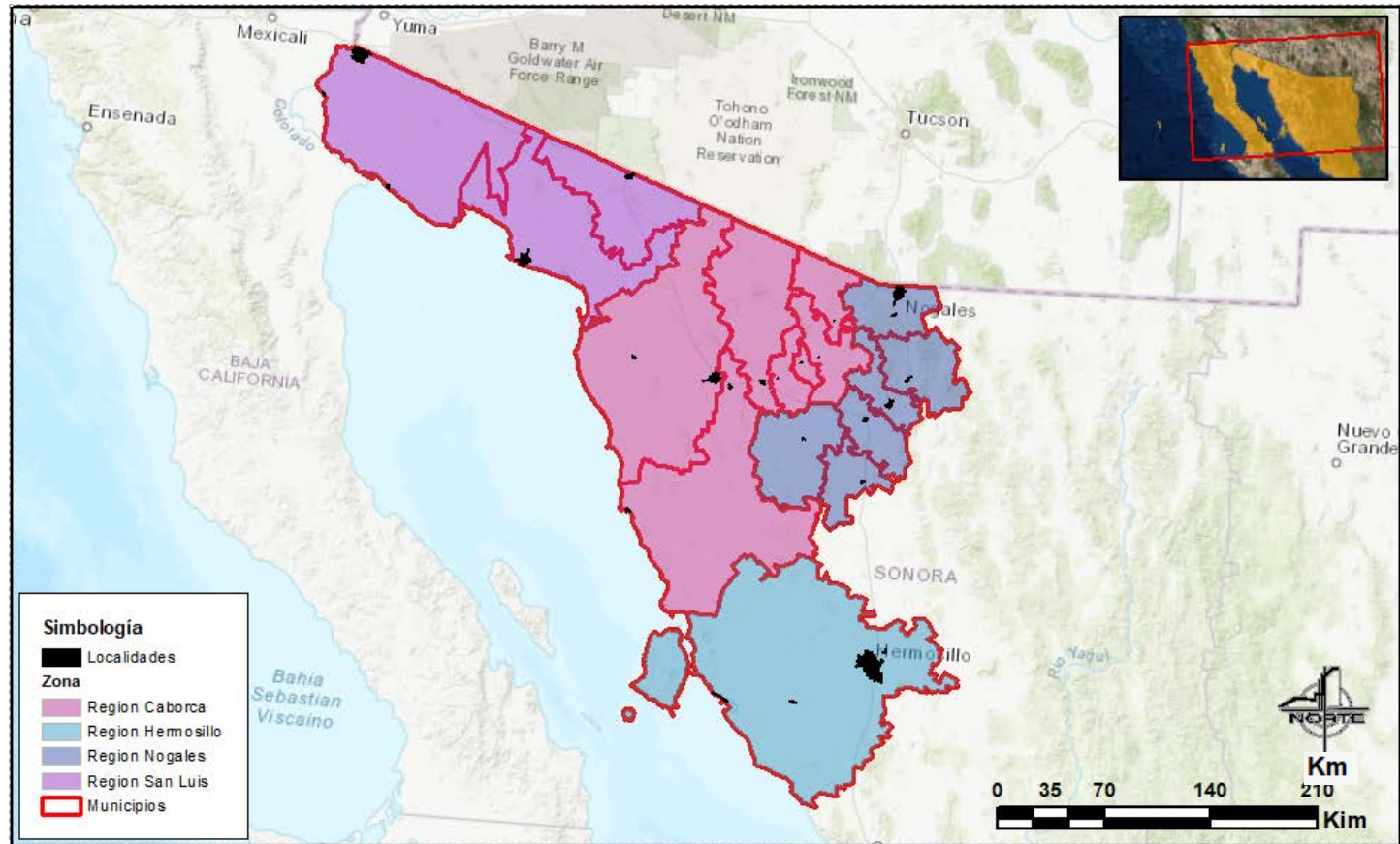
la dotación de acuerdo con la cantidad de población y tipo de clima, como se muestra en la Tabla 21.

**Table/Tabla 21** Project standard for water supply in urban areas of the Mexican Republic, CONAGUA  
 Norma de Proyecto para Abastecimiento de Agua en Localidades Urbanas de la república mexicana, CONAGUA

POPULATION RANGE RANGO DE POBLACION	TYPE OF WEATHER TIPO DE CLIMA					
	WARM CALIDO		MILD TEMPLADO		COLD FRIO	
	gpcd	lts/hab/día	gpcd	lts/hab/día	gpcd	lts/hab/día
2,500 - 15,000	39.63	150	33.03	125	26.42	100
15,000 - 30,000	52.84	200	39.63	150	33.03	125
30,000 - 70,000	66.05	250	52.84	200	46.24	175
70,000 - 150,000	79.26	300	66.05	250	52.84	200
> 150,000	92.47	350	79.26	300	66.05	250

The study area within the state of Sonora was divided into four regions to streamline the water availability analysis, as shown on Figure 5.

El área de estudio, entro del estado de Sonora, fue dividido en cuatro regiones para agilizar su análisis, al momento del balance hídrico para determinar la disponibilidad del agua, como se muestra en la Figura 5.



**Figure/Figura 5**      **Regions of study within the state of Sonora**  
**Regiones de estudio dentro del estado de Sonora**

### San Luis Region

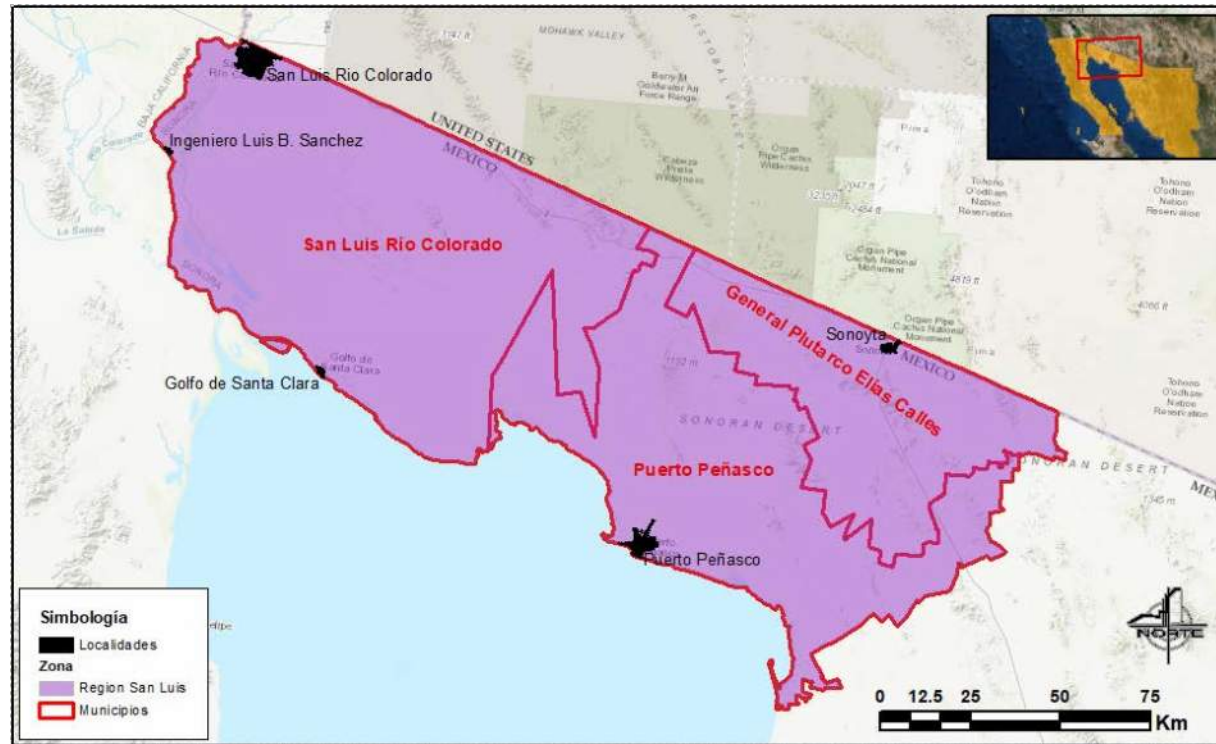
The San Luis region includes the municipalities of San Luis Rio Colorado, Puerto Peñasco and General Plutarco Elias Calles, as

### Región San Luis

La región de San Luis abarca los municipios de San Luis Rio Colorado, Puerto Peñasco y General Plutarco Elias Calles, como se muestra en

shown on Figure 6. Each municipality has one or more locations within its territorial limits. For purposes of the study, data is presented for areas deemed to be the most important with regards to the management of the region's water resources.

Figura 6. Cada municipio cuenta con una o más localidades dentro de sus límites territoriales. Para efectos del estudio, se obtuvieron datos generales de interés para todas las localidades con un énfasis en las zonas de mayor importancia respecto a la gestión del recurso hídrico de la región.



**Figure/Figura 6** Municipalities and localities of the San Luis Region  
Municipios y localidades de la Región San Luis

The following sections describe the water availability of the various areas in the San Luis region.

Las siguientes secciones describen la disponibilidad de agua de las diversas áreas en la región de San Luis.

### San Luis Rio Colorado

#### San Luis Rio Colorado

The San Luis Rio Colorado area includes the municipalities of San Luis Rio Colorado, Ingeniero Luis B. Sánchez, and Golfo de Santa Clara.

#### San Luis Rio Colorado

El área de San Luis Río Colorado incluye los municipios de San Luis Río Colorado, Ingeniero Luis B. Sánchez y Golfo de Santa Clara.

#### Water Demand

The municipality of San Luis Rio Colorado has a very dry, warm climate, according to data from INEGI. Therefore, by 2019, according to the "Project rules for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of the city of San Luis Rio Colorado should have a potable water supply equal to 92 gpcd, while the inhabitants of Ingeniero Luis B. Sánchez and Golfo de Santa Clara should have 40 gpcd. Table 22 lists the water demand projections of for the inhabitants of these areas for the period of 2010 through 2030.

#### Demanda de Agua

El municipio cuenta con un clima cálido muy seco, según datos de INEGI, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de la ciudad de San Luis Rio Colorado deberían contar con una dotación de agua potable igual a 350 lts/hab/día, mientras que los habitantes de las localidades de Ingeniero Luis B. Sánchez y Golfo de Santa Clara con 150 lts/hab/día.

La Tabla 22 se muestran las proyecciones de dotación de agua potable para los habitantes Municipio de San Luis Rio Colorado en sus tres diferentes ciudades o localidades para el periodo 2010 - 2030.

**Table/Tabla 22 Water demand projections for the inhabitants of the towns of the municipality of San Luis Rio Colorado 2010 -2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de las localidades del municipio de San Luis Rio Colorado 2010 - 2030**

YEAR AÑO	SAN LUIS RIO COLORADO			ING. LUIS B. SANCHEZ			GOLFO DE SANTA CLARA		
	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	161,892	16,766	20.68	5,694	251	0.31	4,062	178	0.22
2011	164,549	17,041	21.02	5,827	259	0.32	4,203	186	0.23
2012	167,268	17,325	21.37	5,965	268	0.33	4,350	195	0.24
2013	169,894	17,592	21.70	6,100	268	0.33	4,497	203	0.25
2014	172,447	17,860	22.03	6,235	276	0.34	4,647	203	0.25
2015	174,937	18,119	22.35	6,368	284	0.35	4,799	211	0.26
2016	177,374	18,371	22.66	6,502	292	0.36	4,953	219	0.27
2017	179,768	18,622	22.97	6,635	292	0.36	5,110	227	0.28
2018	182,121	18,865	23.27	6,769	300	0.37	5,270	235	0.29
2019	184,435	19,100	23.56	6,902	308	0.38	5,433	243	0.30
2020	186,706	19,336	23.85	7,035	316	0.39	5,599	251	0.31
2021	188,952	19,571	24.14	7,169	316	0.39	5,768	259	0.32
2022	191,192	19,798	24.42	7,304	324	0.40	5,941	268	0.33
2023	193,414	20,033	24.71	7,440	332	0.41	6,119	276	0.34
2024	195,619	20,260	24.99	7,577	332	0.41	6,300	276	0.34
2025	197,801	20,487	25.27	7,715	341	0.42	6,484	284	0.35
2026	199,951	20,706	25.54	7,853	349	0.43	6,673	300	0.37
2027	202,063	20,925	25.81	7,991	357	0.44	6,864	308	0.38
2028	204,136	21,143	26.08	8,128	365	0.45	7,059	316	0.39
2029	206,168	21,354	26.34	8,266	365	0.45	7,258	324	0.40
2030	208,150	21,557	26.59	8,403	373	0.46	7,459	332	0.41



Regarding agriculture, the municipality of San Luis Rio Colorado demands an estimated 6,447 AF of water for irrigation, in its 2,650 acres. According to data from the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development, within the limits of the municipality there are 78,591 acres of crops, however 75,941 acres belong to the Mexicali Valley Irrigation District 014, so these will be evaluated with their respective demand for water, in the Baja California Mexicali Valley section. Table 23 summarizes the agricultural irrigation demands in San Luis.

En cuanto a agricultura, el municipio de San Luis Rio Colorado demanda un estimado de 7.95 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, en sus 1,072.41 ha. Según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, dentro de los límites del municipio realmente se encuentran 31,804.66 ha de cultivos, sin embargo 30,732.25 ha pertenecen al Distrito de Riego 014 del Valle de Mexicali, por lo que estas serán evaluadas, con su respectiva demanda de agua, en la sección de la zona de "Valle de Mexicali" en Baja California. La Tabla 23 resume las demandas de riego agrícola en San Luis.

**Table/Tabla 23**      **Estimated water consumption for irrigation in the San Luis municipality**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de San Luis**

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
San Luis Río Colorado Irrigation District 014 San Luis Río Colorado en Distrito de Riego 014	75,941	30,732	176,008	217
Local San Luis Río Colorado San Luis Río Colorado Local	2,650	1,072	6,145	8
Total Total	78,591	31,804	182,455	225

### Water Supply

Water for the Municipality of San Luis Río Colorado is supplied by two groundwater aquifers: Los Vidrios and Valle de San Luis Río Colorado, as shown on Figure 7. San Luis Rio Colorado, Ingeniero

### Oferta de Agua

La dotación de agua potable para el Municipio de San Luis Río Colorado es obtenida de dos: Los Vidrios y Valle de San Luis Río Colorado. Como se muestra en la Figura 7 las localidades de San Luis

Luis B. Sánchez, and Golfo de Santa Clara are supplied by the Valle de San Luis Rio Colorado aquifer. In the town of Golfo de Santa Clara, there is a fresh water extraction well that has concessioned water from the Los Vidrios aquifer.

According to data published by the Official Journal of the Federation, on January 4, 2018, the Valle de San Luis Rio Colorado Aquifer has an average annual recharge of 191,977 AF and has an environmental commitment of 26,348 AF. The aquifer has an annual extraction volume of 131,952 AF concessioned and 0.3 AF pending titling, which leaves the aquifer with an average annual availability of 33,677 AF of groundwater. Table 24 lists historical groundwater data for the Valle de San Luis Rio Colorado Aquifer. Prior to 2018, the aquifer was overdrawn, as shown in Figure 24.

Rio Colorado, Ingeniero Luis B. Sánchez, y el Golfo de Santa Clara son abastecidas por el acuífero de Valle de San Luis Rio Colorado. Además, en la localidad de Golfo de Santa Clara se encuentra un pozo de extracción de agua potable que tiene concesionada agua proveniente del acuífero Los Vidrios.

Según datos publicados por el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Valle de San Luis Rio Colorado cuenta con una recarga total media anual de 236.8 Mm<sup>3</sup> y tiene una descarga natural comprometida de 32.5 Mm<sup>3</sup>. El acuífero cuenta con un volumen de extracción anual de 162.76 Mm<sup>3</sup> concesionados y 0.000365 Mm<sup>3</sup> pendientes de titulación, lo que deja al acuífero con una disponibilidad media anual de 41.54 Mm<sup>3</sup> de aguas subterráneas. En la Tabla 24 se en lista la información histórica del agua subterránea del Valle de San Luis Rio Colorado. Antes de 2018, el acuífero estaba en una condición de sobregiro, como se muestra en la Figura 24.



Figure/Figura 7 Aquifers within the municipality of San Luis Rio Colorado  
Acuíferos dentro del municipio de San Luis Rio Colorado

**Table/Tabla 24**      **Historical groundwater data for the Valle de San Luis Rio Colorado Aquifer**  
**Comportamiento del acuífero Valle de San Luis Rio Colorado**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>
16/08/2010	191,977	236.8	26,348	32.5	171,709	211.8	-6080	-7.5
20/12/2013	191,977	236.8	26,348	32.5	171,709	211.8	-6080	-7.5
20/04/2015	191,977	236.8	26,348	32.5	171,709	211.8	-6080	-7.5
04/01/2018	191,977	236.8	26,348	32.5	131,984	162.8	33,645	41.5

The 2013 Urban Development Program of the Population Center of San Luis Rio Colorado update, entitled "San Luis Rio Colorado 2040", mentions that the water supply capacity for the population and for industrial activities in the future is guaranteed, since the recharge of the aquifer does not depend on local rainfall or the region, but on the runoff that flows from the Colorado River, entering Mexico and recharging the subsoil of the city.

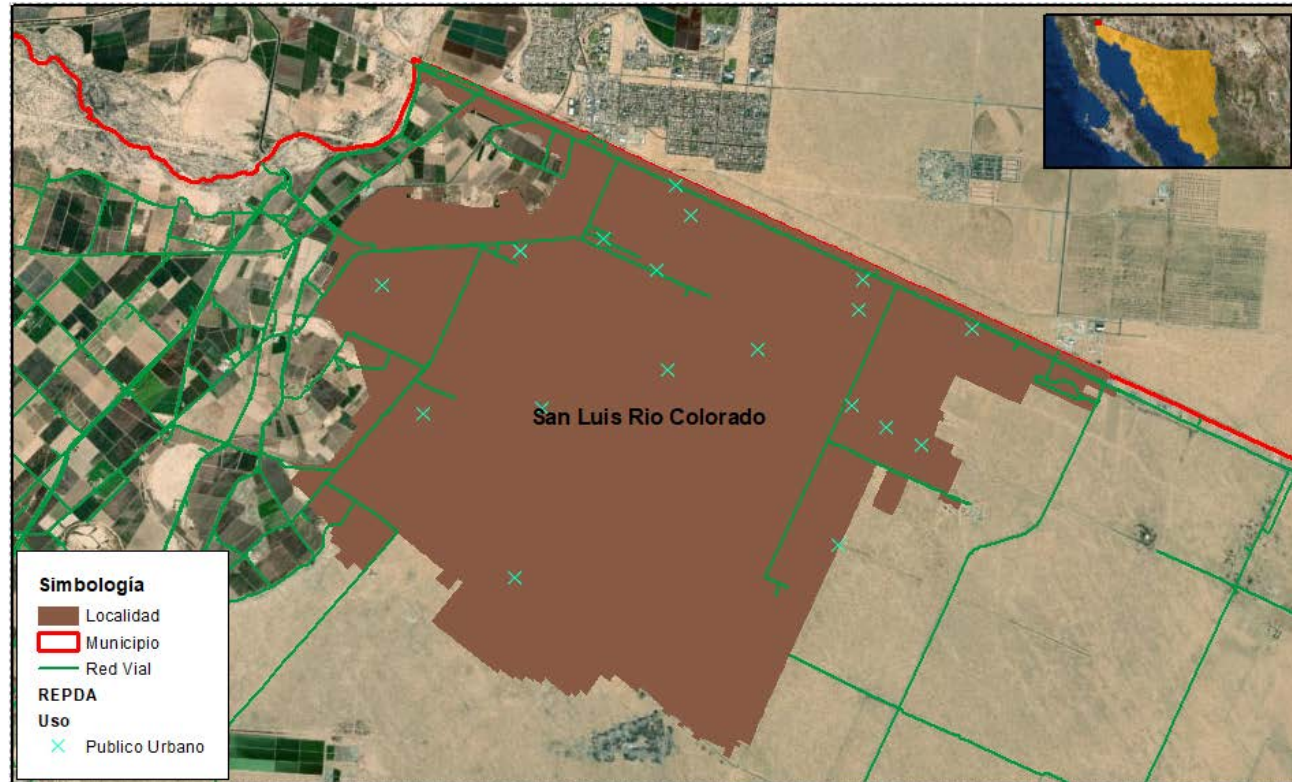
The 2013 update mentioned that the urban area of San Luis Rio Colorado, utilizes 19 local deep wells for water supply, which facilitates and makes more economical its extraction and distribution (pg. 65). The information obtained from REPDA is consistent with this information, with 19 wells registered to "Municipal Operator of Potable Water, Sewerage and Sanitation of San Luis Rio Colorado", which together have a concession

El Programa de Desarrollo Urbano del Centro Población de San Luis Rio Colorado en su actualización del año 2013, titulado "San Luis Rio Colorado 2040", menciona que la capacidad de suministro de agua para la población y para actividades industriales a futuro está garantizada, ya que la recarga del acuífero no depende de las precipitaciones locales o de la región, sino de los escurrimientos que fluyen desde la parte norte del río Colorado, entrando a México y recargando el subsuelo de la ciudad.

En el documento completo del PDUCP (Pg. 65) de San Luis Rio Colorado que fue actualizado en el año 2013, se mencionan 19 pozos profundos para abastecimiento de agua potable, localizados dentro de la zona urbana, lo que facilita y hace más económica su extracción y distribución. La información obtenida por parte del archivo de REPDA concuerda con lo estipulado en el PDUCP, contando con 19 pozos a nombre de "Organismo Operador Municipal de Agua Potable,

extraction equivalent to a flow rate of 16,983 gpm. These wells are shown on Figure 8.

Alcantarillado y Saneamiento de San Luis Rio Colorado”, los cuales en conjunto cuentan con una concesión de extracción equivalente a un caudal de 1071.43 litros por segundo. Los pozos se observan en la Figura 8.



Figure/Figura 8

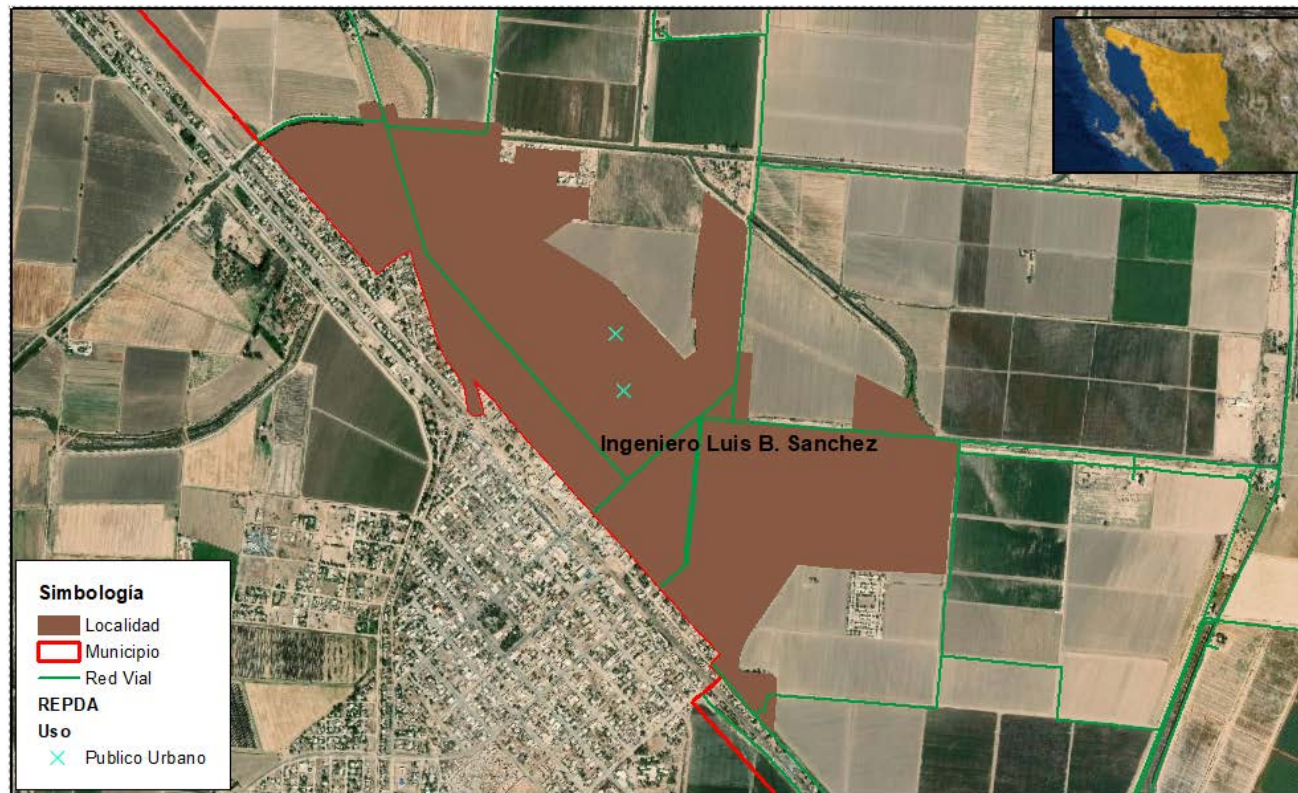
Municipal wells within the city of San Luis Rio Colorado, REPDA  
Pozos municipales dentro de la ciudad de San Luis Rio Colorado, REPDA

The town of Ingeniero Luis B. Sánchez does not have information, outside the Public Registry of Water Rights, about the number of wells or the volume of extraction granted to the city through the wells. According to information from the Public Registry of Water Rights, the city has two wells registered to "Municipal Operator of Potable Water, Sewerage and Sanitation of San Luis Rio Colorado", which together have an extraction concession equivalent to a flow of 262 gpm. These wells are shown on Figure 9.

It is noteworthy that half of the town is not within the municipality of San Luis Rio Colorado and becomes part of the municipality of Mexicali, so it is likely that there is a source of water supply by another agency belonging to the town Coahuila Station.

La localidad de Ingeniero Luis B. Sánchez no cuenta con información, fuera de REPDA, acerca de la cantidad de pozos o el volumen de extracción concesionado a la ciudad a través de los pozos. Según la información de REPDA, la ciudad cuenta con dos pozos a nombre de "Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de San Luis Rio Colorado", los cuales en conjunto cuentan con una concesión de extracción equivalente a un caudal de 16.51 litros por segundo. Estos pozos son mostrados en la Figura 9.

Cabe mencionar que la mitad de la localidad no está dentro del municipio de San Luis Rio Colorado y pasa a ser parte del municipio de Mexicali, por lo que es probable que exista fuente de abastecimiento de agua potable por parte de otra dependencia perteneciente a la localidad Estación Coahuila.



**Figure/Figura 9 OOMAPAS San Luis Rio Colorado wells within the city of Ingeniero Luis B. Sánchez, REPDA  
 Pozos a nombre de OOMAPAS San Luis Rio Colorado, dentro de la ciudad de Ingeniero Luis B. Sánchez, REPDA**

In the 1994 Urban Development Program of the Population Center, an extraction well with an expenditure of 238 gpm is mentioned as the only source of fresh water in the locality of Golfo de Santa Clara (pg. 16).

The Public Registry of Water Rights information lists two wells registered to "H. Constitutional City Hall of San Luis Rio Colorado (Gulf of Santa Clara)", which in total would generate an average flow of 109 gpm, as shown on Figure 10. This flow is much lower

En el PDUCP de 1994 se menciona como única fuente de abastecimiento de agua potable, en la localidad de Golfo de Santa Clara, un pozo de extracción con un gasto de 15 litros por segundo (Pg. 16).

La información de REPDA contiene dos pozos a nombre de "H. Ayuntamiento Constitucional de San Luis Rio Colorado (Golfo de Santa Clara)", los cuales en total generarían un caudal medio de 6.9 litros por segundo, como se muestra en la Figura 10. Este caudal es

than that stipulated in the 1994 Urban Development Program of the Population Center document.

mucho menor al estipulado en el documento Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de 1994.



**Figure/Figura 10** Wells registered to H. Constitutional City Hall of San Luis Rio Colorado within the city of Golfo de Santa Clara, REPDA  
Pozos a nombre de H. Ayuntamiento Constitucional de San Luis Rio Colorado dentro de la ciudad de Golfo de Santa Clara, REPDA



## Puerto Peñasco

This section presents the water availability analysis for Puerto Peñasco.

### Water Demand

According to their Urban Development Plan the inhabitants of Puerto Peñasco should have a potable water supply equal to 92.47 gpcd. Table 25 lists the water demand projections for the inhabitants of Puerto Peñasco for the period of 2010 through 2030.

## Puerto Peñasco

Esta sección presenta el análisis de la disponibilidad de agua para Puerto Peñasco.

### Demanda de Agua

De acuerdo con su Plan de Desarrollo Urbano, los habitantes de Puerto Peñasco deberían contar con una dotación de agua potable igual a 350 lts/hab/día. La Tabla 25 enlista las proyecciones de las demandas de agua de los habitantes de Puerto Peñasco en el periodo del 2010 al 2030.

**Table/Tabla 25 Water demand projections for the inhabitants of Puerto Peñasco 2010 – 2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Puerto Peñasco 2010 - 2030**

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año			AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	58,179	6,024	7.43	2021	73,407	7,605	9.38
2011	60,181	6,234	7.69	2022	74,427	7,710	9.51
2012	62,015	6,421	7.92	2023	75,434	7,815	9.64
2013	63,664	6,591	8.13	2024	76,431	7,913	9.76
2014	65,166	6,745	8.32	2025	77,420	8,018	9.89
2015	66,549	6,891	8.5	2026	78,397	8,123	10.02
2016	67,838	7,029	8.67	2027	79,360	8,221	10.14
2017	69,052	7,151	8.82	2028	80,311	8,318	10.26
2018	70,206	7,272	8.97	2029	81,249	8,415	10.38
2019	71,310	7,386	9.11	2030	82,172	8,513	10.5
2020	72,373	7,499	9.25				

As for agriculture, the municipality of Puerto Peñasco demands an estimated 1,147 AF of water for irrigation, for its 297 acres of asparagus, according to data from the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Development Rural. Table 26 summarizes the agricultural irrigation demands in Puerto Peñasco.

En cuanto a agricultura, el municipio de Puerto Peñasco demanda un estimado de 1.41 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para sus 120 hectáreas de espárrago, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. La Tabla 26 resume las demandas de riego agrícola en Puerto Peñasco.

**Table/Tabla 26** Estimated water consumption for irrigation in the Puerto Peñasco municipality / Volumen de Consumo estimado de agua para riego en el municipio de Puerto Peñasco

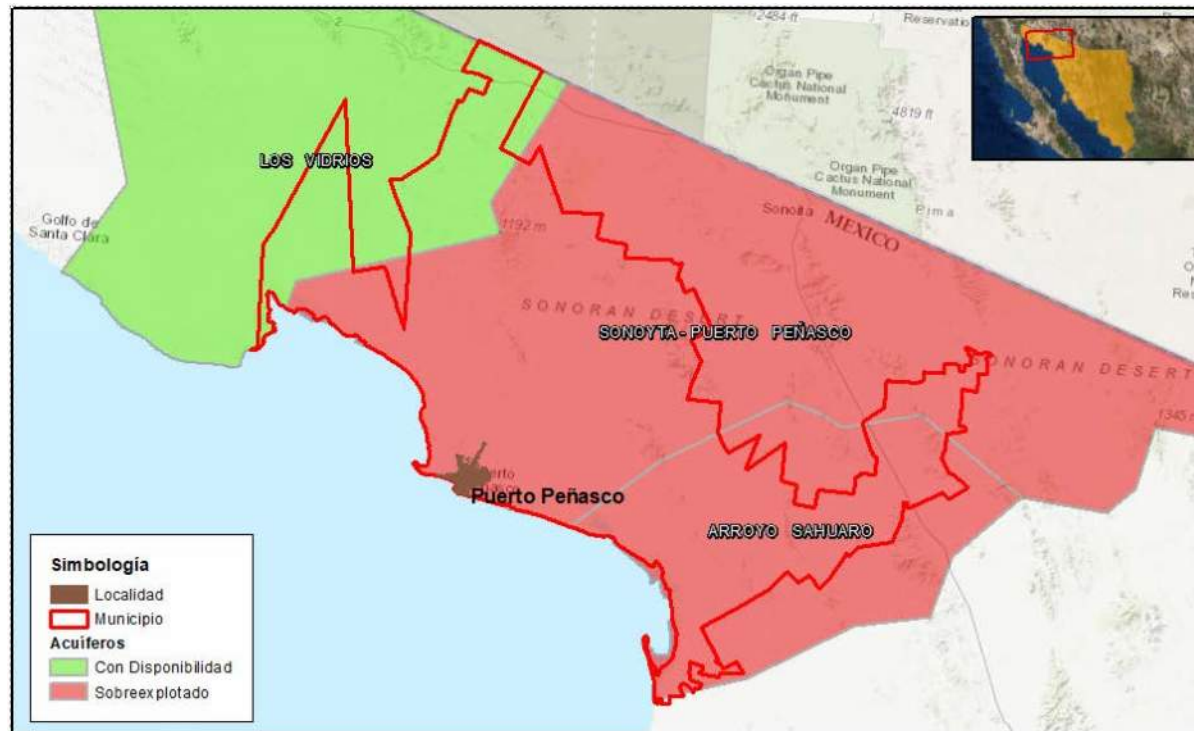
MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Puerto Peñasco	297	120	1,147	1.41

### Water Supply

Fresh water for the population of Puerto Peñasco is obtained through groundwater wells. There are three aquifers within the limits of the municipality of Puerto Peñasco: Los Vidrios, Sonoyta - Puerto Peñasco, and Arroyo Sahuaro, as shown on Figure 11. Of the mentioned aquifers, only the first is not in an overdraft situation and only the second supplies the population center of the town of Puerto Peñasco.

### Oferta de Agua

La dotación de agua potable para la población de Puerto Peñasco es obtenida a través de pozos que se encargan de extraer el agua de los mantos acuíferos. Existen tres acuíferos dentro de los límites del municipio de Puerto Peñasco: Los Vidrios, Sonoyta – Puerto Peñasco y Arroyo Sahuaro, como se muestran en la Figura 11. De los acuíferos mencionados solo el primero no se encuentra en situación de sobreexplotación y solamente el segundo abastece al centro de población de la localidad de Puerto Peñasco.



**Figure/Figura 11** Aquifers within the municipality of Puerto Peñasco  
 Acuíferos dentro del municipio de Puerto Peñasco

Table 27 lists historical groundwater data for the Sonoyta - Puerto Peñasco aquifer. As shown in table 27, this aquifer is in a condition of overdraft.

La Tabla 27 enumera los datos históricos de aguas subterráneas para el acuífero Sonoyta - Puerto Peñasco. Como se muestra en la Tabla 27, este acuífero se encuentra en una situación de sobregiro.

**Table/Tabla 27**      **Historical groundwater data for the Sonoyta - Puerto Peñasco aquifer**  
**Comportamiento del acuífero Sonoyta - Puerto Peñasco**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
28/08/2009	33,564	41.4	12,890	15.9	85,530	105.5	-64857.2	-80.0
20/12/2013	33,564	41.4	12,890	15.9	85,611	105.6	-64938.2	-80.1
20/04/2015	33,564	41.4	12,890	15.9	87,233	107.6	-66559.7	-82.1
04/01/2018	33,564	41.4	12,890	15.9	87,071	107.4	-66397.5	-81.9

In the Official Gazette of the Federation of April 2015, according to the update of the annual average availability of the Sonoyta - Puerto Peñasco aquifer, it is mentioned that the decrease in water reserves in the aquifers caused the deterioration of the quality of the groundwater, due salt water intrusion (pg. 9).

The 2005 Urban Development Program of the Population Center mentions that the agency responsible for supplying water to the locality of Puerto Peñasco, Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOMAPAS), has nine wells in operation that extract a flow of 3,724.83 gpm of fresh water (pg. 74). The March 23, 2017 Regional Program for Land Use Planning of San Luis Río Colorado mentions that the organization has 11 extraction wells, as shown on Figure 12, with three out of operation; but no flows are mentioned (pg. 266).

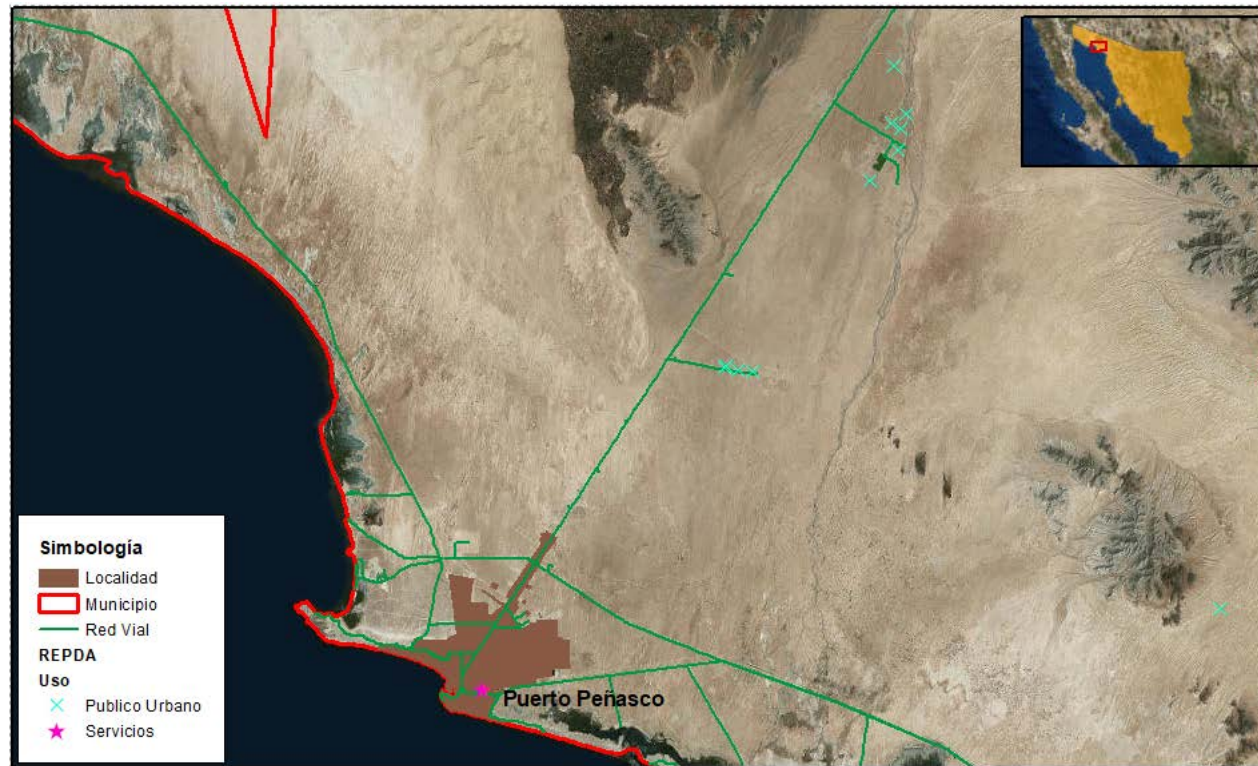
De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación de abril del 2015 respecto a la actualización de la disponibilidad media anual del acuífero Sonoyta – Puerto Peñasco, se menciona que la disminución de las reservas de agua en los mantos acuíferos a causado el deterioro de la calidad química del agua subterránea, debido al avance de la interfase salina (Pg. 9).

En el Programa de Desarrollo Urbano del año 2005, se menciona que el organismo encargado de abastecer el agua potable a la localidad de Puerto Peñasco, El Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOMAPAS), tiene nueve pozos en operación que extraen un caudal de 235 litros por segundo de agua potable (Pg. 74). El Programa Regional del Ordenamiento Territorial de San Luis Río Colorado, del 23 de marzo del 2017, menciona que el organismo cuenta con 11 pozos de extracción, como se muestra en la

Data from the Public Registry of Water Rights indicates that there are 12 wells registered to "Municipal Operator of Potable Water, Sewerage and Sanitation of Puerto Peñasco". The 12 wells have a concession for total extraction of fresh water of 7,069 AF/yr (annual average flow of 4,383 gpm).

Figura 12, con tres fuera de funcionamiento; no se mencionan caudales (Pg. 266).

Por último, se tiene el dato por parte del Registro Público de Derechos de Agua que existen 12 pozos a nombre de "Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Puerto Peñasco". Los 12 pozos cuentan con una concesión para extracción total de agua potable de 8.7 Mm<sup>3</sup>/año (un caudal promedio anual de 276.5 litros por segundo).



**Figure/Figura 12** Wells registered to OOMAPAS Puerto Peñasco, REPDA  
 Pozos a nombre de OOMAPAS Puerto Peñasco, REPDA

### General Plutarco Elias Calles

The municipality has a single urban town (Sonoyta) within its entire territorial area. Sonoyta has a warm climate, according to data from INEGI. Therefore, by 2019, according to the “Project norms for water supply in urban areas of the Mexican Republic”,

### General Plutarco Elias Calles

El municipio cuenta con una sola localidad urbana (Sonoyta) dentro de toda su área territorial. La localidad de Sonoyta cuenta con un clima cálido, según datos de INEGI, por lo que, al año 2019, respecto a las “Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana”, los habitantes de Sonoyta

the inhabitants of Sonoyta should have a potable water supply equal to 53 gpcd.

Table 28 shows the projection of potable water supply for the inhabitants of Sonoyta Municipality for the period of 2010 through 2030.

deberían contar con una dotación de agua potable igual a 200 lts/hab/dia.

En la Tabla 28 se muestra la proyección de dotación de agua potable para los habitantes Municipio de Sonoyta para el periodo 2010 al 2030.

**Table/Tabla 28** Water demand projections for the inhabitants of Sonoyta 2010 – 2030  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Sonoyta 2010 - 2030

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año			AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	13,157	584	0.72	2021	16,363	968	1.19
2011	13,551	601	0.74	2022	16,604	983	1.21
2012	13,917	618	0.76	2023	16,846	997	1.23
2013	14,249	632	0.78	2024	17,087	1,011	1.25
2014	14,556	646	0.80	2025	17,330	1,026	1.27
2015	14,844	659	0.81	2026	17,571	1,040	1.28
2016	15,116	895	1.10	2027	17,809	1,054	1.30
2017	15,378	910	1.12	2028	18,045	1,068	1.32
2018	15,632	925	1.14	2029	18,277	1,082	1.33
2019	15,880	940	1.16	2030	18,507	1,095	1.35
2020	16,123	954	1.18				

As for agriculture, the municipality of Plutarco Elias Calles demands an estimated 26,779 AF of water for irrigation, for 8,481 acres of irrigation, according to data from the *Statistical Yearbook*

En cuanto a agricultura, el municipio de Plutarco Elías Calles demanda un estimado de 33.03 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para 3,432 hectáreas de riego, según datos del “Anuario Estadístico de Producción Agrícola

of *Agricultural Production 2017* published by the Ministry of Agriculture and Development Rural. Table 29 summarizes the agricultural irrigation demands in Plutarco Elías Calles.

2017” publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. La Tabla 29 resume las demandas de riego agrícola en Plutarco Elías Calles.

**Table/Tabla 29**      **Estimated water consumption for irrigation in the General Plutarco Elías Calles municipality**  
**Volumen de Consumo estimado de agua para riego en el municipio de General Plutarco Elías Calles**

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
General Plutarco Elías Calles	8,481	3,432	26,779	33.0

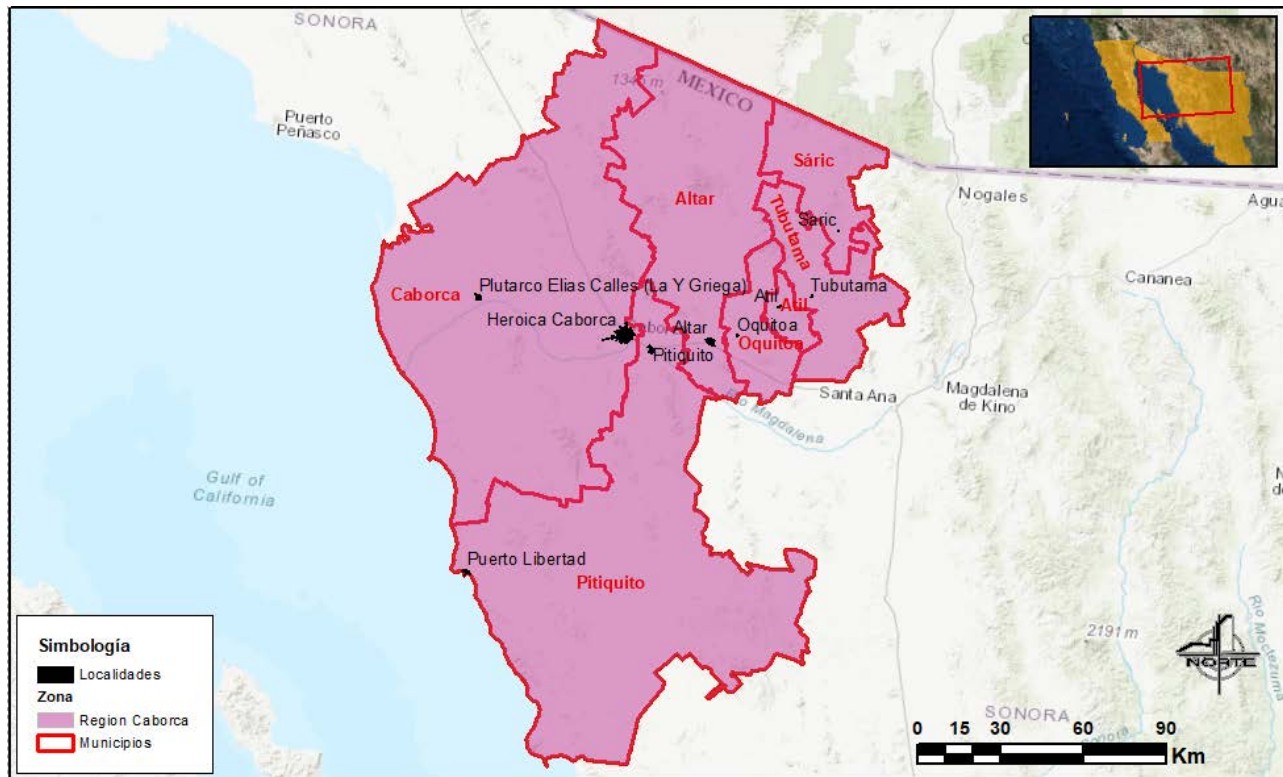
### Caborca Region

The region of Caborca includes the municipalities of Caborca, Pitiquito, Altar, Saric, Tubutama, Atil and Oquitoa, as shown in Figure 13. Each municipality has one or more localities within its territorial limits. For the purposes of the study, the localities belonging to the municipalities of Caborca, Altar, Saric and the town of Puerto Libertad in Pitiquito were analyzed, due to the relevance of these localities in terms of water resource management in the area.

### Región Caborca

La región de Caborca abarca los municipios de Caborca, Pitiquito, Altar, Saric, Tubutama, Atil y Oquitoa, como se muestra en la Figura 13. Cada municipio cuenta con una o más localidades dentro de sus límites territoriales. Para efectos del estudio, se analizaron las localidades pertenecientes a los municipios de Caborca, Altar, Saric y la localidad de Puerto Libertad en Pitiquito, debido a la relevancia de estas localidades en cuanto a la gestión del recurso hídrico de la zona.





**Figure/Figura 13** Municipalities and localities of the Caborca Region  
 Municipios y Localidades de la Region de Caborca

The following sections describe the water availability of the various areas in the Caborca region.

Las siguientes secciones describen la disponibilidad de agua de las diversas áreas en la región de Caborca.

## Caborca

The municipality has two locations, the City of Caborca and the town of Plutarco Elias Calles.

### Water Demand

In general, the climate in the municipality is defined as dry, semi-warm extreme. Therefore, by 2024, according to the "Project standards for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of Caborca should have a water supply of 39.63 gpcd for Plutarco Elias Calles and 79.26 gpcd for the City of Caborca. Table 30 lists the projections of Water demand projections for the inhabitants of these areas for the period of 2010 through 2030.

## Caborca

El municipio cuenta con dos localidades, la Ciudad de Caborca y la localidad Plutarco Elías Calles.

### Demanda de Agua

El municipio cuenta con dos localidades, la Ciudad de Caborca y la localidad Plutarco Elías Calles. En general el clima en el municipio se define como seco, semicálido extremo, por lo que, al año 2024, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de Caborca deben tener un suministro de agua de 150 lts/hab/día para Plutarco Elías Calles y 300 lts/hab/día para la Ciudad de Caborca. La Tabla 30 enlista las proyecciones de las demandas de agua de los habitantes de estas áreas en el periodo del 2010 al 2030.

**Table/Tabla 30** Water demand projections for the inhabitants of Caborca 2010 – 2030  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Caborca 2010 – 2030

YEAR AÑO	CIUDAD DE CABORCA			LOCALIDAD PLUTARCO ELIAS CALLES		
	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	61,405	4,540	5.60	3,817	170	0.21
2011	62,368	4,613	5.69	3,946	178	0.22
2012	63,301	4,686	5.78	4,076	178	0.22
2013	34,151	2,529	3.12	4,204	186	0.23
2014	64,934	4,808	5.93	4,331	195	0.24
2015	65,658	4,856	5.99	4,457	195	0.24

YEAR AÑO	CIUDAD DE CABORCA			LOCALIDAD PLUTARCO ELIAS CALLES		
	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2016	66,331	4,905	6.05	4,583	203	0.25
2017	66,959	4,953	6.11	4,708	211	0.26
2018	67,548	4,994	6.16	4,834	211	0.26
2019	68,097	5,035	6.21	4,960	219	0.27
2020	68,609	5,075	6.26	5,086	227	0.28
2021	69,091	5,108	6.30	5,212	235	0.29
2022	69,550	5,148	6.35	5,340	235	0.29
2023	69,986	5,180	6.39	5,469	243	0.30
2024	70,397	6,251	7.71	5,599	251	0.31
2025	70,785	6,283	7.75	5,730	251	0.31
2026	71,147	6,315	7.79	5,861	259	0.32
2027	71,482	6,348	7.83	5,994	268	0.33
2028	71,791	6,372	7.86	6,126	276	0.34
2029	72,074	6,397	7.89	6,260	276	0.34
2030	72,329	6,421	7.92	6,393	284	0.35

As for agriculture, the municipality of Caborca demands an estimated 114,859 AF of water for irrigation, to supply 54,044 acres of irrigation, according to data from the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development. Table 31 summarizes the agricultural irrigation demands in Caborca.

En cuanto a agricultura, el municipio de Caborca demanda un estimado de 141.68 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 21,871 ha de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. La Tabla 31 resume las demandas de riego agrícola en Caborca.

**Table/Tabla 31**      **Estimated water consumption for irrigation in the Caborca municipality**  
**Volumen de Consumo estimado de agua para riego en el municipio de Caborca**

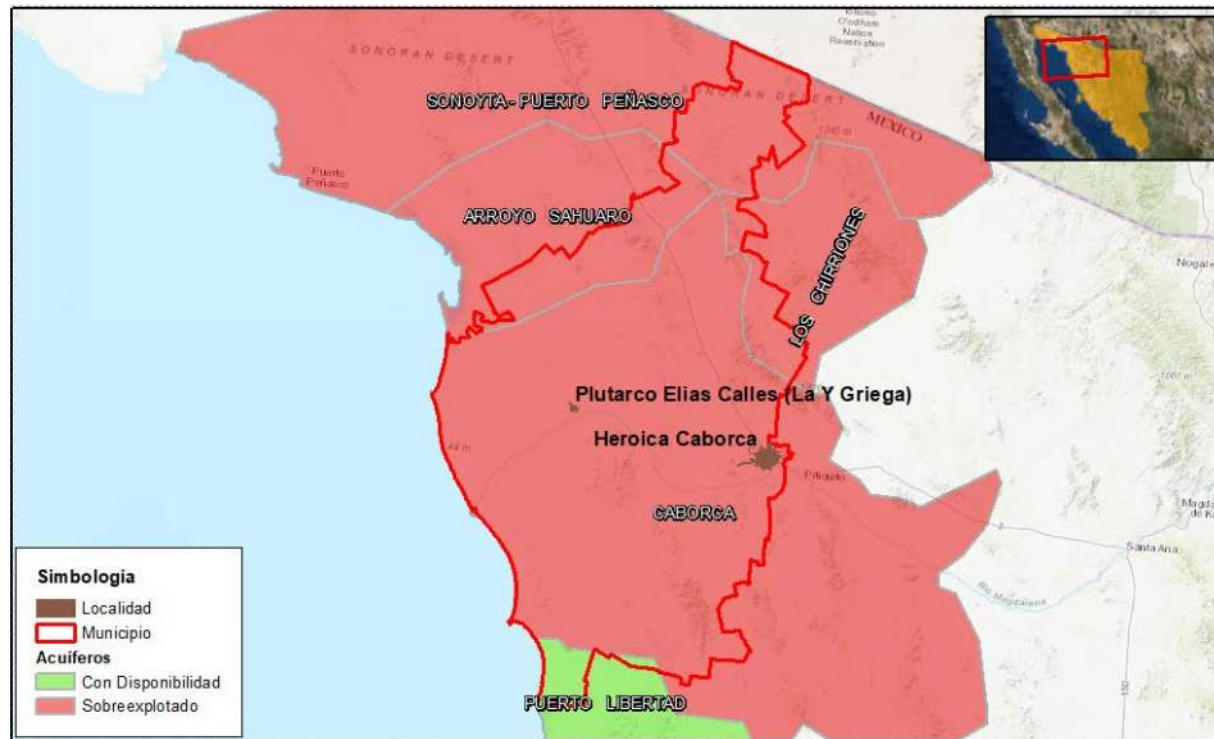
MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Caborca	54,044	21,871	114,859	141.68

### Water Supply

Water supply for the population of the municipality of Caborca is supplied through groundwater wells that extract water from the Caborca aquifer (Urban Development Plan of the Population Center of Caborca page 43), as shown on Figure 14.

### Oferta de Agua

La dotación de agua potable para la población del municipio de Caborca es obtenida a través de pozos que se encargan de extraer el agua del acuífero Caborca (Plan de desarrollo Urbano del Centro de Población de Caborca pg. 43), como se muestra en la Figura 14.



**Figure/Figura 14**      **Aquifers within the Municipality of Caborca**  
**Acuíferos dentro del Municipio de Caborca**

According to data published on the Official Gazette of the Federation, on January 4, 2018, the Caborca aquifer has an average annual total recharge of 172,601 AF and the aquifer does not have an environmental allocation. The aquifer has a concessioned volume of groundwater of 246,295 AF/yr resulting in a total overdraft of 73,694 AF/yr (Official Gazette of the Federation, January 25, 2018). Table 32 lists historical groundwater data for the Caborca aquifer.

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Caborca cuenta con una recarga total media anual de 212.9 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no tiene una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 303.8 Mm<sup>3</sup>, lo que deja una sobreexplotación total de 90.9 Mm<sup>3</sup>/yr (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 32 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero de Caborca.

**Table/Tabla 32**      **Historical groundwater data for the Caborca aquifer**  
**Comportamiento del acuífero Caborca**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>
25/01/2011	172,601	212.9	0	0	249,355	307.57	-76,754	-94.7
20/12/2013	172,601	212.9	0	0	248,371	306.36	-75,770	-93.5
20/04/2015	172,601	212.9	0	0	245,513	302.84	-72,912	-89.9
04/01/2018	172,601	212.9	0	0	246,271	303.77	-73,670	-90.9

The agency responsible for supplying water to the locality of Caborca is OOMAPAS. The 1995 Urban Development Program of the Population Center mentions that the agency has two catchment areas. The first is located in the area known as Las Calabazas with three wells, as shown on Figure 15. The second is located in the center of the city and also has three wells, as shown on Figure 16. The Las Calabazas area extracts a flow of 2,932 gpm of water and the Centro zone extracts a flow of 2061 gpm of water (PDUCP Caborca page 44).

The official website of the Municipal Potable Water and Sewerage Authority (OOMAPAS) of Caborca states that Wells 7 and 8, which are in the Caborca aquifer and are registered under H. Ayuntamiento de Caborca, supply the city of Pitiquito in the municipality with its same name.

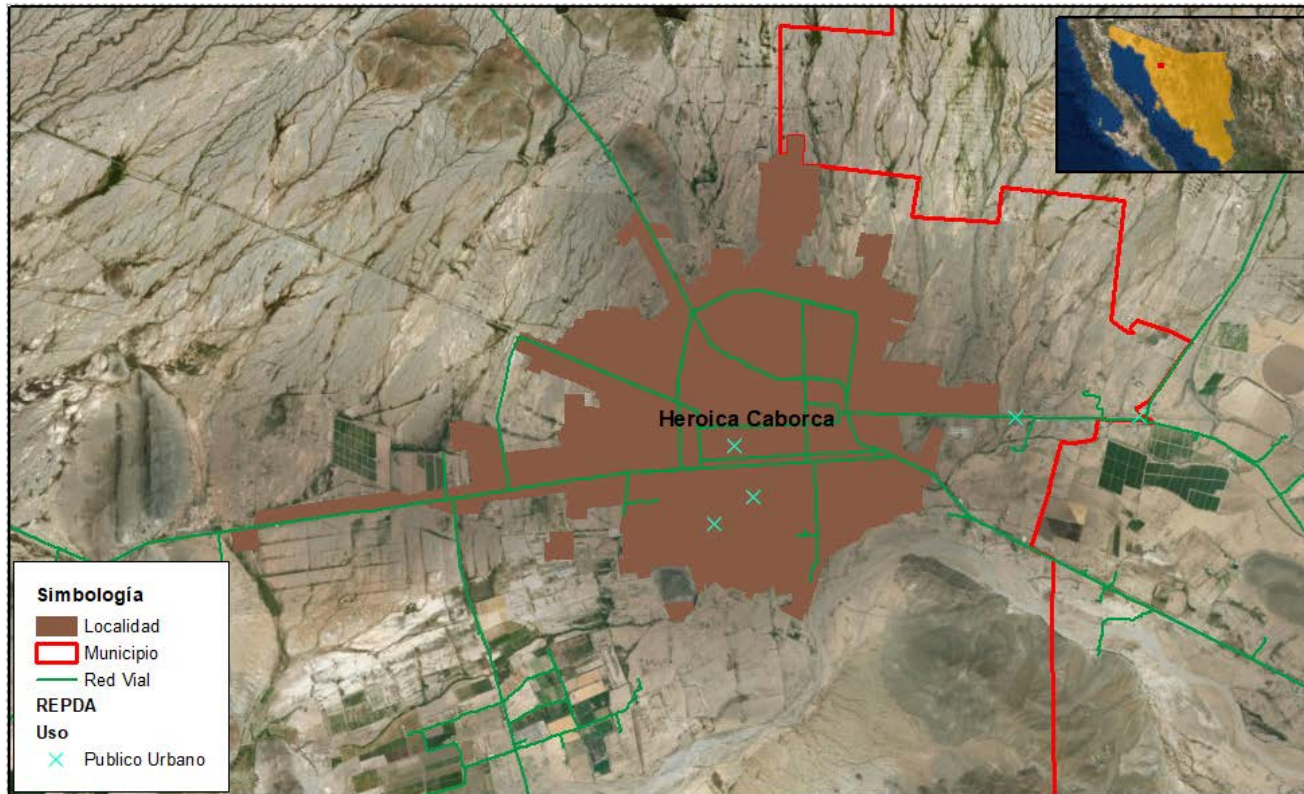
El organismo encargado de abastecer el agua potable a la localidad de Caborca es OOMAPAS. El Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población del año 1995, se menciona que el organismo tiene dos zonas de captación. La primera ubicada en la zona conocida como Las Calabazas contando con tres pozos, como se muestra en Figura 15. La segunda se localiza en la zona centro de la ciudad y también cuenta con tres pozos, como se muestra en la Figura 16. La zona Las Calabazas extrae un caudal de 185 litros por segundo de agua potable y la zona Centro extrae un caudal de 130 litros por segundo de agua potable (PDUCP Caborca pg. 44).

En la página oficial del Organismo Operador Municipal de Agua Potable de Alcantarillado y Saneamiento (OOMAPAS) de Caborca, se menciona que los “Pozo 7 y 8” que pertenecen al acuífero de Caborca y están a nombre del H. Ayuntamiento de Caborca, estos pozos se

Data from the Public Registry of Water Rights confirms the existence of the wells mentioned on the official website of OOMAPAS of Caborca (except for Well 7 and 8). It lists an average annual flow of 2,871 gpm for the city of Caborca and 109 gpm for the locality of Plutarco Elías Calles (La Y Griega).

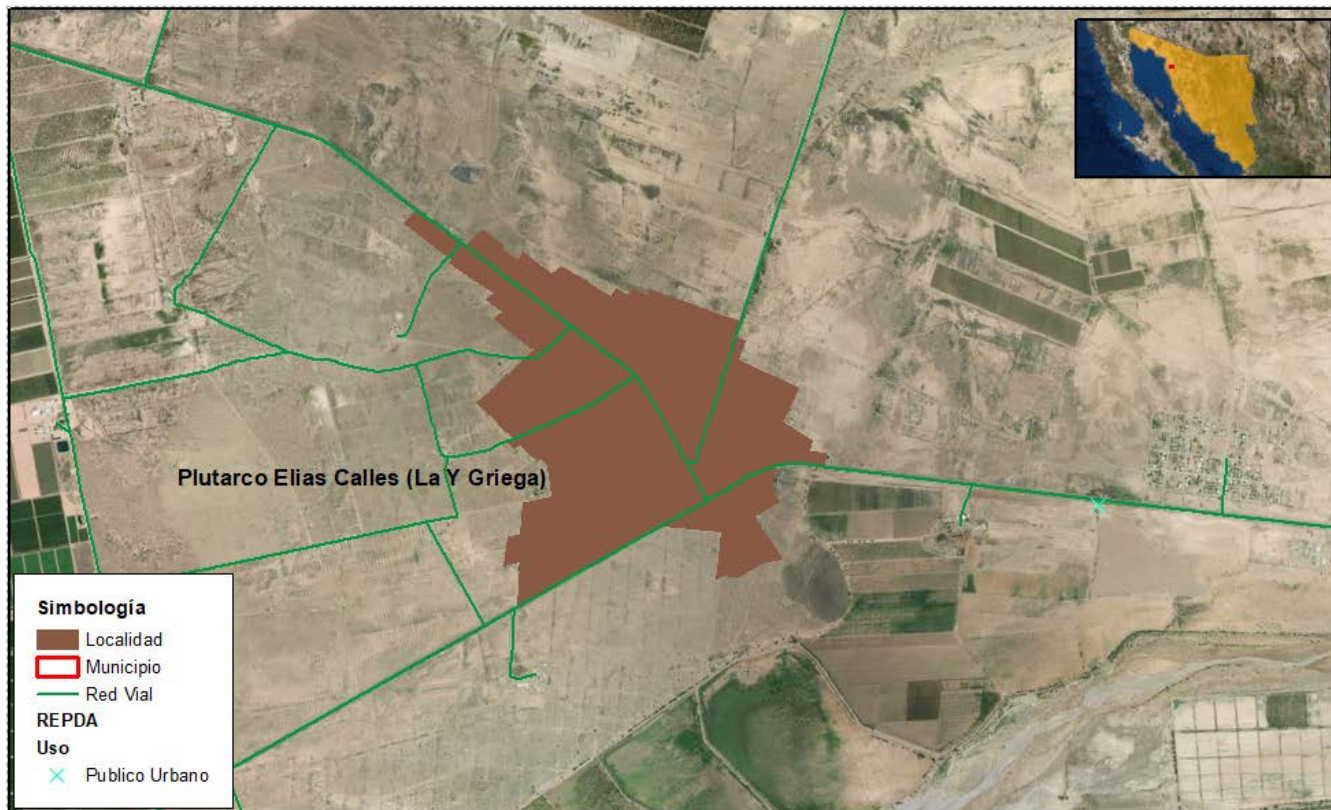
encargan de abastecer a la ciudad de Pitiquito, la cual pertenece al municipio con su mismo nombre.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), confirman la existencia de los pozos mencionados en la página oficial de OOMAPAS de Caborca (a excepción de Pozo 7 y 8). Data un caudal promedio anual de 181.16 litros por segundo para la ciudad de Caborca y 6.88 litros por segundo para la localidad de Plutarco Elías Calles (La Y Griega).



Figure/Figura 15 Wells registered to OOMAPAS in the City of Caborca, REPDA  
Pozos a nombre de OOMAPAS Caborca, REPDA





Figure/Figura 16

Wells registered to H. Constitutional City Hall of Caborca (General Plutarco Elías Calles), REPDA  
 Pozos a nombre de H. Ayuntamiento Constitucional de Caborca (Gral. Plutarco Elías Calles), REPDA

### Pitiquito

The municipality has two localities, Pitiquito and Puerto Libertad.

### Water Demand

In general, the climate in the municipality is defined as dry, semi-warm extreme. Therefore, by 2019, according to the "Project

### Pitiquito

El municipio cuenta con dos localidades, Pitiquito y la localidad de Puerto Libertad.

### Demanda de Agua

En general el clima en el municipio se define como seco, semicálido extremo. Por lo tanto, para 2019, según los "Estándares del

standards for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of Pitiquito should have with a potable water supply equal to 39.63 gpcd.

proyecto para el suministro de agua en áreas urbanas de la República Mexicana", los habitantes de Pitiquito deberían tener un suministro de agua potable igual a 150 lts/hab/día.

**Table/Tabla 33 Water demand projections for the inhabitants of Pitiquito 2010 -2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Pitiquito 2010 – 2030**

YEAR AÑO	PITIQUITO			PUERTO LIBERTAD		
	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	5,543	243.21	0.3	2,850	129.71	0.16
2011	5,602	251.32	0.31	2,825	121.61	0.15
2012	5,676	251.32	0.31	2,806	121.61	0.15
2013	5,756	259.43	0.32	2,791	121.61	0.15
2014	5,841	259.43	0.32	2,777	121.61	0.15
2015	5,931	259.43	0.32	2,765	121.61	0.15
2016	6,023	267.54	0.33	2,753	121.61	0.15
2017	6,118	267.54	0.33	2,742	121.61	0.15
2018	6,214	275.64	0.34	2,731	121.61	0.15
2019	6,311	283.75	0.35	2,720	121.61	0.15
2020	6,409	283.75	0.35	2,708	121.61	0.15
2021	6,507	291.86	0.36	2,696	121.61	0.15
2022	6,605	291.86	0.36	2,684	121.61	0.15
2023	6,704	299.96	0.37	2,671	121.61	0.15
2024	6,802	299.96	0.37	2,658	121.61	0.15
2025	6,900	308.07	0.38	2,643	113.5	0.14
2026	6,997	308.07	0.38	2,628	113.5	0.14

YEAR AÑO	PITIQUITO			PUERTO LIBERTAD		
	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2027	7,094	316.18	0.39	2,613	113.5	0.14
2028	7,189	316.18	0.39	2,597	113.5	0.14
2029	7,283	324.29	0.4	2,579	113.5	0.14
2030	7,376	324.29	0.4	2,562	113.5	0.14

As for agriculture, the municipality of Pitiquito demands an estimated 6,420 AF of water for irrigation, to supply 2,163 acres of irrigation, according to data of the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development. Table 34 summarizes the agricultural irrigation demands in Pitiquito.

En cuanto a agricultura, el municipio de Pitiquito demanda un estimado de 7.92 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 875.30 hectáreas de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. La Tabla 34 resume las demandas de riego agrícola en Pitiquito.

**Table/Tabla 34** Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Pitiquito  
 Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Pitiquito

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Pitiquito	2,163	875	6,420	7.92

### Water Supply

Water for the locality of Puerto Libertad is supplied through wells that extract water from the Puerto Libertad aquifer, as shown in Figure 17.

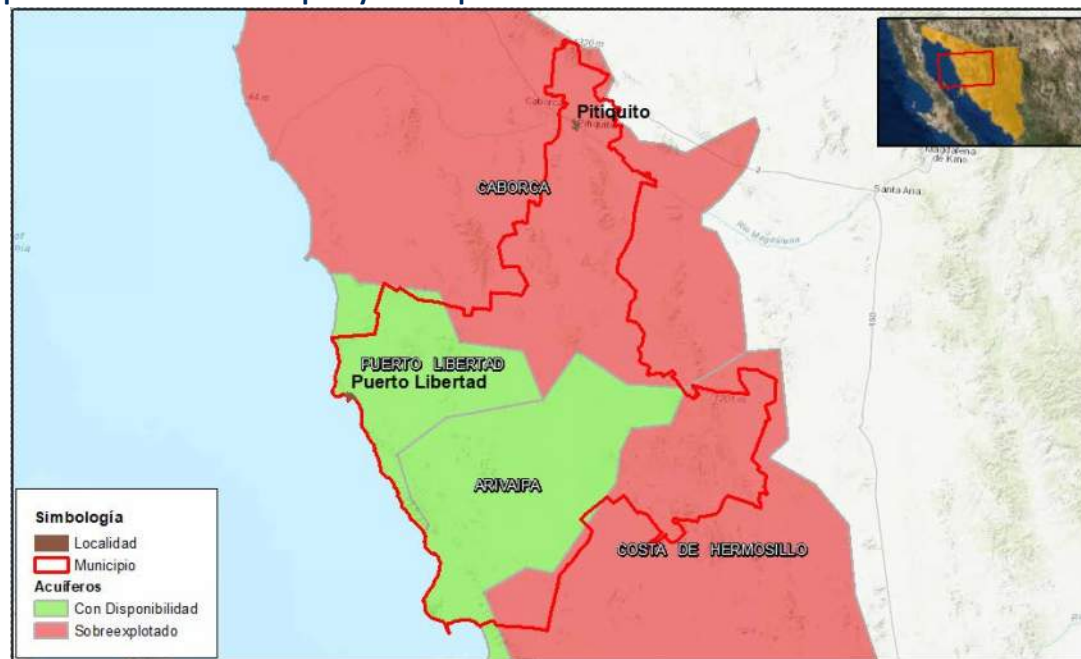
### Oferta de Agua

El municipio de Pitiquito contiene a la localidad Puerto Libertad, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero Puerto

Libertad, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 17.

Figure/Figura 17

**Acuíferos dentro del Municipio de Pitiquito**  
**Aquifers within the Municipality of Pitiquito**



According to data published in the Official Gazette of the Federation, on January 4, 2018, the Puerto Libertad aquifer has an average annual total recharge of 6,648 AF and an environmental allocation of 1,054 AF. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 4,937 AF, which leaves a

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Puerto Libertad cuenta con una recarga total media anual de 8.2 Mm<sup>3</sup>, el acuífero tiene una descarga natural comprometida de 1.3 Mm<sup>3</sup>. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 6.09 Mm<sup>3</sup>, lo que deja

total groundwater availability of 657 AF. Table 35 lists the historical data of the groundwater of the Puerto Libertad aquifer.

una disponibilidad de aguas subterráneas total de 0.81 Mm<sup>3</sup>/ año. La Tabla 35 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero de Puerto Libertad.

**Table/Tabla 35**      **Characteristics of the Puerto Libertad aquifer**  
**Características del acuífero Puerto Libertad**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
07/08/2010	6,648	8.20	1,054	1.30	4,940	6.09	654	0.81
12/20/2013	6,648	8.20	1,054	1.30	4,940	6.09	654	0.81
04/20/2015	6,648	8.20	1,054	1.30	5,047	6.23	547	0.67
01/04/2018	6,648	8.20	1,054	1.30	5,047	6.23	20	0.02

According to data from the "Update of water availability in the Puerto Libertad aquifer" of April 20, 2015, the locality of Puerto Libertad uses an amount of 365 AF/yr (0.22 gallons per minute) for urban public use.

Según datos de la "Actualización de la disponibilidad de agua en el acuífero Puerto Libertad" del 20 de abril del 2015, la localidad de Puerto Libertad utiliza una cantidad de 0.45 Mm<sup>3</sup>/año para uso público urbano, lo que puede traducirse a 0.014 litros por segundo.

### Altar

The municipality counts on a single locality within its territorial area that also called "Altar".

### Altar

El municipio cuenta con una sola localidad dentro de su área territorial que lleva su mismo nombre "Altar".

### Water Demand

In general, the climate in the municipality is defined as dry, semi-warm extreme, so, by 2019, according to the "Project standards for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of Caborca should have with a potable water supply equal to 39.63 gpcd. Table 36 lists the water demand projections for Altar.

### Demanda de Agua

En general el clima en el municipio se define como seco, semicálido extremo, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de Caborca deberían contar con una dotación de agua potable igual a 300 lts/hab/día. La Tabla 36 enumera las proyecciones de demanda de agua para Altar.

**Table/Tabla 36** Water demand projections for the inhabitants of Altar 2010 -2030  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Altar 2010 – 2030

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año			AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	8,114	357	0.44	2021	9,093	405	0.5
2011	8,165	365	0.45	2022	9,196	405	0.5
2012	8,237	365	0.45	2023	9,300	413	0.51
2013	8,317	373	0.46	2024	9,404	413	0.51
2014	8,404	373	0.46	2025	9,507	422	0.52
2015	8,495	381	0.47	2026	9,609	430	0.53
2016	8,590	381	0.47	2027	9,710	430	0.53
2017	8,688	389	0.48	2028	9,809	438	0.54
2018	8,788	389	0.48	2029	9,906	438	0.54
2019	8,889	397	0.49	2030	9,093	405	0.5
2020	8,990	397	0.49				

As shown in Table 37, the municipality of Altar demands an estimated 39,489 AF of water for irrigation to supply 14,701 acres of irrigation, according to the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

Como se muestra en la Tabla 37, en cuanto a agricultura, el municipio de Altar demanda un estimado de 48.71 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 5,949.15 hectáreas de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 37** Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Altar  
 Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Altar

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Altar	14,701	5,949	39,489	48.71

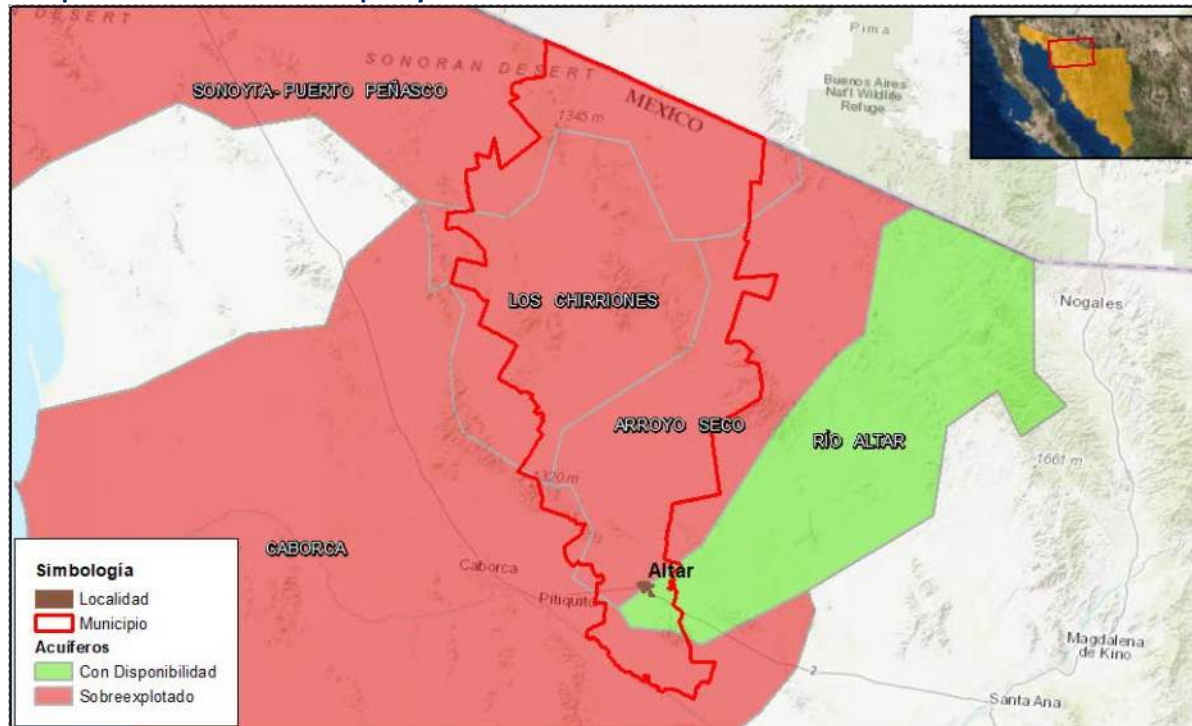
### Water Supply

The municipality of Altar contains the locality of Altar, which supplies water through wells that are responsible for extracting water from the Altar River aquifer, which is within the limits of the locality, as observe in Figure 18.

### Oferta de Agua

El municipio de Altar contiene a la localidad de Altar, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero Rio Altar, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 18.

Figure/Figura 18 **Acuíferos dentro del Municipio de Altar**  
**Aquifers within the Municipality of Altar**



According to data published in the Official Gazette of the Federation on January 4, 2018, the Rio Altar aquifer has an average annual total recharge of 17,025 AF. The aquifer does not have an environmental allocation. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 16,725 AF, which leaves a total groundwater availability of 300 AF/yr (Official Gazette of The Federation, January 25, 2018). Table 38 lists the historical data of the groundwater of the Rio Altar aquifer.

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Río Altar cuenta con una recarga total media anual de 21 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no cuenta con una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 20.49 Mm<sup>3</sup>, lo que deja una disponibilidad de aguas subterráneas total de 0.37 Mm<sup>3</sup>/año (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 38 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero de Río Altar.



**Table/Tabla 38**      **Characteristics of the Rio Altar aquifer**  
**Características del acuífero Río Altar**

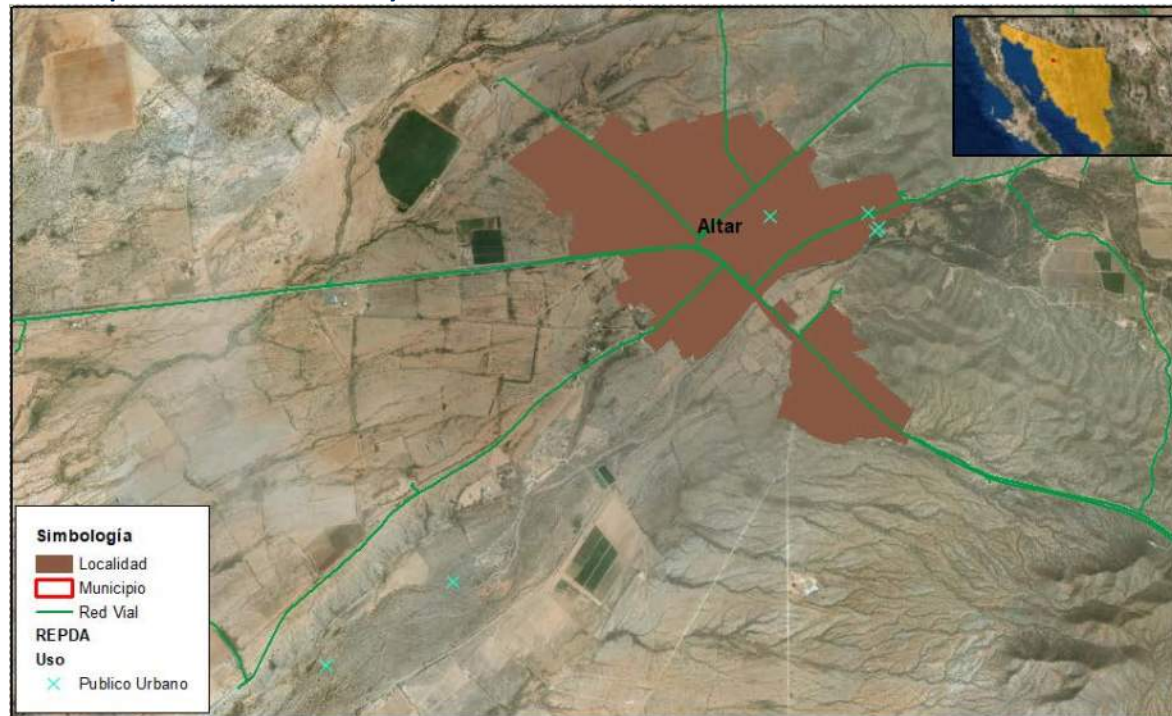
DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	17,025.00	21.00	0	0	1,4755.00	18.20	2,270.00	2.80
20/12/2013	17,025.00	21.00	0	0	16,546.70	20.41	413.46	0.51
20/01/2015	17,025.00	21.00	0	0	16,546.70	20.41	478.32	0.59
04/01/2018	17,025.00	21.00	0	0	16,611.50	20.49	299.96	0.37

Data from the Public Registry of Water Rights (REPDA), provide the information of six wells registered to the Potable Water, Sewer and Sanitation Operating Organization of Altar, as shown on Figure 19. The wells deliver an average annual flow of 368 gallons per minute for the locality of Altar.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), proporcionan la información de seis pozos a nombre de del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Altar, como se muestra en la Figura 19. Los pozos entregan un caudal promedio anual de 23.21 litros por segundo para la localidad de Altar.

Figure/Figura 19

**Pozos municipales dentro de la ciudad de Puerto Peñasco, REPDA**  
**Municipal wells within the City of Puerto Peñasco, REPDA**



### Saric

The municipality of Saric only a single locality within its territorial area also called "Saric".

### Water Demand

In general, the climate in the municipality is defined as dry, semi-warm extreme, so, by 2019, according to the "Project standards

### Saric

El municipio cuenta con una sola localidad dentro de su área territorial que lleva su mismo nombre "Saric".

### Demanda de Agua

En general el clima en el municipio se define como seco, semicálido extremo, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de

for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of Caborca should have with a potable water supply equal to 79.25 gpcd. Table 39 lists the water demand projections for Saric.

proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana”, los habitantes de Sáric deberían contar con una dotación de agua potable igual a 150 lts/hab/día. La Tabla 39 enumera las proyecciones de demanda de agua para Saric.

**Table/Tabla 39 Water demand projections for the inhabitants of Saric 2010 -2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Sáric 2010 – 2030**

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año			gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	2,762	39.63	150	121.61	0.15	2021	3,052	39.63	150	137.82	0.17
2011	2,774	39.63	150	121.61	0.15	2022	3,086	39.63	150	137.82	0.17
2012	2,793	39.63	150	121.61	0.15	2023	3,121	39.63	150	137.82	0.17
2013	2,815	39.63	150	121.61	0.15	2024	3,158	39.63	150	137.82	0.17
2014	2,840	39.63	150	129.71	0.16	2025	3,196	39.63	150	137.82	0.17
2015	2,867	39.63	150	129.71	0.16	2026	3,234	39.63	150	145.93	0.18
2016	2,896	39.63	150	129.71	0.16	2027	3,273	39.63	150	145.93	0.18
2017	2,925	39.63	150	129.71	0.16	2028	3,311	39.63	150	145.93	0.18
2018	2,956	39.63	150	129.71	0.16	2029	3,350	39.63	150	145.93	0.18
2019	2,987	39.63	150	129.71	0.16	2030	3,388	39.63	150	154.04	0.19
2020	3,019	39.63	150	137.82	0.17						

As shown in Table 40, the municipality of Saric demands an estimated 1,743 AF/yr of water for irrigation of 490.50 acres of irrigation, according to the "Statistical Yearbook of Agricultural

Como se muestra en la Tabla 40, en cuanto a agricultura, el municipio de Sáric demanda un estimado de 2.15 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 198.50 hectáreas de riego, según datos del "Anuario

Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 40**      **Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Saric**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Sáríc**

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Saric	491	199	1,743	2.15

### Water Supply

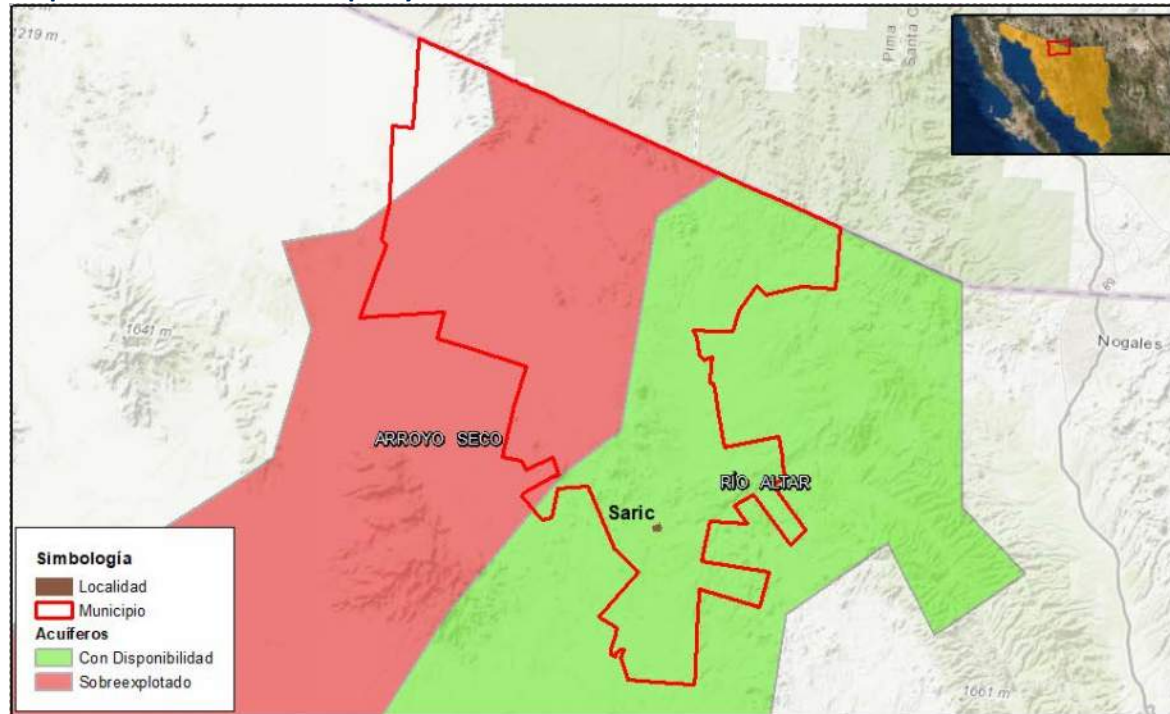
The municipality of Saric contains the locality of Saric, which supplies water through wells that are responsible for extracting water from the Altar River aquifer, which is within the limits of the locality, as observe in Figure 20.

### Oferta de Agua

El municipio de Saric contiene a la localidad de Saric, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero Rio Altar, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 20.

Figure/Figura 20

**Acuíferos dentro del Municipio de Saric**  
**Aquifers within the Municipality of Saric**



According to data published in the Official Gazette of the Federation on January 4, 2018, the Rio Altar aquifer has an average annual total recharge of 17,025 AF, the aquifer does not have an environmental allocation. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 16,725 AF, which leaves a total groundwater availability of 300 AF/yr (Official Gazette of The Federation, January 25, 2018). Table 41 lists the historical data of the groundwater of the Rio Altar aquifer.

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Rio Altar cuenta con una recarga total media anual de 21 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no cuenta con una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 20.49 Mm<sup>3</sup>, lo que deja una disponibilidad de aguas subterráneas total de 0.37 Mm<sup>3</sup>/año (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 41 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero de Rio Altar.

**Table/Tabla 41**      **Characteristics of the Rio Altar aquifer**  
**Características del acuífero Río Altar**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	17,025	21.00	0	0	1,4755	18.20	2,270	2.80
20/12/2013	17,025	21.00	0	0	16,547	20.41	414	0.51
20/01/2015	17,025	21.00	0	0	16,547	20.41	478	0.59
04/01/2018	17,025	21.00	0	0	16,612	20.49	300	0.37

Data from the Public Registry of Water Rights (REPDA) show one well operated by the Potable Water, Sewerage and Sanitation Operator of Saric, as shown on Figure 21. The well delivers an annual average flow of 33 gallons per minute for the locality of Saric.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), proporcionan la información de uno pozo a nombre de del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Saric, como se muestra en la Figura 21. El pozo entrega un caudal promedio anual de 2.08 litros por segundo para la localidad de Saric.

Figure/Figura 21  
**Pozos municipales de la ciudad de Saric, REPDA**  
**Municipal wells in the City of Saric, REPDA**



## Nogales Region

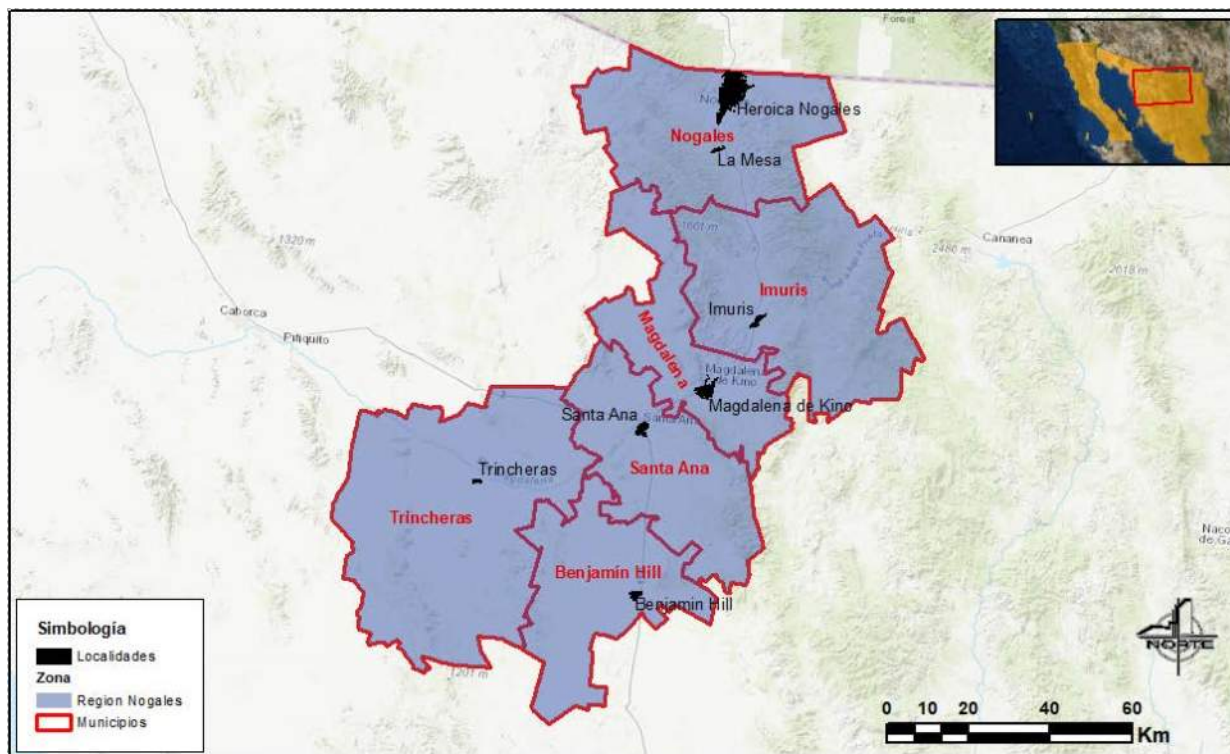
The Nogales region includes the municipalities of Nogales, Imuris, Magdalena, Santa Ana, Trincheras and Benjamin Hill, as shown on Figure 22. Each municipality has one or more localities within its territorial limits. For the purposes of the study, the localities belonging to the municipalities of Nogales were analyzed, which is relevant in terms of the water management of the area due to

## Región Nogales

La región de Nogales abarca los municipios de Nogales, Imuris, Magdalena, Santa Ana, Trincheras y Benjamin Hill, como se muestra en la Figura 22. Cada municipio cuenta con una o más localidades dentro de sus límites territoriales. Para efectos del estudio, se analizaron las localidades pertenecientes a los municipios de Nogales que tiene relevancia en cuanto a la gestión hídrica de la zona, ya sea

the amount of population or socio-economic activities that are carried out within the locality.

por su cantidad de población o actividades socioeconómicas que se desempeñan dentro de la localidad.



Figure/Figura 22 Municipalities and Localities of the Nogales Region  
Municipios y Localidades de la Region de Nogales



## Nogales

The municipality has two main localities; Heroica de Nogales and La Mesa.

### Water Demand

Both Heroica de Nogales and La Mesa have a very dry hot climate, according to data from INEGI, so, by 2019, according to the "Project rules for water supply in urban areas of the Mexican Republic", the inhabitants of the Nogales Heroica should have a potable water supply equal to 92.5 gpcd and the locality the Mesa should have a potable water supply of 39.6 gpcd. Table 42 presents the water demand projections for Nogales.

## Nogales

El municipio cuenta con dos localidades principales; Heroica de Nogales y La Mesa.

### Demanda de Agua

Heroica de Nogales y La Mesa, en ambas se presenta un clima cálido muy seco, según datos de INEGI, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de la Heroica Nogales deberían contar con una dotación de agua potable igual a 350 lts/hab/día y la localidad la Mesa contaría con una dotación de agua potable de 150 lts/hab/día. La Tabla 42 presenta las proyecciones de demanda de agua para Nogales.

**Table/Tabla 42 Water demand projections for the inhabitants of Nogales 2010 – 2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Nogales 2010 – 2030**

YEAR AÑO	HEROICA DE NOGALES					LA MESA				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POBLACIÓN POPULATION	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	217,875	92.47	350	22,565	27.83	3,071	39.63	150	136	0.17
2011	221,288	92.47	350	22,919	28.27	3,095	39.63	150	137	0.17
2012	224,916	92.47	350	23,294	28.73	3,122	39.63	150	139	0.17
2013	228,513	92.47	350	23,667	29.19	3,148	39.63	150	140	0.17
2014	232,082	92.47	350	24,036	29.65	3,172	39.63	150	141	0.17
2015	235,616	92.47	350	24,402	30.10	3,196	39.63	150	142	0.17

YEAR AÑO	HEROICA DE NOGALES					LA MESA				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POBLACIÓN POPULATION	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2016	239,115	92.47	350	24,765	30.55	3,218	39.63	150	143	0.18
2017	242,584	92.47	350	25,124	30.99	3,240	39.63	150	144	0.18
2018	246,017	92.47	350	25,480	31.43	3,260	39.63	150	145	0.18
2019	249,412	92.47	350	25,831	31.86	3,280	39.63	150	146	0.18
2020	252,759	92.47	350	26,178	32.29	3,298	39.63	150	146	0.18
2021	256,080	92.47	350	26,522	32.71	3,316	39.63	150	147	0.18
2022	259,399	92.47	350	26,866	33.14	3,333	39.63	150	148	0.18
2023	262,701	92.47	350	27,208	33.56	3,349	39.63	150	149	0.18
2024	265,982	92.47	350	27,547	33.98	3,365	39.63	150	149	0.18
2025	269,235	92.47	350	27,884	34.39	3,380	39.63	150	150	0.19
2026	272,443	92.47	350	28,217	34.8	3,394	39.63	150	151	0.19
2027	275,596	92.47	350	28,543	35.21	3,407	39.63	150	151	0.19
2028	278,689	92.47	350	28,864	35.6	3,419	39.63	150	152	0.19
2029	281,720	92.47	350	29,177	35.99	3,429	39.63	150	152	0.19
2030	284,674	92.47	350	29,483	36.37	3,439	39.63	150	153	0.19

As shown in Table 43, the municipality of Nogales demands an estimated 2,843 AF of water for irrigation annually for 916 acres, according to the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

Como se muestra en la Tabla 43, en cuanto a agricultura, el municipio de Nogales demanda un estimado de 3.51 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 370.50 hectáreas de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 43**      **Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Nogales**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Nogales**

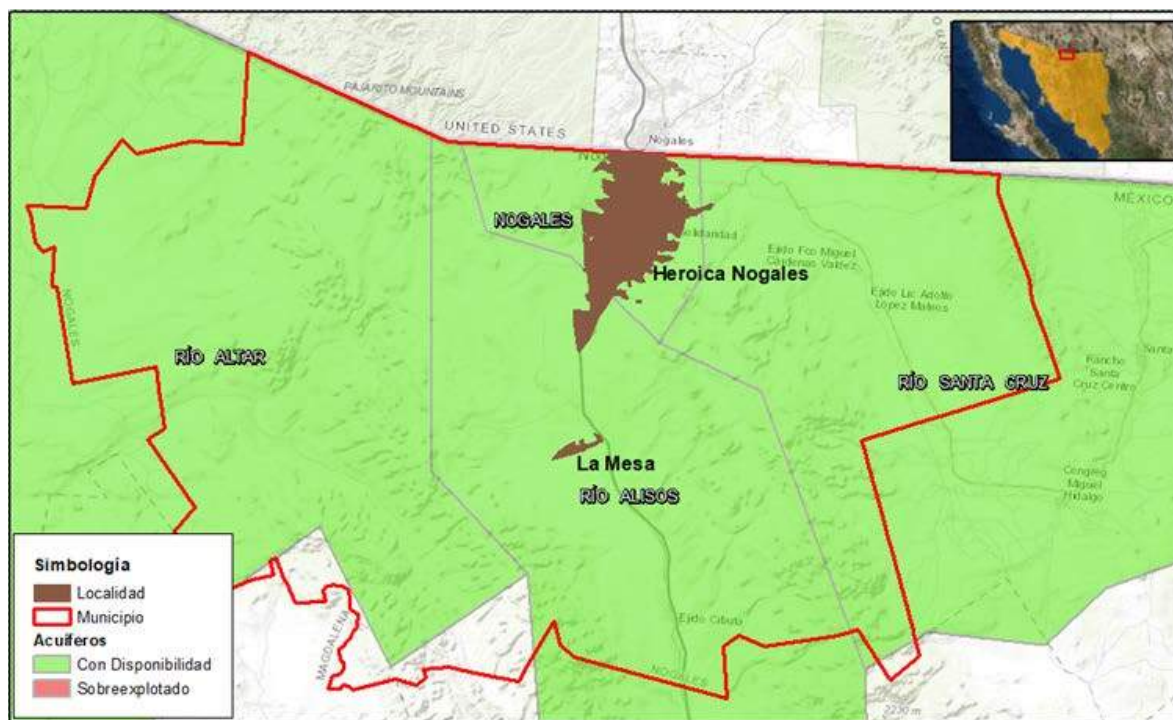
MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Nogales	916	371	2,843	3.51

### Water Supply

The supply of fresh water for the population of Heroica Nogales and La Mesa is groundwater. As shown on Figure 23, there are two aquifers within the limits of the municipality of Heroica Nogales: Rio Alisos and Nogales, which only supply these municipalities, and neither of which is overdrafted.

### Oferta de Agua

La dotación de agua potable para la población de Heroica Nogales y la Mesa es obtenida a través de pozos que se encargan de extraer el agua de los mantos acuíferos. Como se muestra en la Figura 23, existen dos acuíferos dentro de los límites del municipio de Heroica Nogales: Rio Alisos y Nogales. Los anteriores acuíferos solo se abastecen del primero ambos municipios, ninguno de los dos se encuentra sobreexplotado.



**Figure/Figura 23** **Aquifers within the Municipality of Nogales**  
**Acuíferos dentro del Municipio de Nogales**

According to data published by the official newspaper of the federation January 4, 2018, the aquifer Rio Alisos has an average annual total recharge of 13,296 AF and has an environmental allocation of 973 AF committed, the aquifer over the years has increased the volume concessioned, due to this the availability of groundwater has decreased; to the last update, its availability is 3,535 AF/yr. Table 44 presents the characteristics of the Alisos River aquifer.

Según datos publicados por el diario oficial de la federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Rio Alisos cuenta con una recarga total media anual de 16.4 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos) y tiene una descarga natural comprometida de 1.2 Mm<sup>3</sup>, el acuífero a lo largo de los años ha aumentado el volumen concesionado, debido a esto ha disminuido la disponibilidad del agua subterránea; a la última actualización su disponibilidad es de 4.36 Mm<sup>3</sup>/año. La Tabla 44 presenta las características del acuífero del Río Alisos.

**Table/Tabla 44**      **Characteristics of the Alisos River aquifer**  
**Características del acuífero Río Alisos**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
25/01/2011	13,296	16.40	973	1.20	7,702	9.50	8,943	11.03
20/12/2013	13,296	16.40	973	1.20	7,858	9.69	4,465	5.51
20/04/2015	13,296	16.40	973	1.20	8,682	10.71	3,641	4.49
04/01/2018	13,296	16.40	973	1.20	8,686	10.71	3,537	4.36

In the Urban Development Plan of the municipality of 2017, it is mentioned that there is a system called Paredes-Macareñas, this system is located on the Santa Cruz River and consists of 8 wells providing Nogales with 81.9 gallons per second; it is complemented by the Alisos system, which is composed of 6 wells in operation that extract a flow of 270 liters per second of fresh water and in the City of Nogales are located 19 wells with an expenditure of 26.4 gallons per second, for a total of 179.6 gallons per second (Pg. 68).

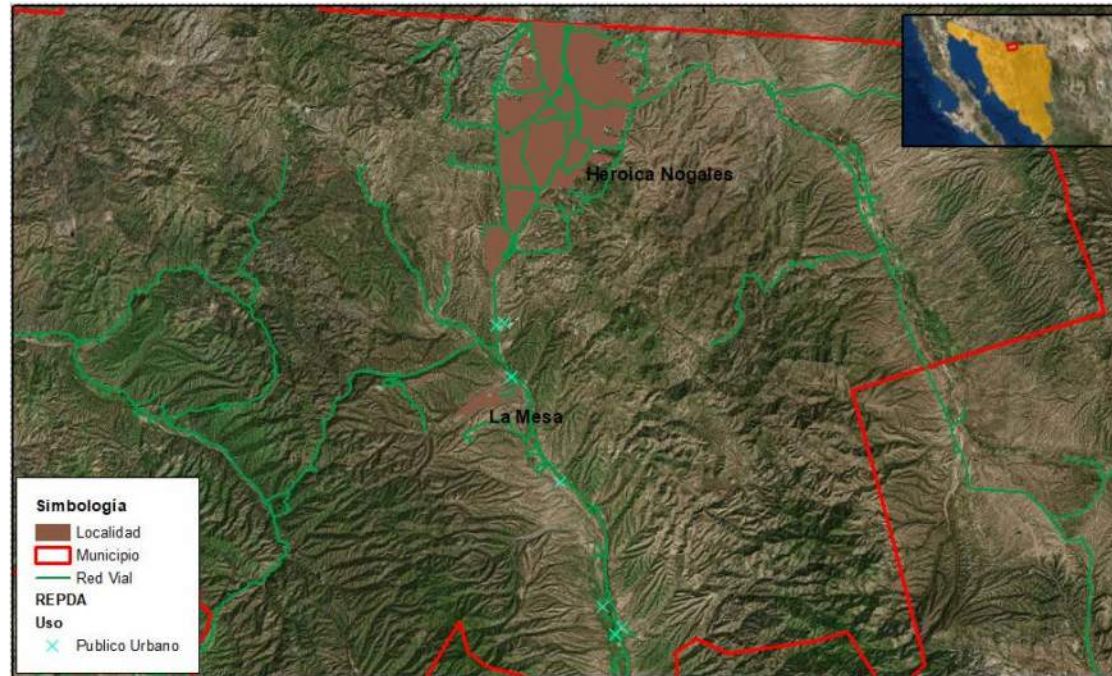
Data from the Public Registry of Water Rights (REPDA) provides information for 7 wells registered to the Potable Water, Sewerage and Sanitation Operator of Nogales, as shown in Figure 24. The wells have an average annual flow of 33.3 gpcd.

En el Plan de Desarrollo Urbano del municipio del año 2017, se menciona que se cuenta con un sistema llamado Paredes-Macareñas, este sistema se localiza en el Río Santa Cruz y se compone de 8 pozos dotando a Nogales con 310 lps; se complementa con el sistema los Alisos el cual se compone por 6 pozos en operación que extraen un caudal de 270 litros por segundo de agua potable y en la ciudad de Nogales se ubican 19 pozos con un gasto de 100 lps, sumando un total de 680 lps (Pg. 68).

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), proporcionan la información de 7 pozos a nombre del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Nogales, como se muestra en la Figura 24. Los pozos tienen concesionado un caudal promedio anual de 125.94 litros por segundo.

Figure/Figura 24

**Municipal wells in the City of Nogales and La Mesa, REPDA**  
**Pozos municipales de la ciudad de Nogales y La Mesa, REPDA**



### Imuris

Imuris municipality has a single locality within its territorial area with the same name "Imuris".

### Water Demand

In general, the climate in the municipality is defined as dry, semi-warm extreme, so, by 2019, according to the "Project standards for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the

### Imuris

El municipio cuenta con una sola localidad dentro de su área territorial que lleva su mismo nombre "Imuris".

### Demanda de Agua

En general el clima en el municipio se define como seco, semicálido extremo, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la

inhabitants of Caborca should have a potable water supply equal to 79.3 gpcd. Table 45 lists the water demand projections for Imuris.

república mexicana”, los habitantes de Caborca deberían contar con una dotación de agua potable igual a 300 lts/hab/día. La Tabla 45 enumera las proyecciones de demanda de agua para Imuris.

**Table/Tabla 45** Water demand projections for the inhabitants of the towns of the municipality of Imuris 2010 -2030  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de las localidades del municipio de Imuris 2010 – 2030

YEAR AÑO	LOCALIDAD IMURIS				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	6,997	39.63	150	308	0.38
2011	7,025	39.63	150	308	0.38
2012	7,043	39.63	150	316	0.39
2013	7,046	39.63	150	316	0.39
2014	7,037	39.63	150	316	0.39
2015	7,018	39.63	150	308	0.38
2016	6,992	39.63	150	308	0.38
2017	6,958	39.63	150	308	0.38
2018	6,918	39.63	150	308	0.38
2019	6,873	39.63	150	308	0.38
2020	6,822	39.63	150	300	0.37
2021	6,767	39.63	150	300	0.37
2022	6,708	39.63	150	300	0.37
2023	6,645	39.63	150	292	0.36
2024	6,578	39.63	150	292	0.36
2025	6,507	39.63	150	292	0.36

YEAR AÑO	LOCALIDAD IMURIS				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2026	6,433	39.63	150	284	0.35
2027	6,355	39.63	150	284	0.35
2028	6,273	39.63	150	276	0.33
2029	6,188	39.63	150	276	0.33
2030	6,099	39.63	150	267.54	0.33

As shown in Table 46, the municipality of Imuris demands an estimated 11,619 AF of water for irrigation, to supply 3,492 acres, according to the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

Como se muestra en la Tabla 46, en cuanto a agricultura, el municipio de Imuris demanda un estimado de 14.33 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 1,413 hectáreas de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 46** Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Imuris  
 Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Imuris

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Ímuris	3,492	1,413	11,619	14.33



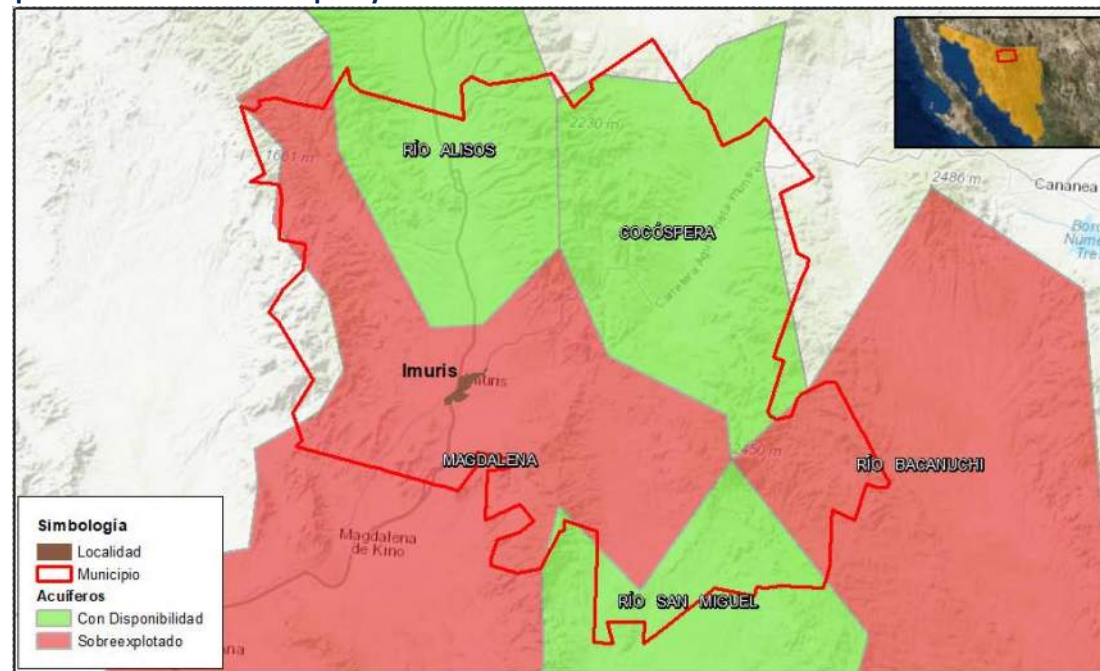
### Water Supply

The municipality of Imuris contains the locality of Imuris, which supplies water through wells in the Magdalena aquifer, which is within the limits of the locality as observed in Figure 25.

### Oferta de Agua

El municipio de Imuris contiene a la localidad de Imuris, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero Magdalena, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 25.

Figure/Figura 25 Acuíferos dentro del Municipio de Imuris  
Aquifers within the Municipality of Imuris



According to data published in the Official Gazette of the Federation on January 4, 2018, the Magdalena aquifer has an average annual total recharge of 33,482 AF, the aquifer does not have an environmental allocation. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 41,606 AF which leaves a total groundwater deficit of 8,123 AF/yr (Official Gazette of The Federation, January 25, 2018). Table 47 lists the historical data of the groundwater of the Magdalena aquifer.

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Magdalena cuenta con una recarga total media anual de 41.3 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no cuenta con una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 51.32 Mm<sup>3</sup>, lo que deja un déficit de aguas subterráneas total de 10.02 Mm<sup>3</sup>/año (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 47 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero Magdalena.

**Table/Tabla 47**      **Characteristics of the Magdalena aquifer**  
**Características del acuífero Magdalena**

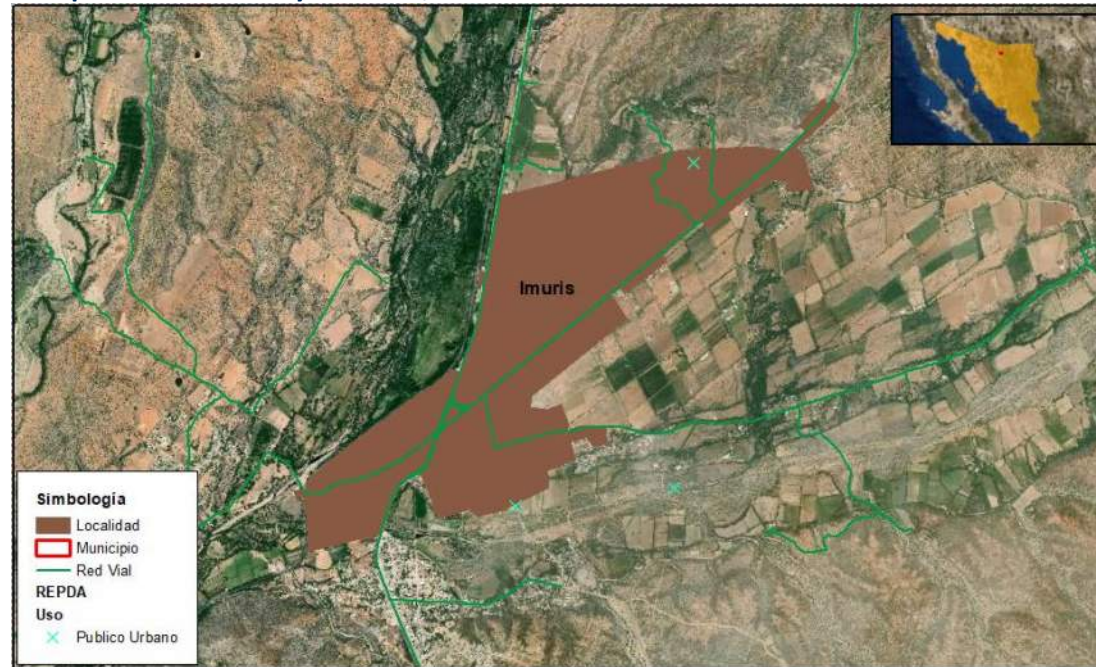
DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	33,482.49	41.30	0	0	40,400.50	49.83	-6,918.01	-8.53
20/12/2013	33,482.49	41.30	0	0	41,764.89	51.52	-8,282.41	-10.22
20/04/2015	33,482.49	41.30	0	0	40,929.98	50.49	-7,447.49	-9.19
04/01/2018	33,482.49	41.30	0	0	41,602.05	51.32	-8,119.56	-10.02

Data from the Public Registry of Water Rights (REPD), provide the information of 3 wells registered to the Operator of Potable Water, Sewerage and Sanitation of Imuris, as shown on Figure 26. The wells have an average annual flow of 71.3 liters per second for the locality of Imuris.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPD), proporcionan la información de 3 pozos a nombre de del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Imuris, como se muestra en la Figura 26. Los pozos tienen concesionado un caudal promedio anual de 71.3 litros por segundo para la localidad de Imuris.

Figure/Figura 26

**Pozos municipales de la ciudad de Imuris, REPDA**  
**Municipal wells in the City of Imuris, REPDA**



## Magdalena

The municipality only has the locality, Magdalena de Kino.

### Water Demand

Magdalena de Kino has a semi-dry warm climate, according to data from INEGI. By 2017, according to the "Project rules for water supply in urban areas of the Mexican Republic", the inhabitants of Magdalena de Kino should have a potable water

## Magdalena

El municipio solamente cuenta con la localidad, Magdalena de Kino.

### Demanda de Agua

Magdalena de Kino cuenta con un clima cálido semiseco, según datos de INEGI, por lo que, al año 2017, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de Magdalena de Kino deberían contar con

supply equal to 66.0 gpcd. Table 48 presents the water demand projections for Magdalena.

una dotación de agua potable igual a 250 lts/hab/día. La Tabla 48 presenta las proyecciones de demanda de agua para Magdalena.

**Table/Tabla 48** Water demand projections for the inhabitants of Magdalena de Kino 2010 -2030  
 Proyección de dotación de agua potable para los Magdalena de Kino 2010 – 2030

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/dia	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año			gpcd	lts/hab/dia	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	27,245	52.83	200	1,613	1.99	2021	31,195	66.04	250	2,311	2.85
2011	27,740	52.83	200	1,646	2.03	2022	31,453	66.04	250	2,327	2.87
2012	28,210	52.83	200	1,670	2.06	2023	31,702	66.04	250	2,343	2.89
2013	28,635	52.83	200	1,694	2.09	2024	31,943	66.04	250	2,359	2.91
2014	29,027	52.83	200	1,719	2.12	2025	32,174	66.04	250	2,384	2.94
2015	29,391	52.83	200	1,743	2.15	2026	32,395	66.04	250	2,400	2.96
2016	29,732	52.83	200	1,759	2.17	2027	32,604	66.04	250	2,416	2.98
2017	30,054	66.04	250	2,221	2.74	2028	32,802	66.04	250	2,424	2.99
2018	30,360	66.04	250	2,246	2.77	2029	32,987	66.04	250	2,440	3.01
2019	30,652	66.04	250	2,270	2.80	2030	33,160	66.04	250	2,456	3.03
2020	30,928	66.04	250	2,286	2.82						

As shown in Table 49, the municipality of Magdalena demands an estimated 11,618 AF for irrigation to supply 3,796 acres of irrigation, according to data from the "Statistical Yearbook of

Como se muestra en la Tabla 49, en cuanto a agricultura, el municipio de Magdalena demanda un estimado de 14.33 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 1,536 hectáreas de riego, según datos del

Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

"Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 49**      **Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Magdalena**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Magdalena**

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Magdalena	3,796	1,536	11,618	14.33

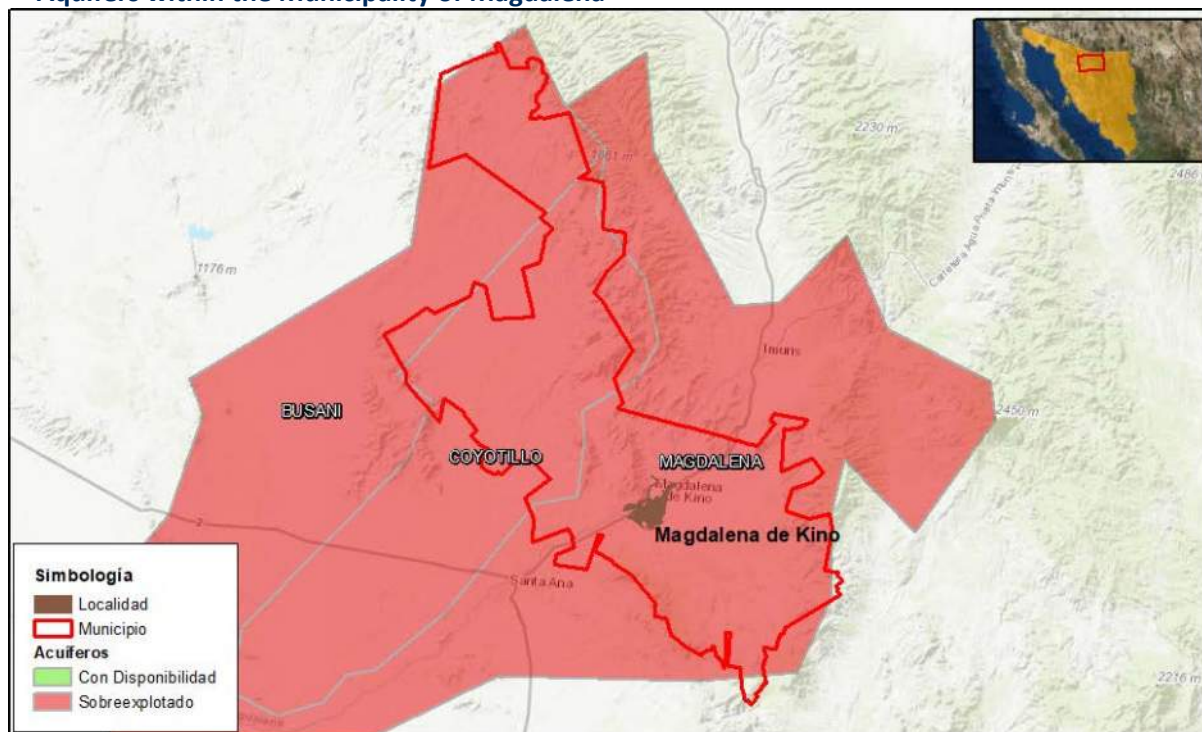
### Water Supply

The municipality of Magdalena contains the locality of Magdalena de Kino, which supplies its water from wells from the Magdalena aquifer, which is within the limits of the locality as shown in Figure 27.

### Oferta de Agua

El municipio de Magdalena contiene a la localidad de Magdalena de Kino, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero Magdalena, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 27.

Figure/Figura 27 **Acuíferos dentro del Municipio de Magdalena**  
**Aquifers within the Municipality of Magdalena**



According to data published in the Official Gazette of the Federation on January 4, 2018, the Magdalena aquifer has an average annual total recharge of 33,482 AF. The aquifer does not have an environmental allocation. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 41,606 AF, which leaves a total groundwater deficit of 8,123 AF/yr (Official Gazette of The Federation, January 25, 2018). Table 50 lists the historical data of the groundwater of the Magdalena aquifer.

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Magdalena cuenta con una recarga total media anual de 41.3 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no cuenta con una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 51.32 Mm<sup>3</sup>, lo que deja un déficit de aguas subterráneas total de 10.02 Mm<sup>3</sup>/año (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 50 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero Magdalena.

**Table/Tabla 50**      **Characteristics of the Magdalena aquifer**  
**Características del acuífero Magdalena**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	33,483	41.30	0	0	40,401	49.83	-6,918	-8.53
20/12/2013	33,483	41.30	0	0	41,765	51.52	-8,282	-10.22
20/04/2015	33,483	41.30	0	0	40,930	50.49	-7,447	-9.19
04/01/2018	33,483	41.30	0	0	41,602	51.32	-8,120	-10.02

Data from the Public Registry of Water Rights (REPDA), provide the information of four wells registered to the Constitutional City Council of Magdalena, as shown on Figure 28. The wells have an average annual flow of 56.3 gallons per second for the locality of Magdalena de Kino.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), proporcionan la información de cuatro pozos a nombre de H. Ayuntamiento Constitucional de Magdalena, como se muestra en las Figura 28. Los pozos tienen concesionado un caudal promedio anual de 213.05 litros por segundo para la localidad de Magdalena de Kino.

Figure/Figura 28

**Pozos municipales dentro de la ciudad de Magdalena de Kino, REPDA**  
**Municipal wells within the City of Magdalena de Kino, REPDA**



### Santa Ana

The municipality has a single locality within its territorial area, also called "Santa Ana".

### Water Demand

In general, the climate in the municipality is defined as dry, semi-warm extreme, so by 2019, according to the "Project standards

### Santa Ana

El municipio cuenta con una sola localidad dentro de su área territorial que lleva su mismo nombre "Santa Ana".

### Demanda de Agua

En general el clima en el municipio se define como seco, semicálido extremo, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de



for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of Caborca should have with a potable water supply equal to 79.3 gpcd. Table 51 presents the water demand projections for Santa Ana.

proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana”, los habitantes de Santa Ana deberían contar con una dotación de agua potable igual a 150 lts/hab/día. La Tabla 51 presenta las proyecciones de demanda de agua para Santa Ana.

**Table/Tabla 51** Water demand projections for the inhabitants of the towns of the municipality of Santa Ana 2010 -2030  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de las localidades del municipio de Santa Ana 2010 – 2030

YEAR AÑO	LOCALIDAD SANTA ANA				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	12,137	39.63	150	535	0.66
2011	12,285	39.63	150	543	0.67
2012	12,441	39.63	150	551	0.68
2013	12,595	39.63	150	559	0.69
2014	12,747	39.63	150	568	0.70
2015	12,896	39.63	150	576	0.71
2016	13,043	39.63	150	576	0.71
2017	13,188	39.63	150	584	0.72
2018	13,332	39.63	150	592	0.73
2019	13,474	39.63	150	600	0.74
2020	13,614	39.63	150	608	0.75
2021	13,752	39.63	150	608	0.75
2022	13,891	39.63	150	616	0.76
2023	14,028	39.63	150	624	0.77
2024	14,164	39.63	150	632	0.78

YEAR AÑO	LOCALIDAD SANTA ANA				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2025	14,298	39.63	150	632	0.78
2026	14,430	39.63	150	640	0.79
2027	14,558	39.63	150	649	0.80
2028	14,685	39.63	150	649	0.80
2029	14,808	39.63	150	657	0.81
2030	14,927	39.63	150	665	0.82

As shown in Table 52, annual irrigation demands in the municipality of Santa Ana are estimated at 14,707 AF of water to irrigate 4,212 acres, according to data from the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

Como se muestra en la Tabla 52, el municipio de Santa Ana demanda un estimado de 18.14 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 1,704.70 hectáreas de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 52** Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Santa Ana  
 Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Santa Ana

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Santa Ana	4,212	1,705	14,707	18.14

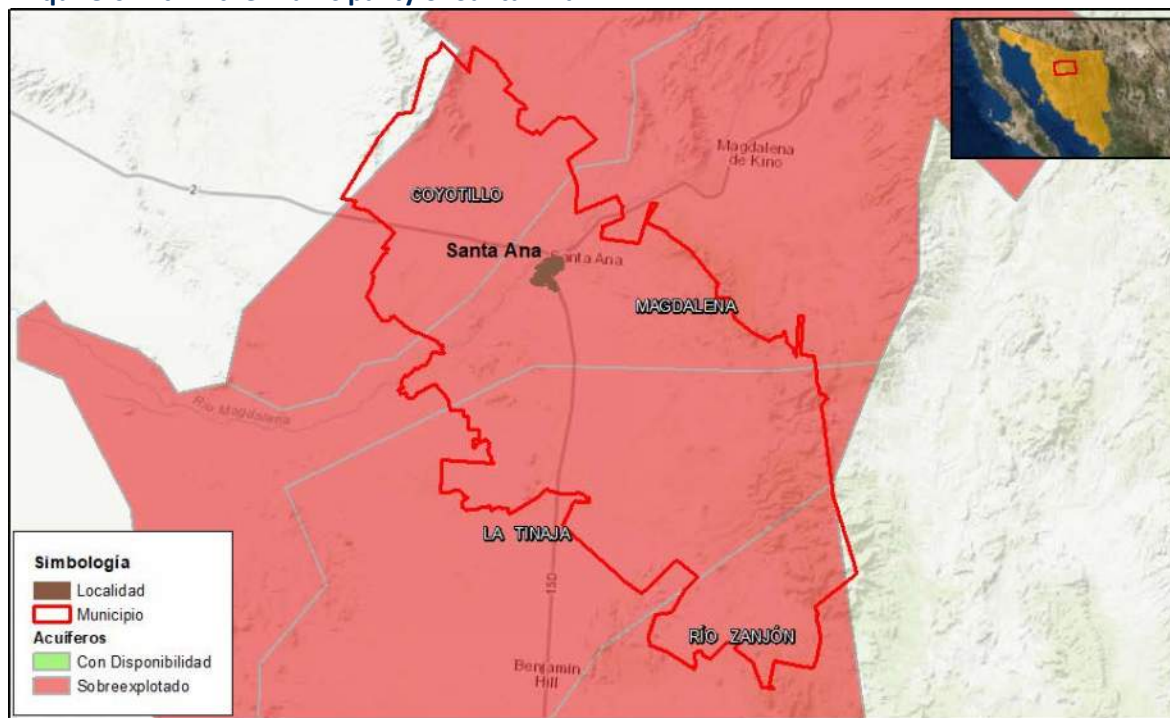
### Water Supply

The municipality of Santa Ana contains the locality of Santa Ana, which supplies water for its population through wells in the Magdalena aquifer, which is within the limits of the locality as it is shown in Figure 29.

### Oferta de Agua

El municipio de Santa Ana contiene a la localidad de Santa Ana, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero Magdalena, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 29.

Figure/Figura 29 **Acuíferos dentro del Municipio de Santa Ana**  
**Aquifers within the Municipality of Santa Ana**



According to data published in the Official Gazette of the Federation (January 4, 2018), the Magdalena aquifer has an

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Magdalena cuenta con una recarga total

average annual total recharge of 33,482 AF. The aquifer does not have an environmental allocation committed. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 41,606 AF, which leaves a total groundwater deficit of 8,123 AF/yr (Official Gazette of the Federation January 25, 2018). Table 53 lists the historical data of the groundwater of the Magdalena aquifer.

media anual de 41.3 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no cuenta con una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 51.32 Mm<sup>3</sup>, lo que deja un déficit de aguas subterráneas total de 10.02 Mm<sup>3</sup>/año (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 53 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero Magdalena.

**Table/Tabla 53**      **Characteristics of the Magdalena aquifer**  
**Características del acuífero Magdalena**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	33,482	41.30	0	0	40,401	49.83	-6,918	-8.53
20/12/2013	33,482	41.30	0	0	41,765	51.52	-8,282	-10.22
20/04/2015	33,482	41.30	0	0	40,930	50.49	-7,447	-9.19
04/01/2018	33,482	41.30	0	0	41,602	51.32	-8,120	-10.02

Data from the Public Registry of Water Rights, provide the information of nine wells registered to H. Constitutional City Council of Santa Ana, as shown on Figure 30. The wells have an average annual flow of 27.9 gpcd for the locality of Santa Ana.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), proporcionan la información de nueve pozos a nombre de H. Ayuntamiento Constitucional de Santa Ana, como se muestra en la Figura 30. Los pozos tienen concesionado un caudal promedio anual de 105.68 litros por segundo para la localidad de Santa Ana.

Figure/Figura 30

**Pozos municipales dentro de la ciudad de Santa Ana, REPDA**  
**Municipal wells within the City of Santa Ana, REPDA**



**Benjamin Hill**

The municipality only has the town of the same name, Benjamin Hill.

**Benjamin Hill**

El municipio solamente cuenta con la localidad de mismo nombre, Benjamin Hill.

### Water Demand

Benjamin Hill has a very dry hot climate. By 2019, according to the "Project rules for water supply in urban areas of the Mexican Republic", The inhabitants of Benjamin Hill should have a potable water supply equal to 39.6 gpcd. Table 54 lists the water demand projections for Benjamin Hill.

### Demanda de Agua

Benjamin Hill cuenta con un clima cálido muy seco, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de Benjamín Hill deberían contar con una dotación de agua potable igual a 150 lts/hab/día. La Tabla 54 enumera las proyecciones de la demanda de agua para Benjamin Hill.

**Table/Tabla 54 Water demand projections for the inhabitants of Benjamin Hill 2010 -2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de Benjamín Hill 2010 – 2030**

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año			gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	5,190	39.63	150	230	0.28	2021	5,474	39.63	150	243	0.30
2011	5,170	39.63	150	229	0.28	2022	5,520	39.63	150	245	0.30
2012	5,171	39.63	150	230	0.28	2023	5,568	39.63	150	247	0.30
2013	5,183	39.63	150	230	0.28	2024	5,616	39.63	150	249	0.31
2014	5,205	39.63	150	231	0.28	2025	5,665	39.63	150	251	0.31
2015	5,233	39.63	150	232	0.29	2026	5,713	39.63	150	254	0.31
2016	5,266	39.63	150	234	0.29	2027	5,761	39.63	150	256	0.32
2017	5,303	39.63	150	235	0.29	2028	5,809	39.63	150	258	0.32
2018	5,343	39.63	150	237	0.29	2029	5,855	39.63	150	260	0.32
2019	5,385	39.63	150	239	0.29	2030	5,901	39.63	150	262	0.32
2020	5,429	39.63	150	241	0.30						

As shown in Table 55, the municipality of Benjamin Hill demands an estimated 3,802 AF of water for irrigation, to supply 1,060 acres of irrigation, according to data from the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and Rural Development.

Como se muestra en la Tabla 55, en cuanto a agricultura, el municipio de Benjamin Hill demanda un estimado de 4.69 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, para abastecer a 429 hectáreas de riego, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

**Table/Tabla 55**      **Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Benjamin Hill**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Benjamin Hill**

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
BENJAMIN HILL	1,060	429	3,802	4.69

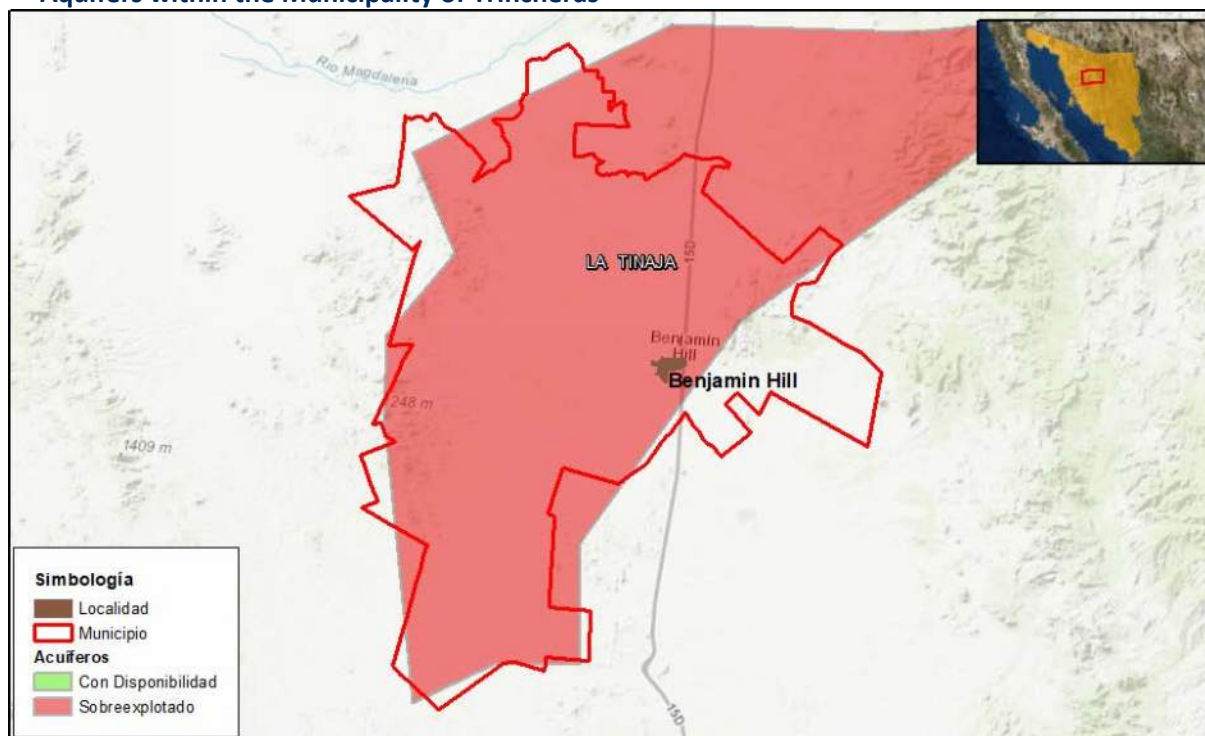
### Water Supply

The municipality of Benjamin Hill contains the locality of Benjamin Hill, which supplies water for its population through wells in the Magdalena aquifer, which is within the limits of the locality as it is observed in Figure 31.

### Oferta de Agua

El municipio de Benjamin Hill contiene a la localidad de Benjamin Hill, la cual abastece su dotación de agua potable para su población a través de pozos que se encargan de extraer agua del acuífero La Tinaja, el cual se encuentra dentro de los límites de la localidad como se observa en la Figura 31.

**Figure/Figura 31**      **Acuíferos dentro del Municipio de Trincheras**  
**Aquifers within the Municipality of Trincheras**



According to data published in the Official Gazette of the Federation (January 4, 2018), the Magdalena aquifer has an average annual total recharge of 21,160 AF, and no environmental allocation. The aquifer has an annual concession volume of groundwater of 21,917 AF, which leaves a total groundwater deficit of 757 AF/yr (Official Gazette of The Federation, January 25, 2018). Table 56 lists the historical data of the groundwater of the La Tinja aquifer.

Según datos publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero La Tinaja cuenta con una recarga total media anual de 26.1 Mm<sup>3</sup>, el acuífero no cuenta con una descarga natural comprometida. El acuífero tiene un volumen concesionado anual de aguas subterráneas de 27.03 Mm<sup>3</sup>, lo que deja un déficit de aguas subterráneas total de 0.93 Mm<sup>3</sup>/año (Diario Oficial de la Federación, 25 enero del 2018). La Tabla 56 enlista los datos históricos del agua subterránea del acuífero La Tinaja.

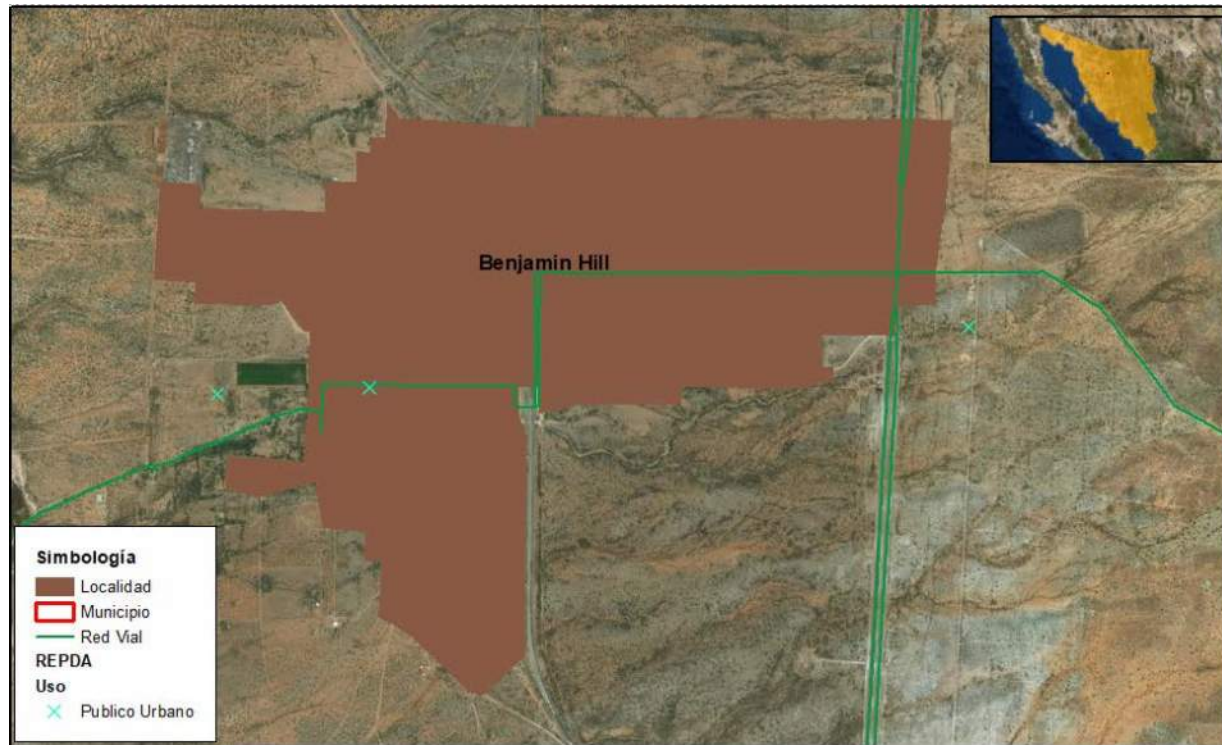


**Table/Tabla 56**      **Characteristics of the La Tinaja aquifer**  
**Características del acuífero La Tinaja**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	21,160	26.10	0	0	18,203	22.45	2,957	3.65
20/12/2013	21,160	26.10	0	0	18,463	22.77	2,697	3.33
20/04/2015	21,160	26.10	0	0	20,507	25.29	653	0.81
04/01/2018	21,160	26.10	0	0	21,917	27.03	-757	-0.93

Data from the Public Registry of Water Rights indicates three wells registered to the Operator of Potable Water, Sewerage and Sanitation of Benjamin Hill, as shown on Figure 32. The wells have an average annual flow of 1,030 gpm for the locality of Benjamin Hill.

Datos por parte del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), proporcionan la información de tres pozos a nombre del Organismo Operados Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Benjamin Hill, como se muestra en la Figura 32. Los pozos tienen concesionado un caudal promedio anual de 64.99 litros por segundo para la localidad de Benjamin Hill.



**Figure/Figura 32** Pozos municipales dentro de la ciudad de Benjamin Hill, REPDA  
Municipal wells within the City of Magdalena de Kino, REPDA

### Hermosillo Region

The Hermosillo region covers only the territorial extension of the municipality of Hermosillo. Within the study area there are 4 localities, as shown on Figure 33.

### Región Hermosillo

La región de Hermosillo abarca solamente a la extensión territorial del municipio de Hermosillo. Dentro de la zona de estudio se encuentran 4 localidades, como se muestra en la Figura 33.



**Figure/Figura 33**      **Municipalities and Localities of the Hermosillo Region**  
**Municipios y Localidades de la Region de Hermosillo**

### Hermosillo

The City of Hermosillo is located centrally in the northwestern Mexican state of Sonora. It is the capital and largest city, as well as the main economic center, for the state of Sonora.

### Hermosillo

La ciudad de Hermosillo está ubicada en el centro del noroeste del estado mexicano de Sonora. Es la capital y la ciudad más grande, así como el principal centro económico, para el estado de Sonora.

### Water Demand

The City of Hermosillo has a very dry hot climate, according to data from INEGI. By 2019, according to the "Project standards for water supply in urban areas of the Mexican Republic," the inhabitants of Hermosillo should have a potable water supply equal to 92.5 gpcd since its population exceeds 150,000 inhabitants. Miguel Alemán which has a population of more than 30,000 inhabitants and its corresponding allocation is 66.0 gpcd. Bahía de Kino and San Pedro have a population of less than 15,000 inhabitants, with requires an allocation of 39.6 gpcd. Table 57 presents the water demand projections for Hermosillo.

### Demanda de Agua

La ciudad de Hermosillo cuenta con un clima cálido muy seco, según datos de INEGI, por lo que, al año 2019, respecto a las "Normas de proyecto para abastecimiento de agua en localidades urbanas de la república mexicana", los habitantes de Hermosillo deberían contar con una dotación de agua potable igual a 350 lts/hab/día ya que su población supera los 150,000 habitantes. La siguiente población importante es la de Miguel Alemán la cual cuenta con una población mayor a 30,000 habitantes y su dotación correspondiente es igual a 250 ltr/hab/día. Bahía de Kino y San Pedro cuentan con una población menor de 15,000 habitantes a la cual le corresponde una dotación de 150 ltr/hab/día. La Tabla 57 presenta las proyecciones de demanda de agua para el Hermosillo.

**Table/Tabla 57 Water demand projections for the inhabitants of the localities of the municipality of Hermosillo and Bahia de Kino 2010 – 2030**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de las localidades del municipio de Hermosillo and Bahía de Kino 2010 – 2030**

YEAR AÑO	HERMOSILLO					BAHÍA DE KINO				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POBLACIÓN POPULATION	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2010	732,888	92.47	350.00	75,904	93.63	6,201	39.63	150.00	275	0.34
2011	744,017	92.47	350.00	77,057	95.05	6,402	39.63	150.00	284	0.35
2012	755,631	92.47	350.00	78,260	96.53	6,613	39.63	150.00	294	0.36
2013	766,931	92.47	350.00	79,430	97.98	6,826	39.63	150.00	303	0.37
2014	777,954	92.47	350.00	80,572	99.38	7,043	39.63	150.00	313	0.39

YEAR AÑO	HERMOSILLO					BAHÍA DE KINO				
	POPULATION POBLACIÓN	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA		POBLACIÓN POPULATION	STANDARD PROVISION DOTACIÓN NORMA		WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		gpcd	lts/hab/día	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	788,696	92.47	350.00	81,684	100.76	7,262	39.63	150.00	322	0.40
2016	799,165	92.47	350.00	82,769	102.09	7,483	39.63	150.00	332	0.41
2017	809,376	92.47	350.00	83,826	103.40	7,708	39.63	150.00	342	0.42
2018	819,318	92.47	350.00	84,856	104.67	7,936	39.63	150.00	352	0.43
2019	828,973	92.47	350.00	85,856	105.90	8,166	39.63	150.00	362	0.45
2020	838,316	92.47	350.00	86,823	107.09	8,399	39.63	150.00	373	0.46
2021	847,419	92.47	350.00	87,766	108.26	8,635	39.63	150.00	383	0.47
2022	856,357	92.47	350.00	88,692	109.40	8,875	39.63	150.00	394	0.49
2023	865,087	92.47	350.00	89,596	110.51	9,118	39.63	150.00	405	0.50
2024	873,611	92.47	350.00	90,479	111.60	9,365	39.63	150.00	416	0.51
2025	881,925	92.47	350.00	91,340	112.67	9,615	39.63	150.00	427	0.53
2026	890,029	92.47	350.00	92,179	113.70	9,869	39.63	150.00	438	0.54
2027	897,926	92.47	350.00	92,997	114.71	10,126	39.63	150.00	449	0.55
2028	905,620	92.47	350.00	93,794	115.69	10,387	39.63	150.00	461	0.57
2029	913,111	92.47	350.00	94,570	116.65	10,652	39.63	150.00	473	0.58
2030	920,378	92.47	350.00	95,322	117.58	10,919	39.63	150.00	485	0.60

As for agriculture, the municipality of Hermosillo demands an estimated 201,741 AF of water for irrigation in its 182,161 acres, according to data from the "Statistical Yearbook of Agricultural Production 2017" published by the Ministry of Agriculture and

En cuanto a agricultura, el municipio de Hermosillo demanda un estimado de 248.84 Mm<sup>3</sup> de agua para riego, en sus 73,705.76 hectáreas, según datos del "Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017" publicado por la Secretaria de Agricultura y Desarrollo

Rural Development. Table 58 lists the estimated irrigation demand for Hermosillo.

Rural. La Tabla 58 enlista la demanda estimada de riego para Hermosillo.

**Table/Tabla 58**      **Volume of estimated water consumption for irrigation in the municipality of Hermosillo**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en el municipio de Hermosillo**

MUNICIPALITY MUNICIPIO	IRRIGATION RIEGO		ESTIMATED CONSUPTION CONSUMO ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Hermosillo	182,131	73,706	201,741	248.84

### Water Supply

The supply of water for the population of Hermosillo is obtained mostly through wells. There are 7 aquifers within the limits of the municipality of Hermosillo: Rio Zanjón, Puerto Libertad, Arivaipa, Costa de Hermosillo, Mesa de la Seri-La Victoria, La Poza and San Miguel, as shown on Figure 34. However, the main source for the municipality of Hermosillo is through four of the aquifers: "Mesa del Seri-Victoria," "San Miguel," "La Poza," and "Costa de Hermosillo," according to the data of the Urban Development Plan of the Center of Population (p. 69). The public register of water rights mentions extraction of water from the aquifers "Rio Sonora" and "Rio Zanjon."

Because the Costa de Hermosillo aquifer presents a deficit in its hydrological balance, it has been declared a closed area. It is no longer possible to continue constructing new wells for the supply of water for the city and for the irrigation of crops according to

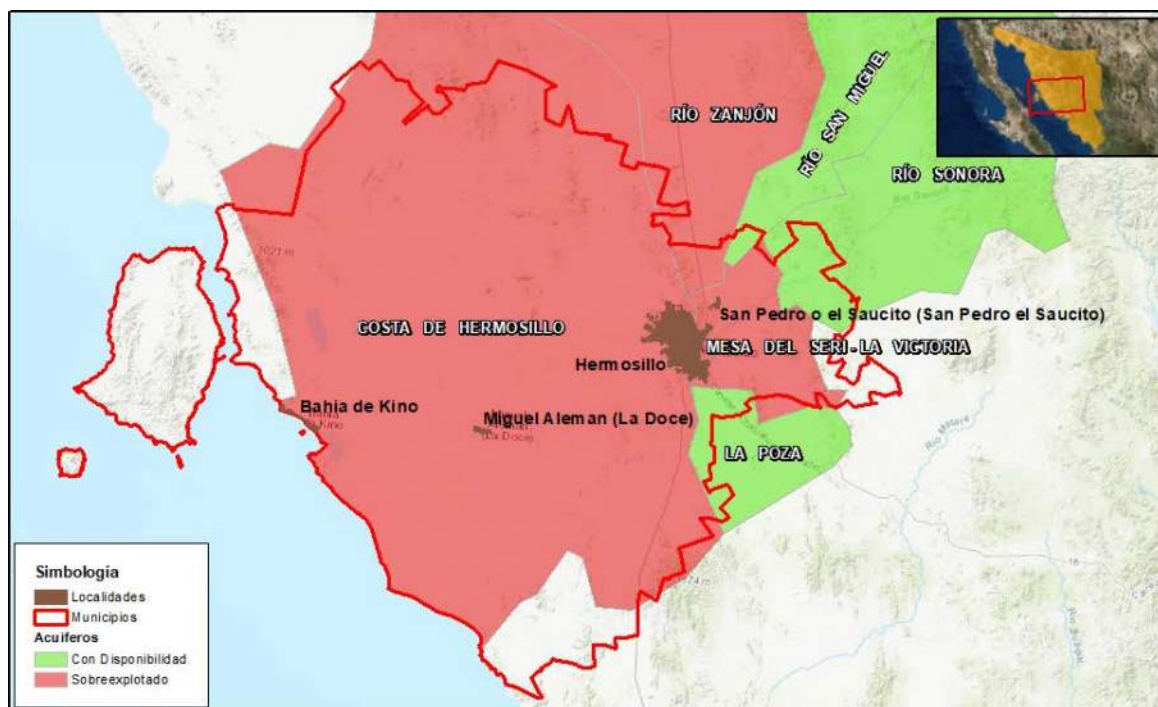
### Oferta de Agua

La dotación de agua potable para la población de Hermosillo es obtenida en su mayoría a través de pozos que se encargan de extraer el agua de los mantos acuíferos. Existen 7 acuíferos dentro de los límites del municipio de Hermosillo: Rio Zanjón, Puerto Libertad, Arivaipa, Costa de Hermosillo, Mesa de la Seri-La Victoria, La Poza and San Miguel, como se muestra de la Figura 34. Sin embargo, el municipio de Hermosillo su principal fuente de abastecimiento es mediante los acuíferos "Mesa del Seri-Victoria", "San Miguel", "la poza" y "Costa de Hermosillo" según los datos del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población en la página 69; también se tiene información del registro público de derechos de agua (REPDA) en el cual se menciona la extracción de agua de los acuíferos "Rio Sonora" y "Rio Zanjon".

Dado que el acuífero de Costa de Hermosillo presenta un déficit en su balance hidrológico debido a que se extrae más agua de la disponible, fue necesaria declararla zona de veda por lo que no es posible continuar abriendo pozos para la dotación de agua potable para la

the data of the Municipal Territorial Ordinance Program of Hermosillo 2018 (p. 106).

ciudad y para el riego de cultivos según los datos del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial de Hermosillo 2018 (pág. 106).



**Figure/Figura 34** Acuíferos dentro del Municipio de Hermosillo  
 Aquifers within the Municipality of Hermosillo

According to data published by the Official Gazette of the Federation on January 4, 2018, the Mesa Seri-La Victoria aquifer has an average annual total recharge of 59,182 AF and has an environmental allocation of 12,971 AF. However, the aquifer has a concessioned volume of groundwater of 86,264 AF, which

Según datos publicados por el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, el acuífero Mesa Seri-La Victoria cuenta con una recarga total media anual de 73 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos) y tiene una descarga natural comprometida de 16 Mm<sup>3</sup>, el problema del acuífero es que tiene un volumen concesionado de aguas

leaves it overdrafted by 35,996 AF/yr. Table 59 presents historical groundwater data for the Mesa Seri-La Victoria aquifer.

subterráneas de 106.405 Mm<sup>3</sup> lo que lo deja con una sobreexplotación total de 44.4 Mm<sup>3</sup>/año. La Tabla 59 presenta datos históricos de agua subterránea para el acuífero Mesa Seri-La Victoria.

**Table/Tabla 59**      **Historical groundwater data for the Mesa Seri-La Victoria aquifer**  
**Comportamiento del acuífero Mesa Seri-La Victoria**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	59,182	73	12,971	16	81,916	101.04	-35,706	-44.04
20/12/2013	59,182	73	12,971	16	81,916	101.04	-35,706	-44.04
20/04/2015	59,182	73	12,971	16	83,100	102.50	-36,889	-45.50
04/01/2018	59,182	73	12,971	16	86,265	106.41	-40,054	-49.41

The Hermosillo Coast aquifer is considered the most important aquifer due to its geographical position because the municipality of Hermosillo is almost entirely within it. According to data published by the Official Gazette of the Federation on January 4, 2018, it has a total annual average recharge of 202,678 AF and does not have an environmental allocation. The aquifer has a concessioned volume of groundwater of 280,685 AF, which leaves it overdrafted 78,639 AF/yr. Table 60 presents historical groundwater data for the Hermosillo Coast aquifer.

Por otra parte, el acuífero más importante por su posición geográfica, debido a que, el municipio de Hermosillo se encuentra casi en su totalidad dentro de él es el “costa Hermosillo”; Según datos publicados por el Diario Oficial de la Federación, el 4 de enero del 2018, cuenta con una recarga total media anual de 250 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos) y no cuenta con una descarga natural comprometida, el problema del acuífero es que tiene un volumen concesionado de aguas subterráneas de 346.22 Mm<sup>3</sup> lo que lo deja con una sobreexplotación total de 97 Mm<sup>3</sup>/año. La Tabla 60 presenta datos históricos de agua subterránea para el acuífero Costa de Hermosillo.



**Table/Tabla 60** Historical groundwater data for the Costa de Hermosillo aquifer  
 Comportamiento del acuífero Costa de Hermosillo

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	202,679	250	0	0	280,691	346.23	-78,012	-96.23
20/12/2013	202,679	250	0	0	280,691	346.23	-78,012	-96.23
20/04/2015	202,679	250	0	0	281,827	347.63	-79,149	-97.63
04/01/2018	202,679	250	0	0	281,324	347.01	-78,645	-97.01

The other two aquifers that are La Poza and Rio San Miguel are not overdrawn, as shown in Tables 61 and 62.

Los otros dos acuíferos que son La Poza y Rio San Miguel no se encuentran sobreexplotados, como se muestran en las Tablas 61 y 62.

**Table/Tabla 61** Historical groundwater data for the La Poza aquifer  
 Comportamiento del acuífero La Poza

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	27,402	33.8	8,107	10	17,935	22.12	1,360	1.68
20/12/2013	27,402	33.8	8,107	10	17,935	22.12	1,360	1.68
20/04/2015	27,402	33.8	8,107	10	19,165	23.64	130	0.16
04/01/2018	27,402	33.8	8,107	10	17,792	21.95	1,503	1.85

**Table/Tabla 62**      **Historical groundwater data for the San Miguel aquifer**  
**Comportamiento del acuífero San Miguel**

DATE FECHA	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
28/08/2009	55,696	68.7	1,784	2.2	39,718	48.99	14,194	17.51
20/12/2013	55,696	68.7	1,784	2.2	39,718	48.99	14,194	17.51
20/04/2015	55,696	68.7	1,784	2.2	38,949	48.04	14,964	18.46
04/01/2018	55,696	68.7	1,784	2.2	40,188	49.57	13,400	16.53

The entity responsible for supplying water in the municipality of Hermosillo is Agua de Hermosillo. There are two sources of information regarding the number of wells in operation and the total flow that is extracted for distribution.

The Municipal Development Plan for Land Use Planning of 2018, references the Hermosillo urban development plan of 2010 which notes that the Agua Hermosillo agency has 91 wells in operation that extract a total flow of 847 gallons per second (73,824 AF/year) of fresh water (p. 120).

However, data from the public register of water rights (REPDA) 2015, indicates that there are 39 wells registered to "Aguas de Hermosillo." These wells are distributed in the aquifers: Costa de Hermosillo, Mesa del Seri - La Victoria, La Poza and Rio San Miguel, and supply a flow of 39,155 gpm which is equivalent to 63,155 AF/year. These wells mainly supply the localities of

El organismo encargado de abastecer el agua potable en el municipio de Hermosillo es Agua de Hermosillo, se tienen dos fuentes de información respecto a la cantidad de pozos que tiene en funcionamiento y el caudal total que se extrae para su distribución.

En el Plan de Desarrollo Municipal de Ordenamiento Territorial del año 2018, hace mención del plan de Desarrollo urbano de Hermosillo del 2010 que el organismo de Agua Hermosillo tiene 91 pozos en operación que extraen un caudal total de 3,209 lps (91.06 Mm<sup>3</sup>/año) de agua potable (Pg. 120).

Por otra parte, el dato por parte del registro público de derechos de agua (REPDA) 2015 encontró que existen 39 pozos a nombre de "Aguas de Hermosillo". Estos pozos se encuentran distribuidos en los acuíferos: Costa de Hermosillo, Mesa del Seri – La Victoria, La Poza y Rio San Miguel, abasteciendo un caudal de 2,470.28 lps lo que es equivalente a 77.9 Mm<sup>3</sup>/año. Estos pozos abastecen principalmente a

Hermosillo, Bahía de Kino, Miguel Alemán and San Pedro el Saucito.

The state and federal government built the Independencia Aqueduct with a length of 83,913 miles with diameters between 48 and 53 to transfer water to reservoirs in the General Dam, Plutarco Elías Calles known as "El Novillo", near the locality of Soyopa of the municipality of the same name. The installed capacity of the aqueduct is to supply an annual design volume of 60,803 AF/year (equivalent in an instantaneous expenditure of 37,696 gpm), based on the estimated water production deficit that will be required to cover during the project's operating horizon.

Table 63 presents water supply data for Hermosillo.

las localidades de Hermosillo, Bahía de Kino, Miguel Alemán y San Pedro el Saucito.

El gobierno estatal y federal llevaron a cabo una muy cuestionada obra que fue construir el Acueducto Independencia con una longitud de 135,045 kilómetros con diámetros de entre 48 y 53 para transvasar aguas embalsadas en la Presa General, Plutarco Elías Calles conocida como "El Novillo", en las proximidades a la localidad de Soyopa del municipio del mismo nombre. La capacidad instalada del acueducto es para abastecer un volumen anual de diseño de 75 Mm<sup>3</sup>/año (equivalente en un gasto instantáneo de 2,378 lps), basándose en el déficit de producción de agua estimado que se requerirá cubrir durante horizonte de operación del proyecto.

La Tabla 63 presenta los datos de abastecimiento de agua para Hermosillo.

**Table/Tabla 63 Water supply for the main localities of Hermosillo**  
**Flujo de abastecimiento para las principales localidades de Hermosillo**

LOCATION LOCALIDAD	NUMBER OF WELLS CANTIDAD POZOS	CONCESSION CONCESION		AQUEDUCT FLOW CAUDAL ACUEDUCTO		PROVISION ABASTECIMIENTO	
		lps	gpm	lps	gpm	lps	gpm
Hermosillo	39	955	15,143	2,378	37,696	3,333	52,839
Bahía de Kino	1	40.62	643.92	-	-	40.62	643.92
Miguel Alemán (La Doce)	4	180.59	2,862.77	-	-	180.59	2,862.77
San Pedro o el Saucito (San Pedro el Saucito)	1	43.76	693.70	-	-	43.76	693.70

## Hydrologic Balance

By having the water supply and demand it can be obtained the hydrologic balance to know the water needs and characteristics of an area. It allows you to synthesize the input and output flows of the system, obtaining a global image that gives the necessary tools to define current and future water management actions, and prevent a crisis caused by lack of water resources.

The following sections present the synthesized supply and demand data and are quantified to obtain current and future water availability in the State of Sonora.

Tables 64 and 65 summarize the water supply and demand by zones of Sonora. In Table 66 the result of the hydrologic balance is obtained.

## Equilibrio Hidrológico

Al tener la oferta y demanda del agua se puede realizar el balance hídrico para conocer las necesidades y características hídricas de la zona. Te permite sintetizar los flujos de entrada y salida del sistema, obteniendo una imagen global que da las herramientas necesarias para definir acciones del manejo de agua actuales y futuras, y prevenir una crisis causada por falta del recurso.

En las siguientes secciones se presentan los datos de oferta y demanda sintetizados y se cuantifican para obtener la disponibilidad de agua actual y futura en el Estado de Sonora.

En las Tablas 64 y 65 se sintetiza la información de oferta y demanda actual de agua por zona en Sonora. En la Tabla 66 se obtiene el resultado del balance hídrico de ambos estados.

**Table/Tabla 64** Water demand by zones in Sonora at present  
 Demanda de agua por zonas en Sonora actualmente

AREA ZONA	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		TOTAL DEMAND DEMANDA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Región San Luis	26,385	32.54	34,373	42.40	60,757	74.94
Región Caborca	6,072	7.49	169,789	209.43	175,861	216.92
Región Nogales	28,104	34.67	60,437	74.55	88,541	109.21
Región Hermosillo	84,866	104.68	201,741	248.84	286,607	353.52
Total Regiones Sonora	145,427	179.38	466,339	575.22	611,766	754.60

**Table/Tabla 65** **Current water supply by zones in Sonora**  
**Oferta de Agua Potable por zonas en Sonora actualmente**

AREA ZONA	URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		TOTAL SUPPLY OFERTA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Región San Luis	36,570	45.11	89,844	110.82	126,414	155.93
Región Caborca	5,584	6.89	102,591	126.54	108,175	133.43
Región Nogales	15,187	18.73	77,953	96.15	93,140	114.89
Región Hermosillo	88,818	109.56	110,622	136.45	199,440	246.01
Total Regiones Sonora	146,159	180.28	381,010	469.97	527,169	650.25

**Table/Tabla 66** **Availability of potable water in the State of Sonora currently**  
**Disponibilidad de agua potable en el Estado de Sonora actualmente**

AREA ZONA	WATER AVAILABILITY DISPONIBILIDAD DE AGUA	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Región San Luis	65,657	80.99
Región Caborca	-67,686	-83.49
Región Nogales	4,599	5.67
Región Hermosillo	-87,167	-107.52
Total Regiones Sonora	-84,597	-104.35

According to the results shown in Table 66, the State of Sonora has demand problems, especially in the agriculture area, as can be seen in Tables 67 and 68.

De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 66, el Estado de Sonora sí existen problemas de demanda, sobre todo en el área agrícola como puede observarse en las Tablas 67 y 68.

The availability of water over a planning horizon through 2030 indicates the demand for drinking water in the urban area increases with population growth, causing an increasing deficit of water. These values are observed in the following tables.

El comportamiento de la disponibilidad de agua en las zonas de estudio dentro de un marco de visión al año 2030 indican que la demanda de agua potable en la zona urbana sufre un aumento por el crecimiento demográfico provocando un mayor déficit de agua potable. Estos valores se observan en las tablas siguientes.

**Table/Tabla 67 Demand for water by zones in Sonora in the future  
 Demanda de Agua Potable por zonas en Sonora a futuro**

AREA ZONA	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		TOTAL DEMAND DEMANDA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Región San Luis	31,868	39.31	34,373	42.40	66,240	81.71
Región Caborca	7,878	9.72	169,789	209.43	177,667	219.15
Región Nogales	33,797	41.69	60,437	74.55	94,234	116.24
Región Hermosillo	99,944	123.28	201,741	248.84	301,685	372.12
Total Regiones Sonora	173,487	213.99	466,339	575.22	639,826	789.21

**Table/Tabla 68 Availability of water in the state of Sonora in the future  
 Disponibilidad de agua potable en el Estado de Sonora a futuro**

AREA ZONA	WATER AVAILABILITY DISPONIBILIDAD DE AGUA	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Región San Luis	60,174	74.22
Región Caborca	-69,493	-85.72
Región Nogales	-1,094	-1.35
Región Hermosillo	-102,245	-126.12
Total Regiones Sonora	-112,657	-138.96

The Sonoran desalination project has a capacity of 3,170.06 gallons per minute and is located in the municipality of Guaymas, supplying their own municipality and the municipality of Empalme. By the location of this desalination plant is to the south of the study area, its contribution of potable water to the study area was ruled out.

The State of Sonora, with the current sources of supply and the condition of the aquifers in the study area, will continue to have a deficit of potable water to meet the needs of the area.

## Baja California

Information from the Water Program of the State of Baja California, Vision 2035, prepared by the State Water Commission of Baja California was used for the basis of the water supply and demands presented herein. Agricultural information was obtained from SAGARPA, with its agricultural closure, agricultural statistics and Agricultural Technical Agenda.

In the Vision 2035 program, the analysis was divided into six zones, which facilitated the identification of key aspects, such as resources, users, infrastructure and needs, as summarized in the following sections. These zones are shown in Figure 35.

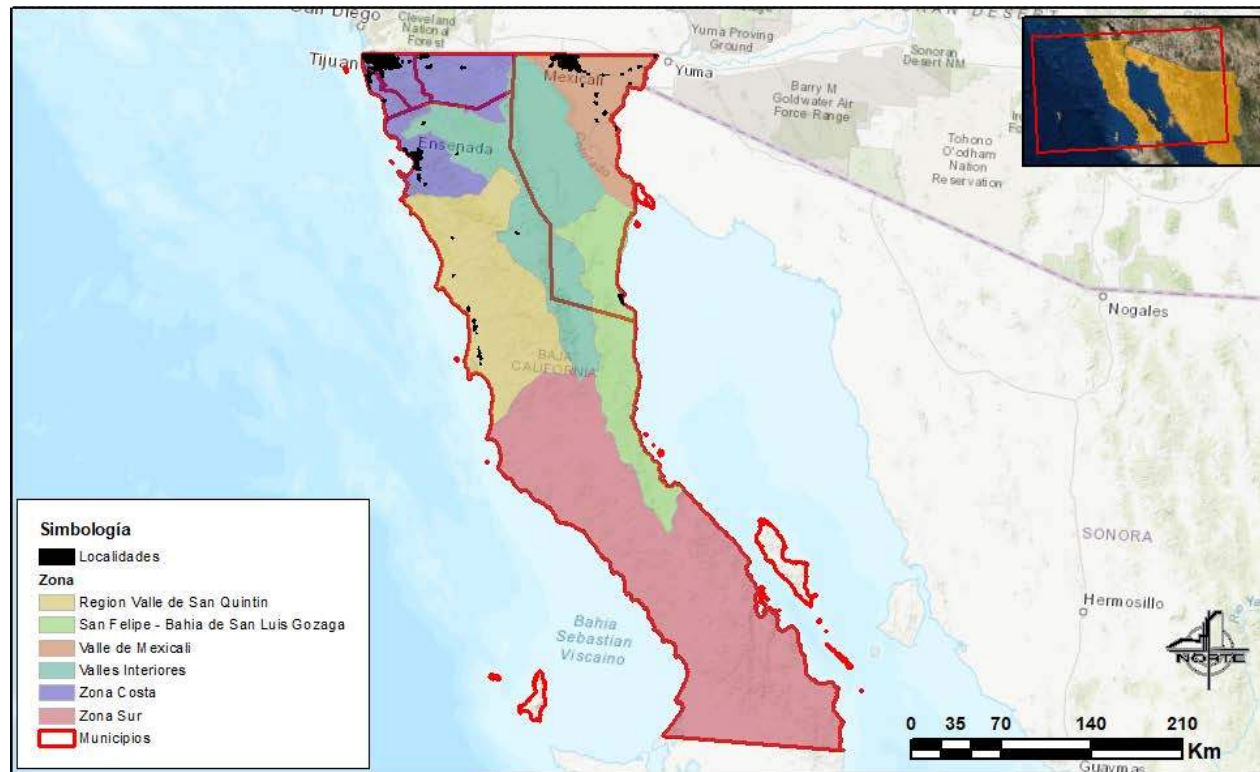
En cuanto al Estado de Sonora, existe el proyecto de la Desaladora Sonora con una capacidad de 200 lps ubicada en el municipio de Guaymas, abastecimiento dicho municipio y el municipio de Empalme. Debido a que la ubicación de esta planta desalinizadora está al sur del área de estudio, se descartó su contribución de agua potable al área de estudio.

En Estado de Sonora, con las actuales fuentes de abastecimiento y la condición de los acuíferos en la zona de estudio, seguirán presentando un déficit de agua potable para cubrir las necesidades de la zona.

## Baja California

La información del Programa de Agua de Baja California, Vision 2035, se utilizó para la base del suministro de agua y las demandas presentadas en este documento. La información agrícola se obtuvo de SAGARPA, con su cierre agrícola, estadísticas agrícolas y agenda técnica agrícola.

En el programa el análisis fue dividido en seis zonas, que facilitaron la identificación de aspectos claves, como son los recursos, usuarios, infraestructura y las necesidades. Estas zonas se muestran en la Figura 35.



**Figure/Figura 35**      **Regions of study within the state of Baja California**  
**Regiones de estudio dentro del estado de Baja California**

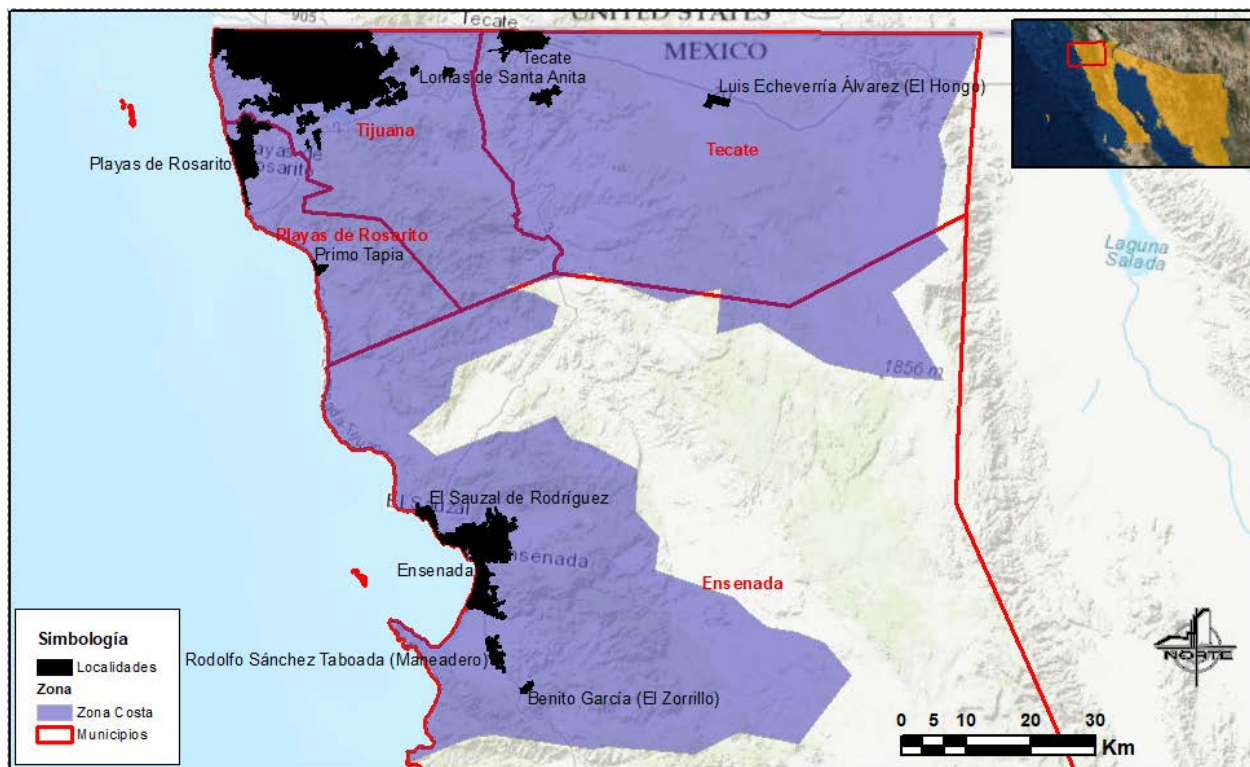
### Coastal Zone

The Coastal Zone covers all the municipalities of Tecate, Tijuana, Playas de Rosarito and the municipal seat of Ensenada next to its metropolitan area, as shown in Figure 36. The area has a population of 2,300,824 inhabitants, which represents more than 65 % of the total population of Baja California.

### Zona Costa

La Zona Costa abarca la totalidad de los municipios de Tecate, Tijuana, Playas de Rosarito y la cabecera municipal de Ensenada junto a su zona conurbada, como se muestra en la Figura 36. La zona cuenta con una población de 2,300,824 habitantes, lo que supone más del 65 % de la población total de Baja California.





**Figure/Figura 36** Municipalities and localities within the Coastal Zone  
 Municipios y localidades dentro de la Zona Costa

### Water Demand

Table 69 lists the Water demand projections for each municipality in the Coastal Zone. Total Water demand projections for the zone are currently 152,852 AF/yr.

### Demanda de Agua

La Tabla 69 enumera las demandas de agua potable para cada municipio en la Zona Costera. La zona demanda una cantidad de 188.54 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento de agua potable urbano.

**Table/Tabla 69** Water demand projections for the inhabitants of the municipalities within the Coastal Zone  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de los municipios dentro de la Zona Costa

YEAR AÑO	TIJUANA			TECATE			ROSARITO			ENSENADA			TOTAL		
	Population Población	Water Demand Demanda de Agua		Population Población	Water Demand Demanda de Agua		Population Población	Water Demand Demanda de Agua		Population Población	Water Demand Demanda de Agua		Population Población	Water Demand Demanda de Agua	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	1,722,348	112,122	138.3	111,098	7,880	9.72	105,150	6,842	8.44	373,307	27,289	33.66	2,311,903	154,133	190.1
2020	1,847,790	120,294	148.4	118,452	8,399	10.36	113,949	7,418	9.15	391,659	28,578	35.25	2,471,850	164,689	203.1
2025	1,965,719	127,971	157.9	125,516	8,853	10.92	121,363	7,905	9.75	405,932	29,599	36.51	2,618,530	174,328	215.0
2030	2,075,237	135,098	166.6	132,207	9,396	11.59	127,929	8,326	10.27	416,545	30,329	37.41	2,751,918	183,149	225.9
2035	2,211,689	143,983	177.6	140,521	9,907	12.22	135,433	8,821	10.88	430,846	31,302	38.61	2,918,489	194,012	239.3

In the region there are 11,291 acres of irrigated agriculture, which demand a quantity of 32,574 AF of water per year. Table 70 lists the estimated volume of irrigation water used by each of the areas located in the Coastal Zone.

En la región existen 4,569 ha de agricultura de regadío, los cuales demandan una cantidad de 40.18 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable. La Tabla 70 enumera el volumen estimado de agua de riego utilizada por cada una de las áreas ubicadas en la Zona Costera.

**Table/Tabla 70** Estimated consumption volume of water for irrigation in the Coastal Zone  
 Volumen de consumo estimado de agua para riego en la Zona Costa

AREA ZONA	IRRIGATION AREA ZONA DE RIEGO		ESTIMATED WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Tecate	250	101	592	0.73
Tijuana	593	240	1,281	1.58
Playas de Rosarito	1,038	420	2,351	2.9
Las Palmas	1,236	500	3,405	4.2

AREA ZONA	IRRIGATION AREA ZONA DE RIEGO		ESTIMATED WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA ESTIMADO	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
La Misión	334	135	819	1.01
Maneadero- ST Uruapan	7,841	3,173	21,695	26.76
<b>Total Zona Costa</b>	<b>11,290</b>	<b>4,569</b>	<b>32,575</b>	<b>40.18</b>

### Water Supply

The annual average annual runoff in the region is 115,940 AF, to which must be added 14,074 AF, corresponding to the runoff of the Alamar River in the United States. From this volume, it has been estimated that 26,348 AF can be considered as a water source.

The region mainly supplies water for urban use from the Colorado River through the Rio Colorado–Tijuana aqueduct mainly in the northern part of the region (Tecate, Tijuana and Playas de Rosarito). The area receives 101,874 AF of water per year.

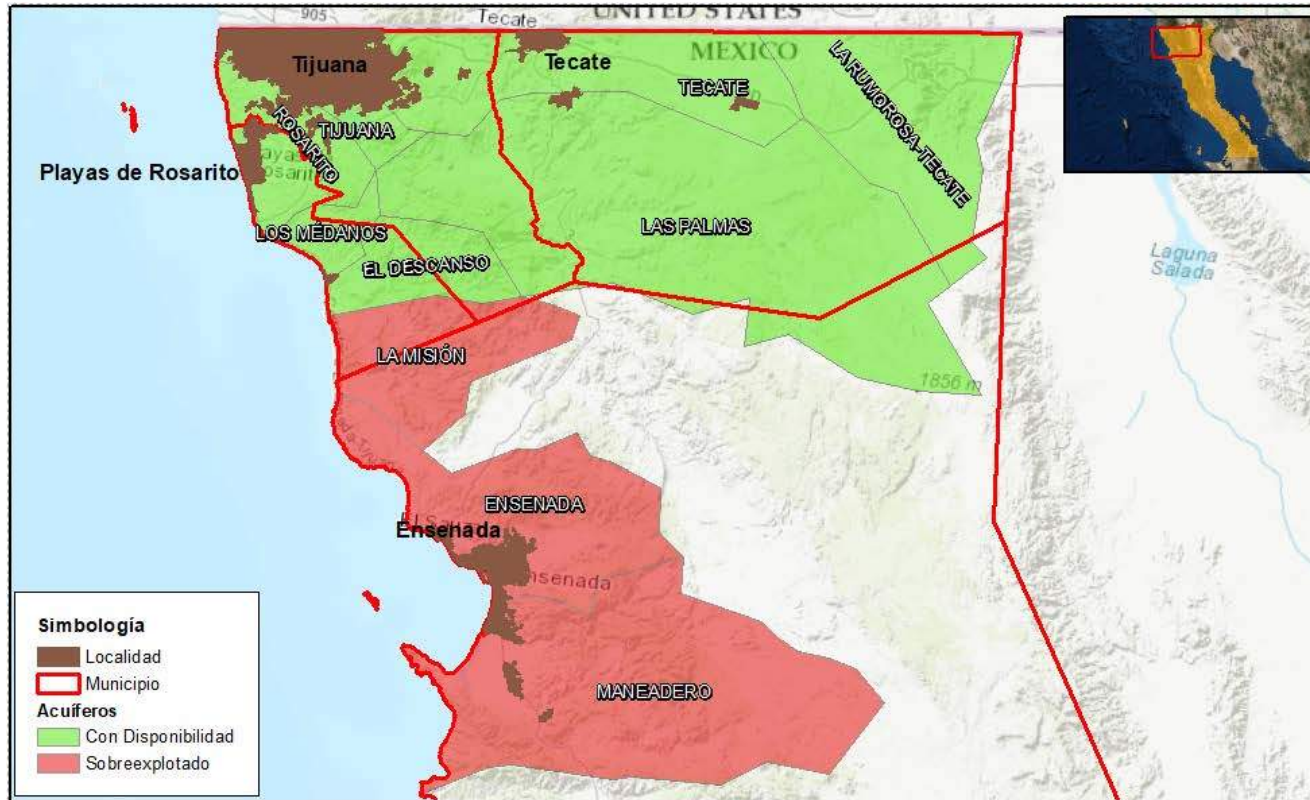
The Coastal Zone includes nine groundwater aquifers, as shown on Figure 37: Tijuana, Tecate, El Descanso, Los Médanos, Las Palmas, La Misión, Ensenada, Maneadero, La Rumorosa-Tecate. These have a total recharge of 68,424 AF and an environmental allocation of 4,054 AF. The area has a concession for the use of groundwater equal to 18,873 AF of water per year and 41,890 AF for agricultural irrigation. Table 71 lists groundwater data for the Coastal Zone obtained from the Official Gazette of The Federation.

### Oferta de Agua

El escurrimiento medio anual interno en la región es de 143.01 Mm<sup>3</sup>, a lo que hay que añadir 17.36 Mm<sup>3</sup>, correspondiente al escurrimiento del río Alamar en territorio estadounidense. De este volumen se ha estimado que es susceptible de considerarse como fuente de agua 32.5 Mm<sup>3</sup>.

La región se abastece principalmente de agua para su uso urbano de agua del Río Colorado a través del Acueducto Rio Colorado–Tijuana principalmente en la parte norte de la región (Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito), la zona recibe 125.66 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable.

A nivel de aguas subterráneas, la zona, abarca nueve acuíferos: Tijuana, Tecate, El Descanso, Los Médanos, Las Palmas, La Misión, Ensenada, Maneadero, La Rumorosa-Tecate (la Figura 37). Según los últimos informes de disponibilidad, estos poseen una recarga total de 84.4 Mm<sup>3</sup> y una descarga natural comprometida de 5 Mm<sup>3</sup>. La zona tiene una concesión de uso de aguas subterráneas, para abastecimiento urbano, igual a 23.28 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable y 51.67 Mm<sup>3</sup> para riego agrícola. La Tabla 71 enumera los datos de agua subterránea para la Zona Costera obtenidos de Diario Oficial de la Federación.



Figure/Figura 37      **Aquifers within the Coastal Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona Costa**

**Table/Tabla 71**      **Aquifer characteristics within the Coastal Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona Costa**

AQUIFER ACUIFERO	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Tijuana	15,809	19.50	3,729	4.60	11,820	14.58	259	0.32
Tecate	11,431	14.10	0	0.00	9,907	12.22	1,524	1.88
El Descanso	2,189	2.70	324	0.40	1,281	1.58	584	0.72
Los Médanos	1,459	1.80	81	0.10	851	1.05	527	0.65
Las Palmas	9,080	11.20	0	0.00	8,367	10.32	713	0.88
La Misión	5,270	6.50	811	1.00	6,145	7.58	-1,686	-2.08
Ensenada	3,000	3.70	0	0.00	8,796	10.85	-5,797	-7.15
Maneadero	27,321	33.70	0	0.00	31,675	39.07	-4,354	-5.37
La Rumorosa-Tecate	1,378	1.70	0	0.00	576	0.71	803	0.99
Rosarito	5,026	6.20	405	0.50	3,827	4.72	795	0.98

### San Quintín Valley Zone

For the purposes of this analysis, the San Quintín Region covers from the Valle de Santo Tomas to El Socorro, including the Valleys of San Vicente, Colonet, Vicente Ferrer, Camalu and San Quintín, as shown on Figure 38. Based on the population data of the CEABC indicators report, it is estimated that 108,635 inhabitants

### Zona del Valle de San Quintín

A efectos del presente análisis la Región de San Quintín, abarca desde el Valle de Santo Tomás hasta el Socorro, incluyendo los Valles de San Vicente, Colonet, Vicente Ferrer, Camalu y el Valle de San Quintín, como se muestra en las Figura 38. Con base en los datos de población del informe de indicadores de la CEABC se calcula que en la región

live in the region, which is around 3% of the population of Baja California.

viven 108,635 habitantes, lo que supone entorno a un 3% de la población de Baja California.



**Figure/Figura 38** Municipalities and localities within the San Quintin Valley Region  
Municipio y localidades dentro de la Región Valle de San Quintín

### Water Demand

The area demands an amount of 6,429 AF/yr for urban water supply, as shown in Table 72.

### Demanda de Agua

La zona demanda una cantidad de 7.93 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento de agua potable urbano, como se muestra en la Tabla 72.

**Table/Tabla 72** Water demand projections for the inhabitants of the San Quintín Valley Zone  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de la Zona del Valle de San Quintín

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	117,514	8074.72	9.96
2020	131,808	9055.68	11.17
2025	146,480	10060.97	12.41
2030	161,449	11212.18	13.83
2035	179,203	12412.04	15.31

According to data of the *Panoramas 2014* reports of the Secretary of Agricultural Development of the Government of the State of Baja California (SEDAGRO), there are approximately 36,183 acres of irrigated agriculture in the region, which represents more than 50% of the agriculture that occurs in Baja California outside of Irrigation District 014 (DR014). Consumption for agriculture is estimated at 113,094 AF of water per year. Table 73 lists the estimated volume of irrigation water used by each of the areas located in the San Quintín Zone.

Según los datos de los informes “Panoramas 2014” de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de Baja California (SEDAGRO), en la región existen 14,642.74 ha de agricultura de regadío aproximadamente, lo que supone más del 50% de la agricultura que se da en Baja California fuera del Distrito de Riego 014 (DR014). El consumo para la agricultura se estima en 139.5 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable. La Tabla 73 enumera el volumen estimado de agua de riego utilizada por cada una de las áreas ubicadas en la Zona de San Quintín.

**Table/Tabla 73**      **Volume of estimated water consumption for irrigation in the San Quintín Valley Zone**  
**Volumen de consumo estimado de agua para riego en la Zona del Valle de San Quintín**

AREA ZONA	IRRIGATION AREA ZONA DE RIEGO		ESTIMATED WATER DEMAND (CONSUMO ESTIMADO)	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Santo Tomas	3,363	1,360.77	8,553	10.55
San Vicente	8,632	3,493.37	22,416	27.65
Colonet	7,940	3,213.16	25,157	31.03
Camalu	4,067	1,645.75	18,873	23.28
Colonia Vicente Guerrero	3,770	1,525.69	16,012	19.75
San Quintín	8,412	3,404.00	22,141	27.31
Total	36,183	14,642.74	113,151	139.57

### Water Supply

The annual average annual runoff in the region is 82,904 AF. From this volume it has been estimated that 16,579 AF can be considered as a water source.

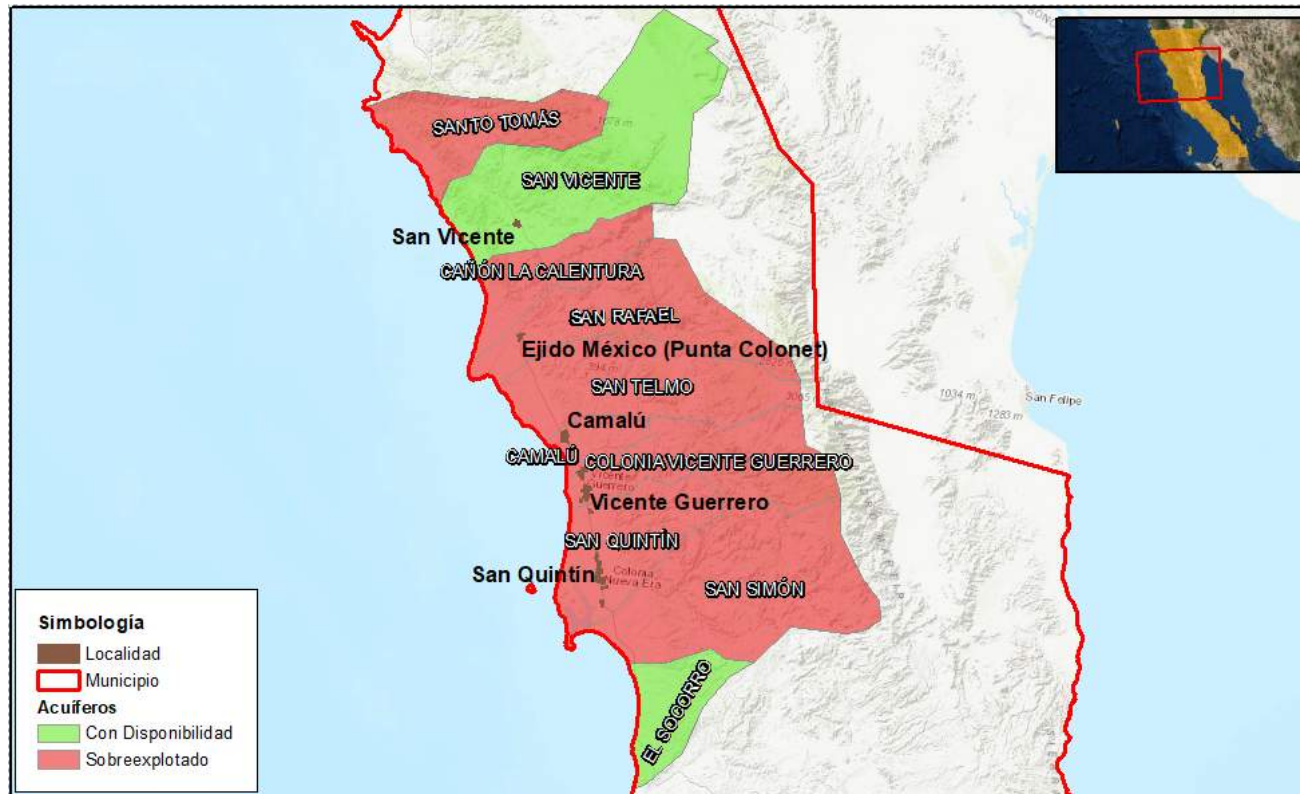
As shown on Figure 39, the San Quintín Zone includes 10 aquifers. These have a total annual recharge of 100,285 AF and an environmental allocation of 6,242 AF. The zone has a concession for the use of groundwater equal to 167,818 AF/yr of water for agriculture and 3,551 AF/yr for public supply. Table 74 lists groundwater data for the San Quintín Zone obtained from the Official Gazette of the Federation.

### Oferta de Agua

El escurrimiento medio anual interno en la región es de 102.26 Mm<sup>3</sup>. De este volumen se ha estimado que es susceptible de considerarse como fuente de agua 20.45 Mm<sup>3</sup>.

A nivel de aguas subterráneas, abarca 10 acuíferos (la Figura 39). Estos poseen recarga total de 123.7 Mm<sup>3</sup> y una descarga natural comprometida de 7.7 Mm<sup>3</sup>. La zona tiene una concesión de uso de aguas subterráneas igual a 207 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable para la agricultura y 4.38 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento público. La Tabla 74 enumera los datos de agua subterránea para la Zona de San Quintín obtenidos del Boletín Oficial de la Federación.





Figure/Figura 39 Aquifers within the San Quintín Valley Zone  
Acuíferos dentro de la Zona del Valle de San Quintín

**Table/Tabla 74**      **Aquifer characteristics within the San Quintín Valley Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona del Valle de San Quintín**

AQUIFER ACUIFERO	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>
Santo Tomás	5,351	6.60	162	0.20	8,869	10.94	-3,681	-4.54
San Vicente	22,700	28.00	1,135	1.40	19,822	24.45	1,743	2.15
Cañon la Calentura	8,026	9.90	486	0.60	11,269	13.90	-3,729	-4.60
San Rafael	10,053	12.40	0	0.00	34,334	42.35	-24,281	-29.95
San Telmo	6,891	8.50	0	0.00	18,671	23.03	-11,780	-14.53
Camalú	6,324	7.80	0	0.00	11,382	14.04	-5,051	-6.23
Colonia Vicente Guerrero	12,647	15.60	892	1.10	32,810	40.47	-21,054	-25.97
San Quintín	19,700	24.30	0	0.00	25,886	31.93	-6,186	-7.63
San Simón	22,051	27.20	2,675	3.30	21,541	26.57	-2,165	-2.67
El Socorro	1,540	1.90	162	0.20	989	1.22	389	0.48

### Mexicali Valley Zone

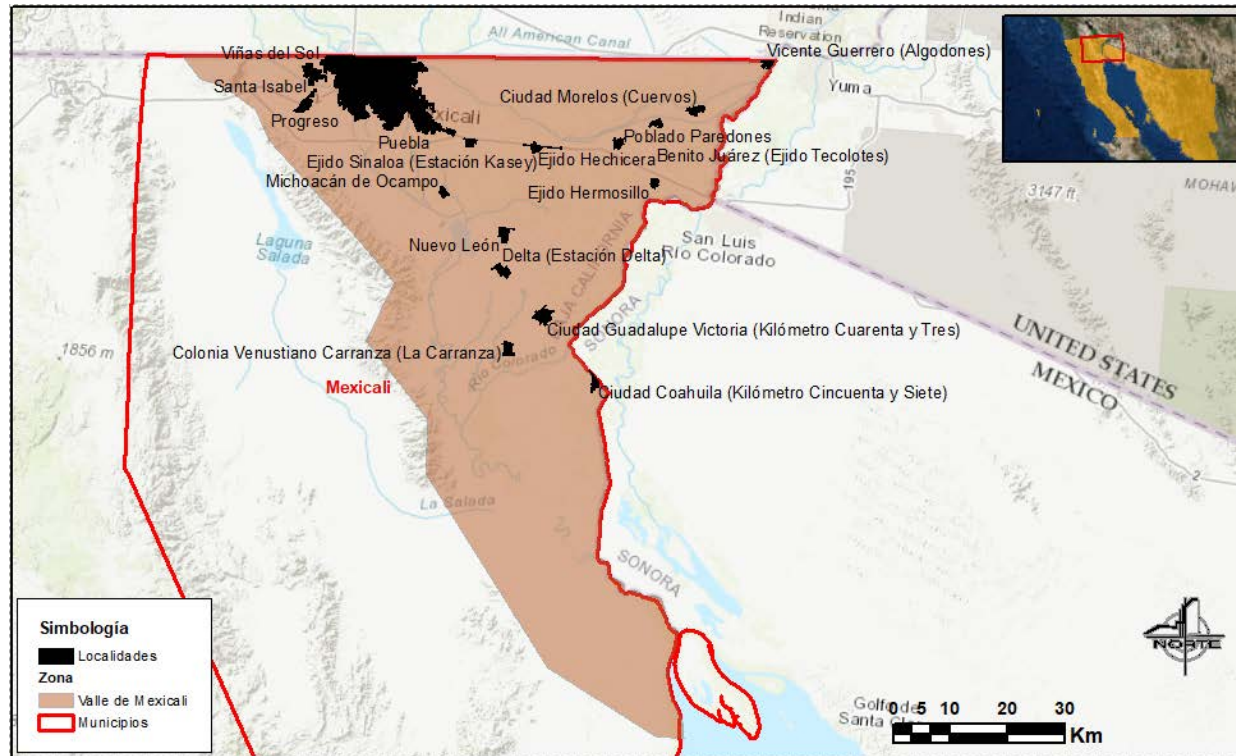
The areas that comprise the Mexicali Valley Zone are shown on Figure 40. Practically all the population of the municipality of Mexicali is concentrated, with the exception of San Felipe and small rural populations located to the south of the municipality.

### Zona del Valle de Mexicali

Las áreas que comprenden la Zona del Valle de Mexicali se muestran en Figura 40. En esta región se concentra prácticamente toda la población del municipio de Mexicali, quedando excluido San Felipe y pequeñas poblaciones rurales situadas al sur del municipio.

The area has a population of 1,038,730 inhabitants, which represents 29.6% of the total population of the state of Baja California.

La zona cuenta con una población de 1,038,730 habitantes, lo cual representa el 29.6% de la población total del estado de Baja California.



**Figure/Figura 40** Municipalities and localities within the Mexicali Valley  
 Municipios y localidades dentro del Valle de Mexicali

### Water Demand

Water demand projections in the area currently are 94,018 AF/yr. Table 75 lists the Water demand projections for each municipality in the Mexicali Valley Zone.

### Demanda de Agua

La zona demanda una cantidad de 115.97 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento de agua potable urbano. La Tabla 75 enumera las demandas de agua potable para cada municipio en la Zona del Valle de Mexicali.

**Table/Tabla 75** Water demand projections for the inhabitants of the Mexicali Valley Zone  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de la Zona de Valle de Mexicali

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	1,005,167	89,235	110.07
2020	1,068,904	94,886	117.04
2025	1,128,585	100,188	123.58
2030	1,183,527	105,069	129.60
2035	1,248,751	110,857	136.74

Most of the water consumed in the area is used for agricultural use, with 457,144 acres of irrigation, and with an irrigation water demand of 2.16 maf including losses in the system.

El principal consumo en la zona es para uso agrícola, con 185,000 ha de riego, y con un volumen consumido de 2,667 Mm<sup>3</sup> incluyendo las pérdidas en el sistema.

### Water Supply

This zone constitutes the most important hydrological region of Baja California since it concentrates most of the surface and underground renewable resources in the state. In this basin,

### Oferta de Agua

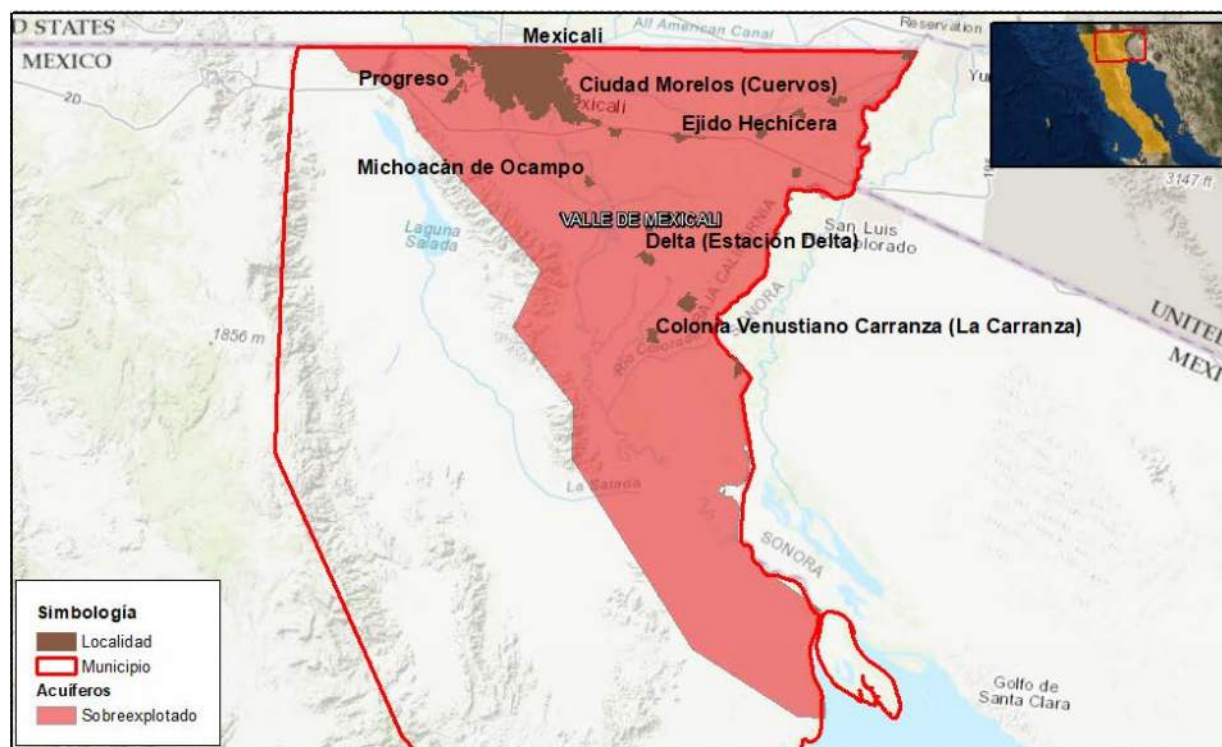
Esta zona constituye la región hidrológica más importante de Baja California, ya que concentra la mayor parte de los recursos renovables superficiales y subterráneos en el estado. En esta cuenca

1.5 maf are received annually from the 1944 Water Treaty. The Mexicali Valley aquifer system is in this zone, as shown on Figure 41, and accounts for 44% of the average annual recharge of aquifers of Baja California and 52% of the deficit.

For urban use, an annual volume of 87,379 AF of water has been granted, of which 71,878 AF belongs to the city of Mexicali and the metropolitan area, and 15,501 AF to the Mexicali Valley. Table 76 lists groundwater data for the Mexicali Valleys Zone obtained from Official Gazette of the Federation.

se reciben anualmente los 1,850.23 Mm<sup>3</sup> procedente del Tratado de aguas de 1944 y se localiza el sistema de acuífero Valle de Mexicali – SLC de gran importancia ya según los últimos informes de disponibilidad supone el 44% de la recarga media anual de los acuíferos de Baja California y un 52% del déficit, como se muestra en la Figura 41.

Para uso urbano, se tiene concesionado un volumen anual de 107.78 Mm<sup>3</sup> de agua potable, de los cuales, 88.66 Mm<sup>3</sup> pertenecen a la ciudad de Mexicali y zona conurbada y 19.12 Mm<sup>3</sup> al Valle de Mexicali. La Tabla 76 enumera los datos de agua subterránea para la Zona de los Valles de Mexicali obtenidos de Diario Oficial de la Federación.



Figure/Figura 41

**Aquifer within the Mexicali Valley Zone**  
**Acuífero dentro de la Zona del Valle de Mexicali**

Table/Tabla 76

**Aquifer characteristics within the Mexicali Valley Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona del Valle de Mexicali**

AQUIFER ACUIFERO	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>
Valle de Mexicali	421,977	520.50	2,027	2.50	634,887	783.12	-214,937	-265.12

### **Interior Valleys Zone**

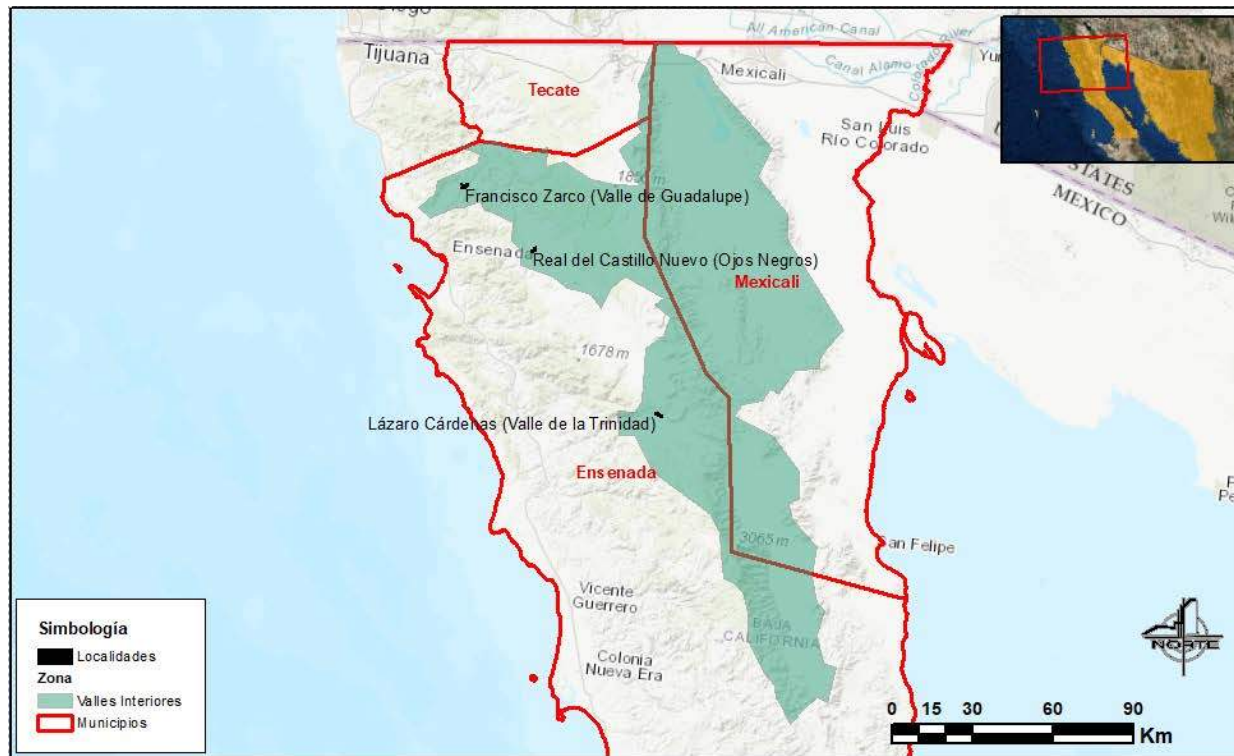
For purposes of this analysis, the area known as the Interior Valleys Zone includes the valleys of Guadalupe, Ojos Negros, La Trinidad, Valle Chico and Laguna Salada, as shown in Figure 42.

The area has a population of 18,294 inhabitants, which represents 0.5% of the total population of the state of Baja California.

### **Zona de Valles Interiores**

A efectos del presente análisis la zona denominada como Zona de Valles Interiores incluye los Valles de Guadalupe, Ojos Negros, La Trinidad, Valle Chico y Laguna Salada, como se muestra en la Figura 42.

La zona cuenta con una población de 18,294 habitantes, lo cual representa el 0.5% de la población total del estado de Baja California.



**Figure/Figura 42**      **Municipalities and localities within the Inner Valleys**  
**Municipios y localidades dentro de la Valles Interiores**

### Water Demand

Water demand projections in that area are currently 1,086 AF/yr. Table 77 lists the Water demand projections for each municipality in the Interior Valleys Zone.

### Demanda de Agua

La zona demanda una cantidad de 1.34 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento de agua potable urbano. La Tabla 77 enumera las demandas de agua potable para cada municipio en la Zona de los Valles Interiores.



**Table/Tabla 77** Water demand projections for the inhabitants of the Interior Valleys Zone  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de la Zona de Valles Interiores

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	19,628	1,297	1.60
2020	22,899	1,524	1.88
2025	26,581	1,775	2.19
2030	30,663	2,051	2.53
2035	35,602	2,392	2.95

According to the data of the Panoramas 2014 reports of the SEFOA, there are approximately 20,858 acres of irrigated agriculture in the region, which results in a water demand of 59,596 AF of water per year. Table 78 lists the estimated volume of irrigation water used by each of the areas located in the Interior Valleys Zone.

Según los datos de los informes Panoramas 2014 de la SEFOA, en la región existen 8,441.10 ha de agricultura de regadío aproximadamente, lo que supone en torno al 30% de la agricultura de riego que se da en Baja California fuera del DR014. Se ha estimado un consumo total de 73.51 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable. La Tabla 78 enumera el volumen estimado de agua de riego utilizada por cada una de las áreas ubicadas en la Zona de los Valles Interiores.

**Table/Tabla 78** Volume of estimated water consumption for irrigation in the Interior Valleys Zone  
 Volumen de consumo estimado de agua para riego en la Zona de Zona de Valles Interiores

AREA ZONA	IRRIGATION AREA ZONA DE RIEGO		ESTIMATED WATER DEMAND (CONSUMO ESTIMADO)	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Guadalupe	6,248	2,528	15,493	19.11
Ojos Negros	8,813	3,566	27,151	33.49

AREA ZONA	IRRIGATION AREA ZONA DE RIEGO		ESTIMATED WATER DEMAND (CONSUMO ESTIMADO)	
	acres	ha	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
La Trinidad	5,501	2,226	16,206	19.99
Valle Chico	297	120	746	0.92
Total	20,858	8,441	59,596	73.51

### Water Supply

The annual average annual runoff in the Interior Valley Zone is 115,121 AF. Of this volume, it has been estimated that 24,508 AF can be considered a water source.

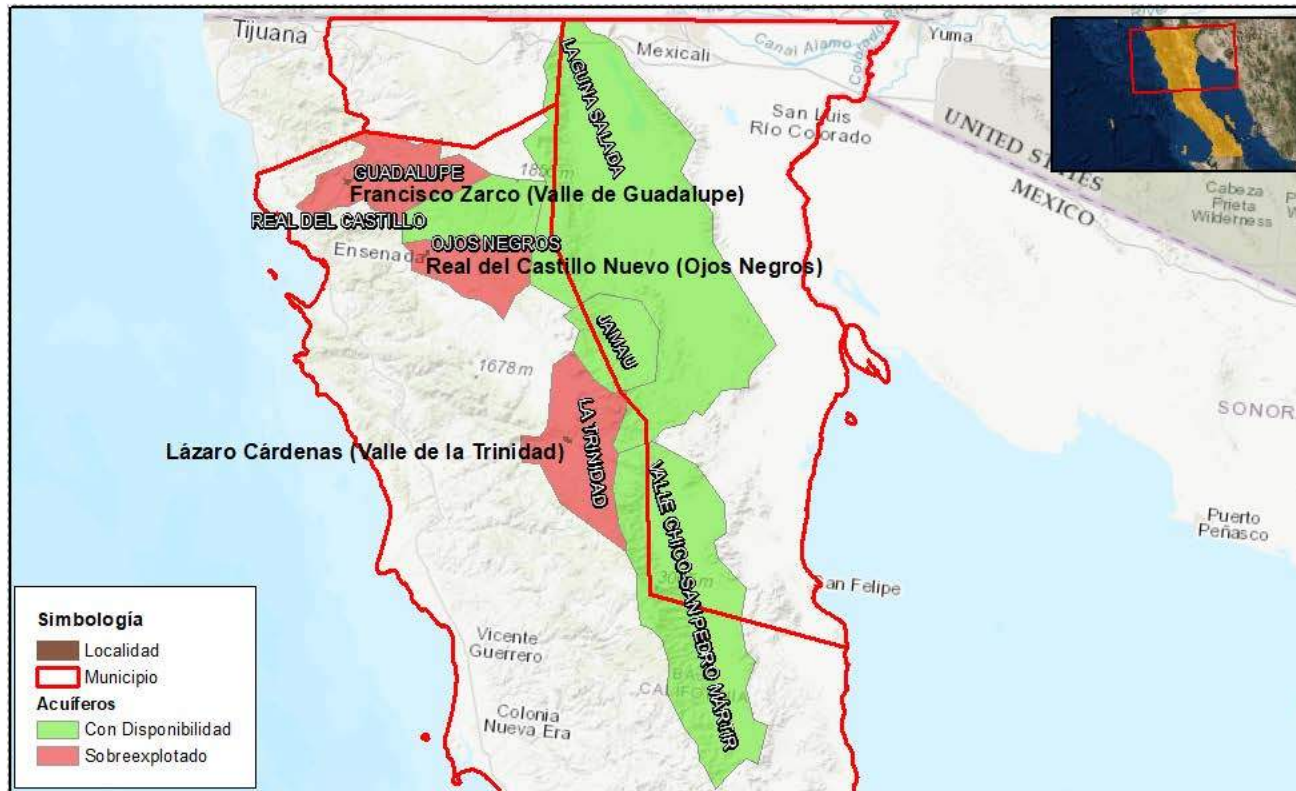
As shown on Figure 43, the Interior Valleys Zone includes nine aquifers: Guadalupe, Ojos Negros, Laguna Salada, La Trinidad, Valle Chico-San Pedro Mártir, Jamau, Real del Castillo. These have a total recharge of 95,786 AF and an environmental allocation of 3162 AF. The zone has a concession for the use of groundwater equal to 82,790 AF/yr of water for agriculture and 1.1 maf per year for public supply. Table 79 lists groundwater data for the Interior Valleys Zone obtained from Official Gazette of the Federation. As shown, in Table 79, the main aquifers in the area are in overdraft.

### Oferta de Agua

El escurrimiento medio anual interno en la región es de 142 Mm<sup>3</sup>. De este volumen se ha estimado que es susceptible de considerarse fuente es 30.23 Mm<sup>3</sup>.

A nivel de aguas subterráneas, abarca nueve acuíferos: Guadalupe, Ojos Negros, Laguna Salada, La Trinidad, Valle Chico-San Pedro Mártir, Jamau, Real del Castillo (la Figura 43). Estos según los últimos informes de disponibilidad poseen una recarga total de 118.15 Mm<sup>3</sup> y una descarga natural comprometida de 3.9 Mm<sup>3</sup>. La zona tiene una concesión de uso de aguas subterráneas igual a 102.12 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable para la agricultura y 1,335 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento público.

La Tabla 79 enumera los datos de agua subterránea para la Zona de los Valles Interiores obtenidos de Diario Oficial de la Federación. Como se muestra, en la Tabla 79, los principales acuíferos en el área están en descubierta.



Figure/Figura 43 **Aquifers within the Interior Valleys Zone**  
**Acuífero dentro de la Zona del Valles Interiores**

**Table/Tabla 79**      **Aquifer characteristics within the Interior Valleys Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona del Valles Interiores**

AQUIFER ACUIFERO	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>
Guadalupe	15,241	18.80	81	0.10	29,940	36.93	-14,779	-18.23
Ojos Negros	18,079	22.30	0	0.00	21,800	26.89	-3,721	-4.59
Laguna Salada	14,431	17.80	0	0.00	13,239	16.33	1,192	1.47
La Trinidad	18,160	22.40	0	0.00	22,416	27.65	-4,256	-5.25
Valle Chico-San Pedro Mártir	11,188	13.80	0	0.00	9,194	11.34	1,994	2.46
Jamau	5,594	6.90	405	0.50	73	0.09	5,116	6.31
Real del Castillo	9,485	11.70	486	0.60	8,326	10.27	673	0.83

### South Zone

For purposes of this analysis, the zone between Rosario to Parallel 28 is considered as the South Zone, as shown on Figure 44. The area has a very low population density, with just 5,500 inhabitants (less than 0.2% of the population of Baja California).

### Zona Sur

A efectos del presente análisis se considera como Zona Sur, la zona comprendida entre el Rosario hasta Paralelo 28, como se muestra en la Figura 44. Es una zona con una densidad de población muy baja, con apenas 5,500 habitantes supone menos del 0.2% de la población de Baja California.



**Figure/Figura 44**      **Location of the South Zone**  
**Localización de la Zona Sur**

### Water Demand

Water demand projections in the area currently are 315 AF/yr. Table 80 lists the Water demand projections for each municipality in the South Zone.

### Demanda de Agua

La zona demanda 0.389 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento de agua potable urbano. La Tabla 80 enumera las demandas de agua potable para cada municipio en la Zona Sur.

**Table/Tabla 80**      **Water demand projections for the inhabitants of the South Zone**  
**Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de la Zona Sur**

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	9,011	535	0.66
2020	10,642	632	0.78
2025	12,447	738	0.91
2030	14,418	851	1.05
2035	16,713	989	1.22

Agriculture is not relevant except for the Rosario area, where an annual consumption of 5,375 AF of water has been estimated.

La agricultura es poco relevante a excepción de la zona del Rosario, donde se ha estimado un consumo de 6.63 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable.

### Water Supply

The annual average annual runoff in the region is 144,720 AF. From this volume it has been estimated that 28,942 AF can be considered a water source.

### Oferta de Agua

El escurrimiento medio anual interno en la región es de 178.51 Mm<sup>3</sup>. De este volumen se ha estimado que se puede considerar fuente 35.7 Mm<sup>3</sup>.

As shown in Figure 45, the South Zone includes 16 aquifers: El Rosario, Los Angeles Bay, Villa De Jesus Maria, Llanos Del Berrendo, San Fernando-San Agustín, Santa Catarina, Punta Canoas-San José, Chapala Lagoon, La Bachata-Santa Rosalita, Nuevo Rosarito, Calamajué, Agua Amarga, La Bocana-Llanos De San P., San Rafael-La Palma, El Progreso-El Barril and Rosarito. These have a total

Como se muestra en la Figura 45, a nivel de aguas subterráneas, abarca 16 acuíferos: El Rosario, Bahía De Los Ángeles, Villa De Jesús María, Llanos Del Berrendo, San Fernando-San Agustín, Santa Catarina, Punta Canoas-San José, Laguna De Chapala, La Bachata-Santa Rosalita, Nuevo Rosarito, Calamajué, Agua Amarga, La Bocana-Llanos De San P., San Rafael-La Palma, El Progreso-El Barril y Rosarito. Estos poseen recarga

recharge of 46,616 AF and an environmental allocation of 11,431 AF. The zone has a concession for the use of groundwater equal to 286 AF/yr for public supply. Table 81 lists groundwater data for the South Zone obtained from Official Gazette of the Federation.

total de 57.50 Mm<sup>3</sup> y una descarga natural comprometida de 14.10 Mm<sup>3</sup>. La zona tiene una concesión de uso de aguas subterráneas igual a 0.353 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento público. La Tabla 81 enumera los datos de agua subterránea para la Zona Sur obtenidos de Diario Oficial de la Federación.



Figure/Figura 45 Aquifers within the South Zone  
 Acuífero dentro de la Zona Sur

**Table/Tabla 81**      **Aquifer characteristics within the South Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona Sur**

AQUIFER ACUIFERO	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>
El Rosario	5,108	6.30	162	0.20	4,305	5.31	640	0.79
Bahía de Los Ángeles	892	1.10	0	0.00	413	0.51	478	0.59
Villa de Jesús María	1,865	2.30	81	0.10	1,370	1.69	413	0.51
Llanos del Berrendo	17,106	21.10	8,431	10.40	632	0.78	8,042	9.92
San Fernando-San Agustín	2,432	3.00	324	0.40	924	1.14	1,184	1.46
Santa Catarina	568	0.70	0	0.00	381	0.47	186	0.23
Punta Canoas-San José	568	0.70	0	0.00	413	0.51	154	0.19
Laguna de Chapala	973	1.20	486	0.60	8	0.01	478	0.59
La Bachata-Santa Rosalita	405	0.50	0	0.00	73	0.09	332	0.41
Nuevo Rosarito	4,216	5.20	243	0.30	284	0.35	3,689	4.55
Calamajué	81	0.10	0	0.00	0	0.00	81	0.10
Agua Amarga	730	0.90	0	0.00	0	0.00	730	0.90
La Bocana-Llanos de San Pedro	3,891	4.80	568	0.70	0	0.00	3,324	4.10
San Rafael-La Palma	811	1.00	324	0.40	16	0.02	470	0.58
El Progreso-El Barril	1,946	2.40	405	0.50	24	0.03	1,516	1.87

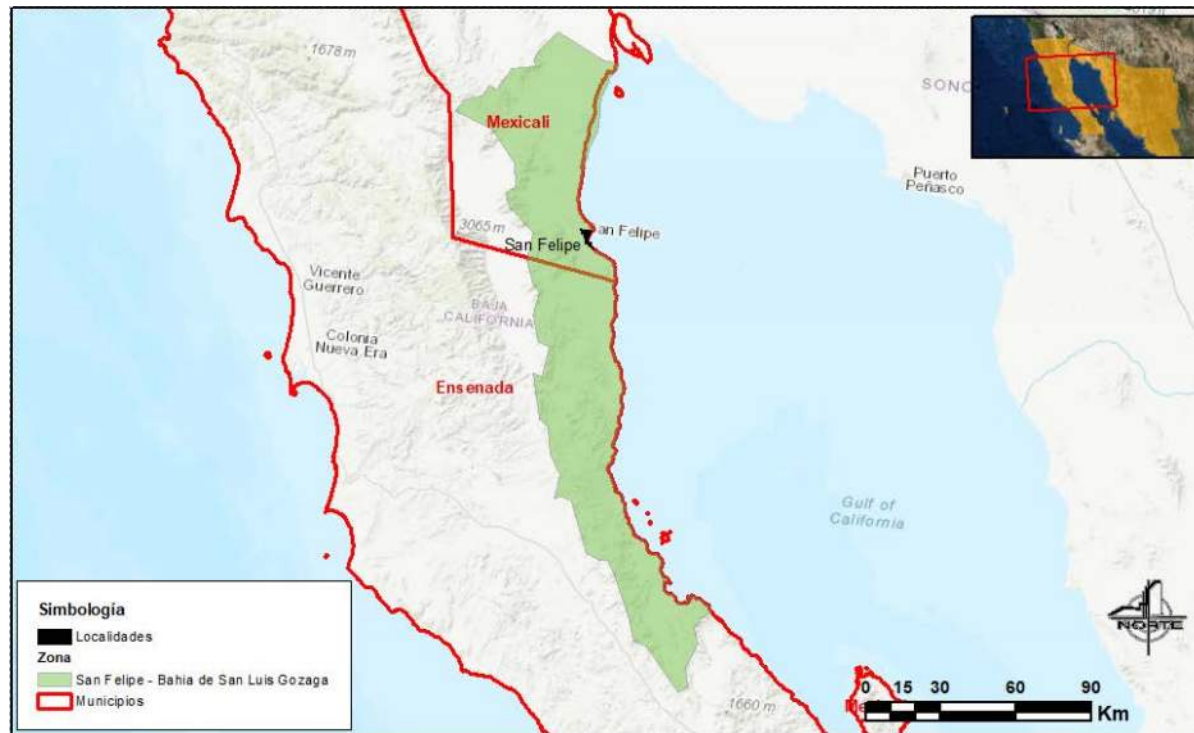


### **San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga Zone**

For the purposes of this analysis, the San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga Zone covers the coastal strip that goes from the border with the state of Sonora to the Bay of San Luis Gonzaga, as shown in Figure 46. According to the data for 2015, there is a population of 20,419, which is less than 0.6% of the total population of Baja California.

### **Zona de San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga**

A efectos del presente análisis la Zona San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga abarca la franja costera que va desde la frontera con el estado de Sonora hasta la Bahía de San Luis Gonzaga (la Figura 46). Según los datos para el año 2015, existe una población de 20,419 lo que supone menos de 0.6% de la población total de Baja California.



**Figure/Figura 46 Municipality and localities within San Felipe - Bay of San Luis Gonzaga  
 Municipio y localidades dentro de San Felipe - Bahía de San Luis Gonzaga**

**Water Demand**

The area demands 2,578 AF/yr for urban potable water supply.

According to the data of the Panoramas 2014 reports of the SEFOA, there are no relevant irrigation areas. Although the

**Demanda de Agua**

La zona demanda 3.18 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento de agua potable urbano.

Según los datos de los informes “Panoramas 2014” de la SEFOA, no existen zonas de riego relevantes. Aunque en el documento se menciona que existen 1,370.38 ha de agricultura, que requieren 8.62 Mm<sup>3</sup>/año de agua potable.

document mentions that there are 3,386 acres of agriculture, which require 6,988 AF of water per year.

Table 82 presents the water demand projections for the San Felipe-Bahia de San Luis Gonzaga zone.

La Tabla 82 presenta las proyecciones de demanda de agua para la zona San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga.

**Table/Tabla 82** Water demand projections for the inhabitants of the San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga Zone  
 Proyección de dotación de agua potable para los habitantes de la zona de San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga

YEAR AÑO	POPULATION POBLACIÓN	WATER DEMAND DEMANDA DE AGUA	
		AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
2015	20,928	1,848	2.28
2020	23,122	2,035	2.51
2025	25,254	2,221	2.74
2030	27,466	2,400	2.96
2035	29,466	2,594	3.20

### Water Supply

The annual average annual runoff in the zone is 31,002 AF, of which 6,194 AF could be considered as a water source.

As shown on Figure 47, the San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga Zone includes five aquifers: San Felipe-Punta Estrella, Bahía de San Luis Gonzaga, El Chinero, Matomi-Puertecitos and El Huerfanito. These have a total recharge of 18,565 AF and an environmental allocation of 5,702 AF. The zone has a concession for the use of groundwater equal to 5.2 maf per year for public supply. Table 83 lists groundwater data for the San Felipe-Bahia

### Oferta de Agua

El escurrimiento medio anual interno en la región es de 38.24 Mm<sup>3</sup> de los cuales 7.64 Mm<sup>3</sup> podría ser considerado como fuente.

A nivel de aguas subterráneas, abarca 5 acuíferos: San Felipe-Punta Estrella, Bahía de San Luis Gonzaga, El Chinero, Matomi-Puertecitos y El Huerfanito (la Figura 47). Estos poseen recarga total de 22.90 Mm<sup>3</sup> y una descarga natural comprometida de 5.80 Mm<sup>3</sup>. La zona tiene una concesión de uso de aguas subterráneas igual a 6,367 Mm<sup>3</sup>/año para abastecimiento público (47). La Tabla 83 enumera datos de

de San Luis Gonzaga Zone obtained from Official Gazette of the Federation.

aguas subterráneas para la Zona San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga obtenida del Diario Oficial de la Federación.



Figure/Figura 47 Aquifers within the San Felipe-San Luis Gonzaga Zone  
Acuíferos dentro de la Zona de San Felipe-Bahía de San Luis Gonzaga

**Table/Tabla 83** **Aquifer characteristics within the San Felipe–San Luis Gonzaga Zone**  
**Acuíferos dentro de la Zona de San Felipe–Bahía de San Luis Gonzaga**

AQUIFER ACUIFERO	ANNUAL AVERAGE RECHARGE RECARGA MEDIA ANUAL		ENVIRONMENTAL ALLOCATION DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA		CONCESSIONED GROUNDWATER VOLUME VOLUMEN CONCESIONADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		AVAILABLE GROUNDWATER DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>	AF/yr	Mm <sup>3</sup>
San Felipe-Punta Estrella	6,486	8.00	243	0.30	5,853	7.22	389	0.48
Bahía de San Luis Gonzaga	4,459	5.50	1,621	2.00	73	0.09	2,765	3.41
El Chinero	3,324	4.10	162	0.20	1,913	2.36	1,249	1.54
Matomi-Puertecitos	3,891	4.80	2,675	3.30	24	0.03	1,192	1.47
El Huerfanito	405	0.50	0	0.00	0	0.00	405	0.50

### Hydrologic Balance

The hydrologic balance can be estimated using supply and demand to understand the water needs and characteristics of an area. It allows you to synthesize the input and output flows of the system, which can be a useful tool in the development of current and future water management actions, and prevent a crisis caused by lack of water resources.

The following sections present the synthesized supply and demand data and are quantified to obtain current and future water availability in the State of Baja California.

### Equilibrio Hidrológico

Al tener la oferta y demanda del agua se puede realizar el balance hídrico para conocer las necesidades y características hídricas de la zona. Te permite sintetizar los flujos de entrada y salida del sistema, obteniendo una imagen global que da las herramientas necesarias para definir acciones del manejo de agua actuales y futuras, y prevenir una crisis causada por falta del recurso.

En las siguientes secciones se presentan los datos de oferta y demanda sintetizados y se cuantifican para obtener la disponibilidad de agua actual y futura en el Estado de Baja California.

Tables 84 and 85 summarize the water supply and demand by zones of Baja California. In Table 86 the result of the hydrologic balance is obtained.

En las Tabla 84 y 85 se sintetiza la información de oferta y demanda actual de agua por zona en Baja California. En la Tabla 86 se obtiene el resultado del balance hídrico de ambos estados.

**Table/Tabla 84 Demand for Fresh Water by zones in Baja California at present**  
**Demanda de Agua Potable por zonas en Baja California actualmente**

AREA ZONA	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		TOTAL DEMAND DEMANDA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	154,133	190.12	32,575	40.18	186,708	230.30
Región Valle de San Quintín	8,077	9.96	113,151	139.57	121,228	149.53
Valle de Mexicali	91,059	112.32	2,162,175	2,667.00	2,253,235	2,779.32
Valles Interiores	1,295	1.60	59,596	73.51	60,891	75.11
Zona Sur	533	0.66	5,375	6.63	5,908	7.29
San Felipe - San Luis Gonzaga	1,845	2.28	0	0.00	1,845	2.28
<b>Total Baja California</b>	<b>256,943</b>	<b>316.93</b>	<b>2,372,872</b>	<b>2,926.89</b>	<b>2,629,815</b>	<b>3,243.82</b>

**Table/Tabla 85 Water supply by zones in Baja California at present**  
**Oferta de agua potable por zonas en Baja California actualmente**

AREA ZONA	URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		TOTAL SUPPLY OFERTA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	120,748	148.94	41,890	51.67	162,637	200.61
Región Valle de San Quintín	3,551	4.38	167,818	207.00	171,369	211.38
Valle de Mexicali	84,793	104.59	2,208,086	2,723.63	2,292,879	2,828.22

AREA ZONA	URBAN SUPPLY OFERTA URBANA		AGRICULTURAL SUPPLY OFERTA AGRÍCOLA		TOTAL SUPPLY OFERTA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Valles Interiores	1,086	1.34	82,693	102.00	83,779	103.34
Zona Sur	284	0.35	0	0.00	284	0.35
San Felipe - San Luis Gonzaga	5,164	6.37	0	0.00	5,164	6.37
<b>Total Baja California</b>	<b>215,626</b>	<b>265.97</b>	<b>2,500,486</b>	<b>3,084.30</b>	<b>2,716,112</b>	<b>3,350.27</b>

**Table/Tabla 86** Availability of fresh water in the State of Baja California at present  
 Disponibilidad de agua potable en el Estado de Baja California actualmente

AREA ZONA	WATER AVAILABILITY DISPONIBILIDAD DE AGUA	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	-24,070	-29.69
Región Valle de San Quintín	50,141	61.85
Valle de Mexicali	39,644	48.90
Valles Interiores	22,888	28.23
Zona Sur	-5,625	-6.94
San Felipe - San Luis Gonzaga	3,319	4.09
<b>Total Baja California</b>	<b>86,297</b>	<b>106.45</b>

According to the results shown in Table 86, there is not a water deficit in Baja California. However, the distribution of fresh water within the State of Baja California shows us that the supply of water in the urban area is lower than the demand for water, creating a deficit of water for domestic or industrial use while the

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 89, no existe un déficit de agua potable en Baja California. Sin embargo, la distribución de agua potable dentro del Estado de Baja California nos muestra que la oferta de agua potable en el área urbana es menor que la demanda de agua creando un déficit de agua potable para uso doméstico o

agriculture area does not have a deficit of water. In the State of Sonora has demand problems, especially in the agriculture area, as can be seen in Tables 87 and 88.

Water availability appears to decrease further due to increased population over a 2030 planning horizon. These values are observed in the following tables.

industrial mientras que el área agrícola no existe un déficit de agua potable. En el Estado de Sonora sí existen problemas de demanda, sobre todo en el área agrícola como puede observarse en las Tablas 87 y 88.

El comportamiento de la disponibilidad de agua en las zonas de estudio dentro de un marco de visión al año 2030 indican que la demanda de agua potable en la zona urbana sufre un aumento por el crecimiento demográfico provocando un mayor déficit de agua potable. Estos valores se observan en las Tablas siguientes.

**Table/Tabla 87 Demand for water by zones in Baja California in the future  
 Demanda de Agua Potable por zonas en Baja California a futuro**

AREA ZONA	URBAN DEMAND DEMANDA URBANA		AGRICULTURAL DEMAND DEMANDA AGRÍCOLA		TOTAL DEMAND DEMANDA TOTAL	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	194,013	239.31	32,575	40.18	226,587	279.49
Región Valle de San Quintín	12,409	15.31	113,151	139.57	125,560	154.88
Valle de Mexicali	113,411	139.89	2,162,175	2,667.00	2,275,586	2,806.89
Valles Interiores	2,391	2.95	59,596	73.51	61,986	76.46
Zona Sur	989	1.22	5,375	6.63	6,364	7.85
San Felipe - San Luis Gonzaga	2,593	3.20	0	0.00	2,593	3.20
<b>Total Baja California</b>	<b>325,805</b>	<b>401.87</b>	<b>2,372,872</b>	<b>2,926.89</b>	<b>2,698,677</b>	<b>3,328.76</b>



**Table/Tabla 88**      **Availability of fresh water in the state of Baja California in the future**  
**Disponibilidad de agua potable en el Estado de Baja California a futuro**

AREA ZONA	WATER AVAILABILITY DISPONIBILIDAD DE AGUA	
	AF/yr	Mm <sup>3</sup> /año
Zona Costa	-63,950	-78.88
Región Valle de San Quintín	45,809	56.50
Valle de Mexicali	17,293	21.33
Valles Interiores	21,793	26.88
Zona Sur	-6,080	-7.50
San Felipe - San Luis Gonzaga	2,572	3.17
<b>Total Baja California</b>	<b>17,435</b>	<b>21.51</b>

To reduce the shortage of fresh water in cities, the state government of Baja California is undertaking several projects. In the State of Baja California there are four seawater desalination projects:

- A 0.11 mgd desalination plant built on Isla de Cedros, that started working in 2017
- A 5.71 mgd desalination plant in the testing phase in the city of Ensenada
- A 5.71 mgd for the San Quintín region whose construction is expected to start in 2019
- The Rosarito Desalination Project with a capacity of 41.81 mgd, phase 1 for 2020 and an expansion in the future to double the capacity

Unlike the first three projects that supply only their own localities, the Rosarito Desalination Plant will be a regional supplier for the

Con el fin de disminuir el déficit de la disponibilidad en las ciudades de Baja California, existen diferentes estrategias del Gobierno del Estado para minimizar los problemas del suministro de agua potable para uso urbano. En el Estado de Baja California existen cuatro proyectos de desalación de agua de mar:

- Una desaladora de 5 lps construida en Isla de Cedros, funcionando desde el 2017
- Una desaladora de 250 lps, que se encuentra en fase de pruebas en la ciudad de Ensenada
- Proyecto de una desaladora de 250 lps para la región de San Quintín cuya construcción se espera inicie en el año presente
- Proyecto de la Desaladora de Playas de Rosarito de una capacidad de 2.20 m<sup>3</sup>/s en su primera fase al año 2020 y una ampliación a futuro de la misma capacidad

cities of Playas de Rosarito and Tijuana. These projects, together with the current supply sources, will help reduce the water deficit in the State of Baja California.

For a new source of water to use for agriculture, the government is currently working Executive Project of an aqueduct to send treated wastewater from the city of Tijuana to the Guadalupe Valley.

A diferencia de los tres primeros proyectos que abastecen su lugar de ubicación, la Desaladora de Playas de Rosarito se encajará de abastecer dos ciudades, Playas de Rosarito y Tijuana, logrando aumentar la oferta de agua y terminando con la escasez de agua. Estos proyectos en conjunto con las fuentes de abastecimiento actuales ayudaran a reducir el déficit de agua potable para uso urbano en el Estado de Baja California.

En cuestión de agua para uso agrícola, se está trabajando actualmente en el Proyecto Ejecutivo de un acueducto para enviar agua residual tratada de la ciudad de Tijuana al Valle de Guadalupe.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM2: Desalination Technologies  
and Brine Management Options

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM2: Tecnologías de Desalinización  
y Opciones para el Gestión de la  
Salmuera

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Glossary

### Brine

Water that contains a high concentration of salt. Brine discharges from desalination plants are produced as the residual after pure water is extracted. Also known as concentrate.

### Cogeneration

A combined generation of electricity and other energy, such as waste heat from leftover steam. Waste energy can be used to drive alternative processes, such as thermal desalination.

### Desalination

The removal of salts from a solution.

### Dispersion

The process of diluting and distributing dissolved material, such as ions, in water.

### Electrodialysis

A form of desalination where dissolved ions are removed from solution by the combination of ion-selective membranes and an external electric field.

### Enhanced Recovery

A water treatment process that reduces the volume of waste brine. The remaining brine contains very high concentrations of salts.

## Glosario

### Salmuera

Agua que contiene una alta concentración de sal. La descarga de salmuera de las plantas de desalinización es el residuo producido como resultado de la extracción del agua pura. También se le conoce como concentrado.

### Cogeneración

Una generación combinada de electricidad y otra energía, tal como el desperdicio de calor del vapor restante. La energía residual se puede utilizar para impulsar procesos alternativos, como la desalinización térmica.

### Desalinización

La eliminación de sales de una solución.

### Dispersión

El proceso de dilución y diseminación del material disuelto, como los iones, en agua.

### Electrodiálisis

Un tipo de desalinización donde los iones disueltos se eliminan de la solución mediante la combinación de membranas selectivas de iones y un campo eléctrico externo.

### Recuperación Mejorada

Un proceso de tratamiento de agua que reduce el volumen de residuos de salmuera. La salmuera restante contiene concentraciones muy altas de sales.

### Evaporation Pond

Artificial ponds designed to efficiently evaporate brine water by exposure to natural forces, such as sunlight, high ambient temperatures, and wind.

### Membrane

A thin semi-permeable material that allows the preferential passage of water over dissolved and non-dissolved material when an external force is applied.

### Multiple Effect Distillation

Desalination technology based on evaporation and condensation processes in multiple stages (called effects), operated in series with progressively decreasing pressures. Since water boils at lower temperature as pressure decreases, the vapor formed in the first stage can be used for vaporizing the feed water in the next stage.

### Multi-Stage Flash Distillation

Desalination technology based on distillation through several flashing chambers or “stages.” Intake water is heated and discharged into a chamber maintained slightly below the saturation vapor pressure of the incoming water, so that a fraction of the water content flashes into steam. The vapor generated by the flashing is converted into fresh water by condensation on heat exchanger tubing.

### Reverse Osmosis

A form of desalination where low salinity water is produced by forced passage through a semi-permeable membrane. Water preferentially passes through the membrane, while most

### Lagunas de Evaporación

Estanques artificiales diseñados para evaporar eficientemente el agua de salmuera por exposición a fuerzas naturales, como la luz solar, las altas temperaturas ambientales y el viento.

### Membrana

Un material delgado semipermeable que permite el paso preferencial del agua sobre el material disuelto y no disuelto cuando se aplica una fuerza externa.

### Destilación de Efectos Múltiples

Tecnología de desalinización basada en procesos de evaporación y condensación en múltiples etapas (llamados efectos), operados en serie con presiones que disminuyen progresivamente. Como el agua hierve a una temperatura más baja a medida que disminuye la presión, el vapor formado en la primera etapa se puede usar para vaporizar el agua de alimentación en la siguiente etapa.

### Destilación Flash Multietapa

Tecnología de desalinización basada en la destilación a través de varias cámaras intermitentes o "etapas". El agua de admisión se calienta y se descarga en una cámara que se mantiene ligeramente por debajo de la presión de vapor de saturación del agua entrante, de modo que una fracción del contenido de agua se convierte en vapor. El vapor generado por el parpadeo se convierte en agua dulce por condensación en la tubería del intercambiador de calor.

### Ósmosis Inversa

Una forma de desalinización en la que se produce agua de baja salinidad por el paso forzado a través de una membrana semipermeable. El agua pasa preferentemente a través de la

dissolved ions are retained and concentrated in water that does not pass through the membrane.

### **Thermal Distillation**

A form of desalination where the feed water is heated to produce steam. The steam is condensed to produce high-purity product water.

### **Vapor Compression Distillation**

Desalination technology based on evaporation and compression. The heat for evaporating the water comes from the compression of vapor, using either mechanical or thermal energy. The vapor is then condensed to form product water and the released heat is recycled to evaporate remaining feed water.

### **Zero-Liquid Discharge**

A water treatment process that produces no residual liquid waste. Waste material is typically converted into solids.

membrana, mientras que la mayoría de los iones disueltos se retienen y se concentran en el agua que no pasa a través de la membrana.

### **Destilación Térmica**

Una forma de desalinización donde el agua de alimentación se calienta para producir vapor. El vapor se condensa para producir agua de alta pureza.

### **Destilación por Compresión de Vapor**

Tecnología de desalinización basada en evaporación y compresión. El calor para evaporar el agua proviene de la compresión del vapor, utilizando energía mecánica o térmica. Luego, el vapor se condensa para formar agua producto y el calor liberado se recicla para evaporar el agua de alimentación restante.

### **Descarga de Líquido Cero**

Un proceso de tratamiento de agua que no produce residuos líquidos. El material de desecho generalmente se convierte en sólido.

## Introduction and Background

On September 21, 2017, the Commissioners of the International Boundary and Water Commission signed Minute No. 323, “Extension of Cooperative Measures and Adoption of a Binational Water Scarcity Contingency Plan in the Colorado River Basin”. Minute 323 expressed a clear need for continued and additional actions due to the impacts on Colorado River storage resulting from various factors, including meeting system demands, the effects of hydrologic conditions, and increased temperatures. Section IX. B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Binational Desalination Plant at the Sea of Cortez
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent.

## Introducción y Antecedentes

El 21 de septiembre de 2017 los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites y Aguas firmaron el Acta No. 323 “Extensión de medidas cooperativas y adopción de un plan binacional de contingencia por escasez de agua en la cuenca del río Colorado”. El Acta 323 expresó una clara necesidad de acciones continuas y adicionales debido a los impactos en el almacenamiento del río Colorado como resultado de diversos factores, entre los que se incluyen las demandas del sistema, los efectos de las condiciones hidrológicas y el aumento de las temperaturas. La sección IX. B del Acta 323, “Nuevos proyectos de fuentes de agua”, señala la existencia de oportunidades para proyectos de cooperación conjunta con el potencial de aumentar la distribución o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambas naciones, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Planta Desalinizadora Binacional en el Mar de Cortés
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de en el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado
- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

Minute 323 noted the need to evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information.

Following adoption of Minute 323, a binational Desalination Work Group was formed to develop a study of water desalination opportunities in the Sea of Cortez, as proposed by the Arizona-Mexico Commission. A scope of work was developed for the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez through the Desalination Work Group process and proposals were solicited and evaluated by the Study Management Team, which is a subset of the Desalination Work Group. The Study Management Team selected the engineering consulting team of Black & Veatch and Libra to undertake the study, with oversight by the Minute 323 Desalination Work Group and Minute Oversight Group. The results of this study will be compared to the investigations of the other four new water sources projects identified in Minute 323 once they are completed.

This Desalination Technologies and Brine Management Options technical memorandum (TM2) identifies and evaluates different desalination technologies and brine management options capable of treating at least 50,000 acre-feet per year (AFY) of seawater, up to 200,000 AFY. The desalination technologies presented herein include:

El Acta 323 señaló la necesidad de evaluar todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluido el volumen de agua que se generará, su costo y distribución entre los dos países, su potencial de intercambio y los beneficios que se generarán para ambos gobiernos, entre otra información relevante.

Siguiendo la ejecución de la Acta 323, se formó un Grupo de Trabajo de Desalinización binacional para estudiar las posibles nuevas fuentes de agua enumeradas anteriormente, entre las cuales esta el desarrollo de un estudio de oportunidades de desalinización del agua en el Mar de Cortés, según lo propuesto por la Comisión Sonora Arizona. Se desarrolló un alcance de trabajo para el Estudio Binacional sobre Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés a través del proceso del Grupo de Trabajo de Desalinización y las propuestas fueron solicitadas y evaluadas por el Equipo de Gestión del Estudio, el cual es un subconjunto del Grupo de Trabajo de Desalinización. El Equipo de Gestión del Estudio seleccionó el equipo de consultoría de ingeniería de Black & Veatch y Libra para realizar el estudio, supervisado por el Grupo de Trabajo de Desalinización y el Grupo de Seguimiento del Acta 323. Los resultados de este estudio se compararán con las investigaciones de los otros cuatro nuevos proyectos de fuentes de agua identificados en el Acta 323 una vez que se hayan completado.

Este memorando técnico (TM2) de Tecnologías de Desalinización y Opciones para el Gestión de la Salmuera identifica y evalúa diferentes tecnologías de desalinización y opciones de gestión de salmuera capaces de tratar al menos 2 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) de agua de mar, y hasta  $8 m^3/s$ . Las tecnologías de desalinización presentadas aquí incluyen:



- Thermal desalination, including multiple effect distillation, multi-stage flash distillation, and vapor compression
- Membrane desalination, including reverse osmosis and and electrodialysis desalination
- Thermal-membrane hybrids

The brine management options presented herein include:

- Ocean discharge and dispersion
- Evaporation ponds
- Deep well injection

In addition, the following emerging technologies are also investigated:

- Enhanced recovery
- Zero-liquid discharge
- Seawater pumped-storage

The purpose of this task is to determine the appropriateness of each technology for the applications identified in TM1. Factors that will be evaluated, to the extent that information is available/applicable, include:

- Scalability
- Environmental considerations
- Space considerations
- Energy requirements
- Ease of maintenance and availability of replacement parts
- Demonstrated performance

- Desalinización térmica, incluyendo la destilación de efectos múltiples, la destilación flash multietapa y la compresión de vapor
- Desalinización por membrana, incluyendo la desalinización por ósmosis inversa y por electrodiálisis
- Desalinización híbrida térmica-de membrana

Las opciones de gestión de salmuera presentadas aquí incluyen:

- Descarga y dispersión en el oceano
- Lagunas de evaporación
- Inyección en pozo profundo

Adicionalmente, se investigarán las siguientes dos tecnologías emergentes:

- Recuperación mejorada
- Descarga de cero líquido
- Almacenamiento de agua de mar por bombeo

El propósito de esta tarea es determinar la idoneidad de cada tecnología para las aplicaciones identificadas en TM1. Los factores que se evaluarán, en la medida en que la información esté disponible/sea aplicable, incluyen:

- Escalabilidad
- Consideraciones ambientales
- Consideraciones de sitio
- Requerimientos energéticos
- Facilidad de mantenimiento y disponibilidad de repuestos.
- Rendimiento demostrado

- Average unit cost (both capital and operational)

Based on the analysis, recommended desalination technologies and brine management options will be identified and utilized in the development of potential desalination opportunities in this study.

The evaluation presented herein explores the technical feasibility of technologies and options based on the range of potential desalination opportunities discussed previously (50,000 to 200,000 AFY). A 50,000 AFY desalination opportunity corresponds to a 45 million gallons per day (mgd) desalination plant, and assumes a seawater feed flow rate of approximately 113 mgd and a resulting brine flow rate of approximately 68 mgd. A 200,000 AFY desalination opportunity corresponds to a 180 mgd desalination plant, and assumes a seawater feed flow rate of approximately 450 mgd and a resulting brine flow rate of approximately 270 mgd.

The evaluations subsequently completed in Tasks 4 and 5 will include an analysis of the size of the potential opportunity as well as potential environmental and socio-economic requirements associated with each potential opportunity.

## Salinity in the Sea of Cortez

Salinity levels in the Sea of Cortez vary depending on the currents and tides of the sea, runoff from the surrounding land, inflow from the watersheds that drain to the Sea of Cortez, and

- Costo unitario promedio (tanto de capital como operativo)

De acuerdo al análisis, se identificarán las tecnologías de desalinización recomendadas y las opciones de gestión de salmuera, y se utilizarán en el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización en este estudio.

La evaluación presentada aquí explora la viabilidad técnica de las tecnologías y opciones basadas en el rango de oportunidades potenciales de desalinización discutidas anteriormente (2 a 8 m<sup>3</sup>/s). Una oportunidad de desalinización de 2 m<sup>3</sup>/s corresponde a una planta de desalinización de 170,343 m<sup>3</sup>/d, lo que supone un caudal de alimentación de agua de mar de aproximadamente 427,751 m<sup>3</sup>/d y un caudal de salmuera resultante de aproximadamente 257,408 m<sup>3</sup>/d. Una oportunidad de desalinización de 8 m<sup>3</sup>/s corresponde a una planta de desalinización de 681,372 m<sup>3</sup>/d, lo que supone un caudal de alimentación de agua de mar de aproximadamente de 1,703,430 m<sup>3</sup>/d y un caudal de salmuera resultante de aproximadamente 1,022,058 m<sup>3</sup>/d.

Posteriormente, las evaluaciones completadas en las Tareas 4 y 5 incluirán un análisis del tamaño de la oportunidad potencial, así como los requisitos ambientales y socioeconómicos potenciales asociados con cada oportunidad potencial.

## Salinidad en el Mar de Cortez

Los niveles de salinidad en el Mar de Cortés varían según las corrientes y las mareas del mar, la escorrentía de la tierra circundante, la entrada de las cuencas hidrográficas que drenan al

evaporation rates from the surface. General salinity levels are consistent with ocean seawater, between 32,000 and 35,000 parts per million (ppm).

By comparison, historical salinity levels of the Colorado River at Imperial Dam (1940-2015) have ranged from 570 to 1,000 ppm and averaged around 700 ppm (USBR 2017 – Quality of Water Colorado River Basin Progress Report No. 25). Similarly, brackish groundwater salinity in Arizona is typically much lower than that of seawater, generally below 5,000 ppm (Central Arizona Salinity Study, 2003 & 2006).

## Desalination Technologies

Desalination using solar energy for vaporization and condensation of seawater has been in practice for several centuries. Industrial desalination using steam as a heat source has been in use for about 200 years at small scale, such as ships. The first industrial desalination plants adopted these thermal processes for large-scale potable water production from brackish and seawater in the 1930s. The three major processes used in commercial distillation include multiple effect distillation, multi-stage flash, and vapor compression.

Techniques that depend on boiling water are inherently energy-intensive and costly (Miller, J., et al, 2003). For this reason, pursuits were made to establish other desalination technologies, culminating in the invention of semi-permeable membrane-based processes in the mid-20<sup>th</sup> century. The semi-permeable

Mar de Cortés, y la tasa de evaporación de la superficie. Los niveles generales de salinidad son consistentes con el agua de mar del océano, entre 32,000 y 35,000 partes por millón (ppm).

En comparación, los niveles históricos de salinidad del río Colorado en la presa Imperial (1940-2015) variaron de 570 a 1,000 ppm y promediaron alrededor de 700 ppm (USBR 2017 - Calidad del agua, Informe de progreso de la cuenca del río Colorado No. 25). De manera similar, la salinidad de las aguas subterráneas salobres en Arizona suele ser mucho más baja que la del agua de mar, generalmente por debajo de las 5,000 ppm (Estudio de salinidad del Centro de Arizona, 2003 & 2006).

## Tecnologías de Desalinización

La desalinización que utiliza energía solar para la vaporización y la condensación del agua de mar ha estado en práctica durante varios siglos. La desalinización industrial que utiliza vapor como fuente de calor ha estado en uso durante unos 200 años a pequeña escala, tal como en barcos. Las primeras plantas de desalinización industrial adoptaron estos procesos térmicos para la producción de agua potable a gran escala de agua salobre y marina en la década de 1930. Los tres procesos principales utilizados en la destilación comercial incluyen la destilación de efectos múltiples, el flash multi-etapa y la compresión de vapor.

Las técnicas que dependen del agua en ebullición son inherentemente intensivas en energía y costosas (Miller, J., et al, 2003). Por este motivo, se realizaron actividades para establecer otras tecnologías de desalinización, que culminaron en la invención

membranes allow passage of water across the membrane but prevent movement of ions. The driving force, depending on the membranes used, can be either pressure or electrical potential. The two main membrane processes used for salt removal are the reverse osmosis membrane process (pressure driven, which forces water through the membrane) and electrodialysis (electrical potential driven, which forces ions through the membrane).

Membranes are used in a wide range of water treatment applications and, for the purposes of this report, can be split into two categories: 1) pressure-driven and 2) electrically-driven. Pressure-driven membrane filtration operates on the principles of size exclusion (for the removal of large particulates from water, i.e. microfiltration and ultrafiltration) and solution-diffusion gradients (for the removal of small dissolved molecules and ions, i.e. nanofiltration and reverse osmosis). Reverse osmosis is the primary technology used in pressure-driven membrane desalination. Conversely, electrically-driven membrane processes utilize an electrical potential as the driving force to separate charged ions. Positive ions (cations) migrate to the negative electrode (cathode) while negative ions (anions) are attracted to the positive electrode (anode). Electrically-charged, ion-selective membranes are used to control and confine charged ions into separate concentrate streams, leaving behind de-ionized product water. The most common arrangement used is electrodialysis and its variant, electrodialysis reversal.

As mentioned previously, the desalination technologies presented herein are:

- Thermal desalination

de procesos semipermeables basados en membranas a mediados del siglo XX. Las membranas semipermeables permiten el paso del agua a través de la membrana pero evitan el movimiento de los iones. La fuerza motriz, dependiendo de las membranas utilizadas, puede ser presión o potencial eléctrico. Los dos procesos principales de membrana utilizados para la eliminación de la sal son el proceso de membrana de ósmosis inversa (impulsado por presión que fuerza el agua a través de la membrana) y la electrodiálisis (potencial eléctrico que fuerza los iones a través de la membrana).

Las membranas se utilizan en una amplia gama de aplicaciones de tratamiento de agua y, para los fines de este informe, se pueden dividir en dos categorías: 1) impulsadas por presión y 2) impulsadas eléctricamente. La filtración por membrana impulsada por presión opera bajo los principios de exclusión de tamaño (para la eliminación de partículas grandes del agua, es decir, microfiltración y ultrafiltración) y gradientes de difusión de solución (para la eliminación de pequeñas moléculas e iones disueltos, es decir, nanofiltración y ósmosis inversa). La ósmosis inversa es la principal tecnología utilizada en la desalinización por membrana impulsada por presión. Contrariamente, los procesos de membrana impulsados eléctricamente utilizan un potencial eléctrico como fuerza impulsora para separar los iones cargados. Los iones positivos (cationes) migran al electrodo negativo (cátodo), mientras que los iones negativos (aniones) son atraídos al electrodo positivo (ánodo). Las membranas selectivas de iones cargadas eléctricamente se utilizan para controlar y confinar iones cargados en corrientes concentradas separadas, dejando atrás el agua desionizada del producto. La disposición más común utilizada es la electrodiálisis y su variante, la electrodiálisis inversa.

- Multiple effect distillation
- Multi-stage flash distillation
- Vapor compression distillation
  
- Membrane desalination
  - Reverse osmosis
  - Electrodialysis
- Thermal-membrane hybrids

## Thermal Desalination

Thermal desalination processes involve vaporization of water in a saline solution. Since most dissolved solids (essentially salts) are non-volatile, they remain in solution. The vapor is then condensed on a cooler surface to produce water with very low dissolved solids.

The energy required to vaporize water is relatively high. To vaporize one pound of water, 1,000 British thermal units (Btu) of energy is required. Because of these high energy requirements, processes are evaluated on the basis of a metric commonly referred to as Performance Ratio. It is defined as the mass of desalinated water produced per unit of energy input. The typical units are kilograms of water produced per mega Joule (kg/MJ) or pounds of water produced for 1,000 Btu of heat input (lb/Btu).

Heat transfer efficiency is critical for thermal processes. Thermal processes typically take advantage of the fact that at lower

Como se mencionó anteriormente, las tecnologías de desalinización presentadas aquí son:

- Desalinización térmica
  - Destilación de efectos múltiples
  - Destilación flash multietapa
  - Destilación por compresión de vapor
- Desalinización por membrana
  - Ósmosis inversa
  - Electrodialisis
- Híbridos de membrana térmico

## Desalinización Térmica

Los procesos de desalinización térmica implican la vaporización del agua en una solución salina. Como la mayoría de los sólidos disueltos (esencialmente sales) no son volátiles, permanecen en la solución. Después el vapor se condensa en una superficie más fría para producir agua con sólidos disueltos muy bajos.

La energía requerida para vaporizar el agua es relativamente alta. Para vaporizar un kilogramo de agua, se requieren 1,056 kilojulios (kj) de energía. Debido a estas altas necesidades de energía, los procesos se evalúan en base a una métrica comúnmente denominada Relación de Rendimiento, la cual se define como la masa de agua desalada producida por unidad de aporte energético. Las unidades típicas son los kilogramos de agua producida por mega Joule (kg/MJ) o libras de agua producidas por 1,000 unidades térmicas británicas de entrada de calor (lb/Btu).

pressures the water boils at lower temperature. For instance, by reducing the ambient pressure by 75 percent, the boiling temperature is lowered from 212°F to 149°F. Hence, thermal processes typically involve multiple stages or effects, wherein the ambient pressure is sequentially lowered to allow vaporization to continue. Thermal processes also need a proper venting system for removing non-condensable gases and mist, as they will blanket hot surfaces, reducing efficiency and water production.

In general, the higher the operating temperature, the more economical the distillation process is. At high temperatures, the temperature difference between feed water and operating temperature is high, and the system operates at the highest driving force. However, at higher temperatures, there is potential for scaling, particularly by calcium sulfate, which has inverse solubility relationship with temperature increase. This typically limits the maximum operating temperature to 230°F to 248°F. Scaling by other salts such as calcium carbonate and magnesium hydroxide are controlled through addition of polyphosphate, acid, and polymers.

Thermal desalination processes are typically only used for seawater desalination, as it is not a cost-effective treatment for lower salinity water compared to other technologies available (van Vliet, M. and Smakhtin, V., 2018). This is primarily because the energy required to desalinate using thermal processes is reasonably constant, as the heat of vaporization does not vary considerably with salinity (approximately 6.5 kWh/1,000 gallons). Hence, even for water with low salinity, the energy required is similar to that of seawater. The following describes three thermal distillation processes that are used in the industry today.

La eficiencia de la transferencia de calor es crítica para los procesos térmicos. Los procesos térmicos típicamente aprovechan el hecho que a presiones más bajas el agua hierve a temperaturas más bajas. Por ejemplo, al reducir la presión ambiental en un 75 por ciento, la temperatura de ebullición se reduce de 100 °C a 65°C. Por lo tanto, los procesos térmicos típicamente involucran múltiples etapas o efectos en donde la presión ambiental se reduce secuencialmente para permitir que la vaporización continúe. Los procesos térmicos también necesitan un sistema de ventilación adecuado para eliminar los gases y la niebla no condensables, ya que pueden cubrir las superficies calientes, reduciendo la eficiencia y la producción de agua.

En general, cuanto más alta sea la temperatura de operación, más económico será el proceso de destilación. A altas temperaturas, la diferencia de temperatura entre el agua de alimentación y la temperatura de operación es mayor, y el sistema funciona con la fuerza motriz más elevada. Sin embargo, a temperaturas más altas existe el potencial de incrustación, particularmente por el sulfato de calcio, que tiene una solubilidad inversa con el aumento de la temperatura. Esto típicamente limita la temperatura máxima de operación de 110°C a 120°C. El escalamiento por otras sales, como el carbonato de calcio y el hidróxido de magnesio, se controlan mediante la adición de polifosfato, ácido y polímeros.

Los procesos de desalinización térmica normalmente solo se utilizan para la desalinización de agua de mar, ya que no es un tratamiento rentable para el agua de menor salinidad en comparación con otras tecnologías disponibles (van Vliet, M. and Smakhtin, V., 2018). Esto se debe principalmente a que la energía requerida para desalinizar usando procesos térmicos es razonablemente constante, ya que el calor de vaporización no varía considerablemente con la salinidad (aproximadamente 1.72 kWh/m<sup>3</sup>). Por lo tanto, incluso para el agua con

### Multiple Effect Distillation

Multiple effect distillation technology is the oldest thermal desalination process and consists of a series of stages or effects with progressively decreasing pressures. Since the water boils at lower temperature as pressure decreases, the vapor formed in the first stage can be used for vaporizing the feed water in the second stage and so on. The Performance Ratio increases with the number of effects used. The capital cost also increases with the number of effects.

The flow diagram shown in Figure 1 represents a typical multiple effect distillation process. Pressurized and preheated seawater is fed into the first effect and steam is fed to the inside of the heat exchanger tube of the first effect (blue pipe). As seawater is sprayed over the heat exchanger in the first effect, some of it boils and the steam inside condenses. The condensate from the first stage is sent back to the boiler to form more steam. The steam formed from the feed water in the first effect is sent to the next effect at lower pressure, where feed water is sprayed onto it. The steam condenses as the feed water is heated and part of it vaporizes. The steam from this effect is sent to the next stage and the process is repeated. The vapor from the last effect is condensed in the main condenser that preheats the incoming feed water. The cascade of steam and lowered temperature and pressure permits the original saline water to undergo multiple boilings without supplying additional heat after the first effect.

baja salinidad, la energía requerida es similar a la del agua de mar. A continuación se describen tres procesos de destilación térmica que se utilizan en la industria actual.

### Destilación De Efectos Múltiples

La tecnología de destilación de efectos múltiples es el proceso de desalinización térmica más antiguo y consiste en una serie de etapas o efectos con presiones que disminuyen progresivamente. Dado que el agua hierve a una temperatura más baja a medida que disminuye la presión, el vapor formado en la primera etapa se puede usar para vaporizar el agua de alimentación en la segunda etapa y así sucesivamente. La relación de rendimiento aumenta con el número de efectos utilizados. El costo de capital también aumenta con el número de efectos.

El diagrama de flujo que se muestra en la Figura 1 representa un proceso típico de destilación de efectos múltiples. El agua de mar presurizada y precalentada se alimenta en la primera etapa y el vapor se alimenta al interior del tubo del intercambiador de calor del primer efecto (tubo azul). A medida que el agua de mar se rocía sobre el intercambiador de calor en la primer etapa, parte de él hierve y el vapor del interior se condensa. El condensado de la primera etapa se envía de vuelta a la caldera para formar más vapor. El vapor formado a partir del agua de alimentación en la primer etapa se envía a la siguiente etapa a una presión más baja, donde se rocía agua de alimentación sobre él. El vapor se condensa a medida que el agua de alimentación se calienta y parte de ella se vaporiza. El vapor de esta etapa se envía a la siguiente etapa y el proceso se repite. El vapor de la última etapa se condensa en el condensador principal que precalienta el agua de alimentación entrante. La cascada de vapor y

High heat transfer rates can also be achieved due to the thin film evaporation and condensation conditions, further lowering the overall energy consumption.

The brine in each effect falls into a distribution tray. Brine from the first effect flows through orifices and enters the second effect at a lower pressure. Some of the brine evaporates upon entering the second effect. The majority of the brine flows over the outside of the second effect heat exchanger, where brine boils on one side of the heat transfer surface and water vapor from the first effect condenses on the other side of the surface, releasing the heat of vaporization for use in the second effect. In each succeeding effect, the operating temperature and pressure is lower than in the preceding effect.

The tube bundles through which vapor moves between effects can be arranged horizontally, vertically or in vertically stacked bundles. In horizontal tube configuration, the tube bundles are arranged horizontally, and the feed water is sprayed on the outside, with the heat to vaporize is contained on the side of the tube. In vertical tube arrangement, the feed water enters the tubes on the side surface and the heat is supplied on the outside. This results in higher heat transfers, although the primary drawback is ensuring a good flow distribution. In vertically stacked bundle configurations, the units with vertical tubes are stacked on top of each other. This eliminates the need to pump the concentrate between the stages.

la temperatura y presión reducidas permiten que el agua salina original experimente múltiples ebulliciones sin suministrar calor adicional después de la primer etapa. También se pueden lograr altas tasas de transferencia de calor debido a la delgada película de evaporación y las condiciones de condensación, lo que reduce aún más el consumo total de energía.

La salmuera en cada efecto cae en una bandeja de distribución. La salmuera de la primer etapa fluye a través de los orificios e ingresa a la segunda etapa a una presión más baja. Parte de la salmuera se evapora al ingresar a la segunda etapa. La mayoría de la salmuera fluye sobre el exterior del segundo intercambiador de calor de la etapa, donde la salmuera hierve a un lado de la superficie de transferencia de calor y el vapor de agua de la primera etapa se condensa en el otro lado de la superficie, liberando el calor de vaporización para su uso en la segunda etapa. En cada etapa posterior, la temperatura y la presión de operación son más bajas que en la etapa anterior.

Los paquetes de tubos a través de los cuales se mueve el vapor entre los efectos se pueden arreglar horizontalmente, verticalmente o en paquetes apilados verticalmente. En la configuración de tubo horizontal, los paquetes de tubos están dispuestos horizontalmente, y el agua de alimentación se rocía en el exterior, con el calor para vaporizar contenido al lado del tubo. En la disposición de tubos verticales, el agua de alimentación entra en los tubos por la superficie lateral y el calor se suministra en el exterior. Esto se traduce en mayores transferencias de calor, aunque el principal inconveniente es garantizar una buena distribución del flujo. En configuraciones de paquetes apilados verticalmente, las unidades con tubos verticales se



apilan una encima de la otra; esto elimina la necesidad de bombear el concentrado entre las etapas.

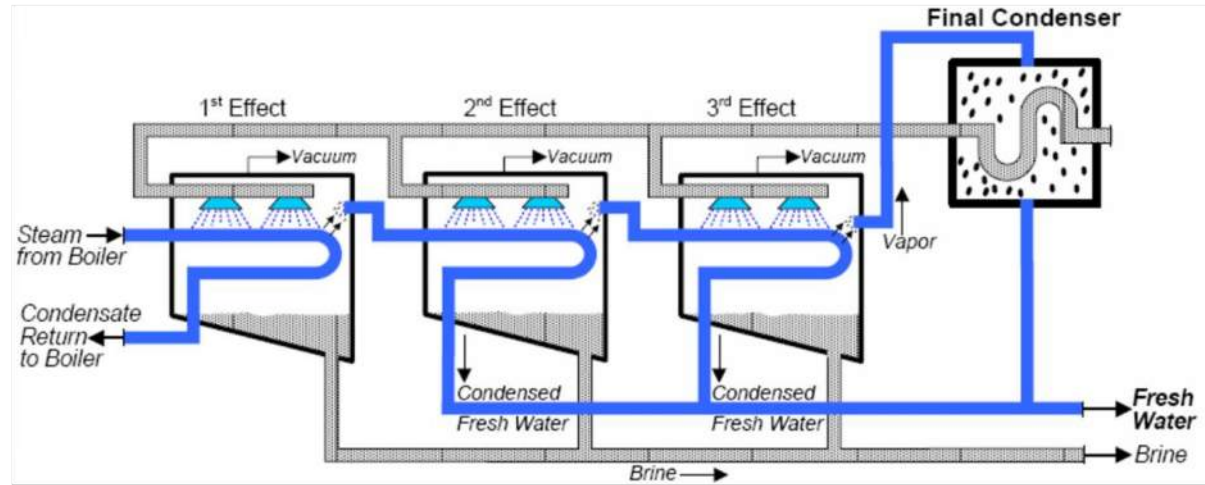
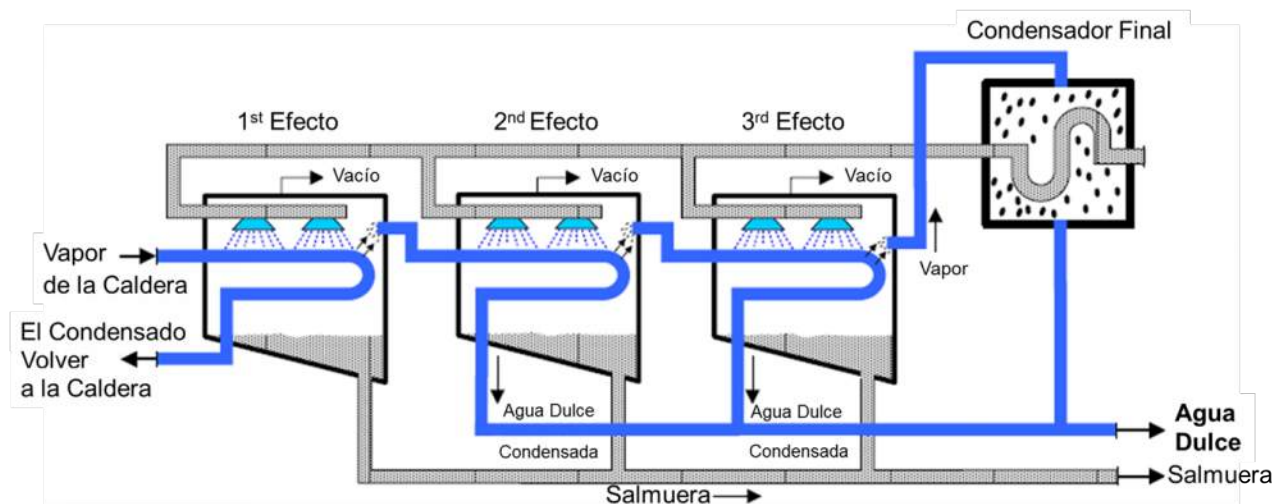


Figure 1 Multiple effect distillation process schematic



**Figura 1** Esquema del proceso de destilación de efectos múltiples

An alternative arrangement involves coupling multiple effect distillation with a thermocompressor to improve efficiency. The thermocompressor could be either a thermal vapor compressor or a mechanical vapor compressor. Coupling with a mechanical vapor compressor typically results in a smaller unit, while multiple effect distillation coupled with a thermal vapor compressor allows for larger units. This is typically advantageous when the pressure of the available steam is sufficiently high (above 2 bar absolute). The motive steam is fed into the thermocompressor through a nozzle, allowing it to expand. This results in the compressor pulling low-pressure steam from a cell of the multiple effect distillation. The low-pressure steam and the incoming high-pressure steam are mixed and compressed to the pressure needed for the first bundle of tubes. Hence, the latent heat of the low-pressure vapor is recycled within the evaporator

Un arreglo alternativo consiste en acoplar la destilación de efectos múltiples con un termocompresor para mejorar la eficiencia. El termocompresor puede ser un compresor de vapor térmico o un compresor de vapor mecánico. El acoplamiento con un compresor de vapor mecánico generalmente resulta en una unidad más pequeña, mientras que la destilación de efectos múltiples junto con un compresor de vapor térmico permite unidades más grandes; esto es típicamente ventajoso cuando la presión del vapor disponible es suficientemente alta (por encima de 2 bar absolutos). El vapor motor se alimenta al termocompresor a través de una boquilla, lo que le permite expandirse. Esto hace que el compresor extraiga vapor de baja presión de una celda de la destilación de efecto múltiple. El vapor de baja presión y el vapor de alta presión entrante se mezclan y comprimen a la presión necesaria para el primer conjunto de tubos. Por lo tanto, el calor latente del vapor de baja presión se recicla

and reused to desalinate water. Typically, the performance of the compressor improves with increased motive steam pressure. It decreases when the temperature difference between the low-pressure steam and condensation temperatures increases.

When no steam is available, a mechanical vapor compressor could be used. The vapor from the colder cells is recycled to the first cell using a centrifugal compressor driven by an electrical motor. Since the energy input is small, as it is obtained primarily from the compression of vapor from the coldest cell, the heat from the distillate and brine are recovered and used to preheat the seawater fed to the first cell of the evaporator using plate heat exchangers. The energy consumption of a mechanical vapor compressor typically ranges from 26 to 60 kWh/1,000 gallons.

The size of the multiple effect distillation-mechanical vapor compressor unit is typically limited to 1.3 mgd due to the limitations of the size of the compressor. In recent years, unit sizes as large as 12 mgd, when coupled with vapor compression as discussed below, have been installed (Van der Bruggen & Vandecasteele, 2002).

A summary of the major process components is presented in Table 1.

dentro del evaporador y se reutiliza para desalinizar el agua. Normalmente, el rendimiento del compresor mejora con el aumento de la presión de vapor motriz, y disminuye cuando aumenta la diferencia de temperatura entre el vapor de baja presión y las temperaturas de condensación.

Cuando no hay vapor disponible, se puede usar un compresor de vapor mecánico. El vapor de las celdas más frías se recicla a la primera celda utilizando un compresor centrífugo accionado por un motor eléctrico. Dado que la entrada de energía es pequeña, ya que se obtiene principalmente de la compresión del vapor de la celda más fría, el calor del destilado y la salmuera se recuperan y se utilizan para precalentar el agua de mar que se alimenta a la primera celda del evaporador utilizando intercambiadores de calor de placas. El consumo de energía de un compresor mecánico de vapor oscila entre 7 a 16 kWh/m<sup>3</sup>.

El tamaño de la unidad del compresor de vapor mecánico por destilación de efectos múltiples se limita típicamente a 5,000 m<sup>3</sup>/d debido a las limitaciones del tamaño del compresor. En los últimos años, se han instalado tamaños de unidades tan grandes como de 45,000 m<sup>3</sup>/d, cuando se combinan con la compresión de vapor como se explica a continuación (Van der Bruggen y Vandecasteele, 2002).

Un resumen de los principales componentes del proceso se presenta en la Tabla 1.

**Table/Tabla 1**      **Primary process components for seawater multiple effect distillation**  
**Componentes primarios del proceso para la destilación de efectos múltiples de agua de mar**

PROCESS COMPONENT COMPONENTE DEL PROCESO	CONVENTIONAL COMPONENT OPTIONS OPCIONES DE COMPONENTES CONVENCIONALES
Pretreatment Pretratamiento	Screening, removing gas such as carbon dioxide if acid is used, addition of scale inhibitors such as polyphosphates, acid, polymers, etc. Detección, eliminación de gas como el dióxido de carbono si se usa ácido, adición de inhibidores de incrustaciones como polifosfatos, ácido, polímeros, etc
Desalination principle Principio de desalinización	Heat + vacuum; temperature range of 158 – 230 °F Calor + vacío; rango de temperatura de 70 – 110 °C
Water recovery (including cooling water) Recuperación de agua (incluyendo agua de refrigeración)	20 – 35% recovery 20 – 35% de recuperación
Performance ratio Tasa de desempeño	5 to 10 kg of distillate/MJ of heat 5 a 10 kg de destilado/MJ de calor
Electricity requirements Requerimientos de electricidad	1.3 – 2 kWh/m <sup>3</sup> 1.3 – 2 kWh/m <sup>3</sup>
Distillate water quality Calidad del agua destilada	< 10 milligrams per liter (mg/L) total dissolved solids < 10 miligramos por litro (mg/L) de sólidos disueltos totales
Post treatment Post tratamiento	Addition of alkalinity, hardness and pH adjustment Adición de alcalinidad, dureza y ajuste de pH
Energy recovery Recuperación de energía	Reuse of heat from condensers to reheat feed water Reúso del calor de los condensadores para recalentar el agua de alimentación
Average cost of desalinated water (actual cost dependent on fuel cost) Costo promedio del agua desalada (el costo real depende del costo del combustible)	\$1,020/AF \$0.83/m <sup>3</sup>

As with all thermal technologies, the energy required to distill seawater using the multiple effect process is high, and thus expensive in terms of operating costs. Of the thermal desalination technologies evaluated, multiple effect distillation is the most cost effective. Because of the smaller unit size of multiple effect distillation compared to multi-stage flash distillation (discussed below), use of multiple effect distillation in very large scale plants had been limited in the past. However, in recent years, with increased unit size, multiple effect distillation is being implemented in large scale desalination plants. As such, it is recommended that multiple effect distillation, along with multi-stage flash distillation be considered for the development of potential seawater desalination opportunities as part of this study.

### Multi-Stage Flash Distillation

Multi-stage flash distillation has the largest market share of installed seawater desalination facilities. Typical plant sizes range from 5 to more than 200 mgd. However, the use of multi-stage flash for new installations is on the decline, as use of other thermal processes such as multiple effect distillation and membrane processes such as reverse osmosis are proving to be more cost effective (Singh R., 2013). For large scale plants, multi-stage flash distillation has a larger share among thermal processes historically, but the trend is changing. For example, for 12 plants larger than 100 mgd, multi-stage flash distillation is used in nine plants while multiple effect distillation is used in three plants and all the multiple effect distillation plants were built in last 10 years.

Al igual que con todas las tecnologías térmicas, la energía requerida para destilar agua de mar mediante el proceso de efectos múltiples es alta y, por lo tanto, costosa en términos de costos operativos. Debido lo pequeño de la unidad en la destilación de efectos múltiples en comparación con la destilación de múltiples etapas (que se describe a continuación), el uso de la destilación de efectos múltiples en plantas a gran escala había sido limitado en el pasado. Sin embargo, en los últimos años, con el aumento del tamaño de la unidad, se está implementando la destilación de efectos múltiples en plantas de desalinización a gran escala. Como tal, se recomienda que se considere la destilación de efectos múltiples, junto con la destilación flash multietapa, para el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización de agua de mar como parte de este estudio.

### Destilación Flash Multietapa

La destilación flash multietapa tiene la mayor parte de mercado de plantas de desalinización de agua de mar instaladas. Los tamaños típicos de las plantas varían de 20,000 a 750,000 m<sup>3</sup>/d. Sin embargo, el uso de flash multietapa para nuevas instalaciones está disminuyendo, ya que el uso de otros procesos térmicos como la destilación de efectos múltiples y los procesos de membrana como la ósmosis inversa están demostrando ser más rentables (Singh R., 2013). Para las plantas a gran escala, la destilación flash multietapa tiene históricamente una mayor participación entre los procesos térmicos, pero la tendencia está cambiando. Por ejemplo, para 12 plantas de más de 4 m<sup>3</sup>/s, la destilación flash multietapa se usa en nueve plantas, mientras que la destilación de efecto múltiple se usa

In the multi-stage flash distillation process, the pressure of the vapor above the heated water is reduced to below the boiling vapor pressure at that temperature, causing rapid boiling (flashing) of water and release of vapor. As vapor is released, the temperature falls below boiling point at that pressure. The vapor is condensed on the outside of tubes conveying cooler brine, which is then heated, thereby recovering heat.

A flow schematic of multi-stage flash distillation is provided as Figure 2. Steam is used to heat the seawater to the required operating temperature and to power a jet ejector. The jet ejector is an aspirating device, which creates a vacuum within the evaporation chambers and removes any non-condensable gases that may collect in the system. Each stage in the multi-stage flash unit is operated at a different pressure and temperature.

The highest temperature and pressure are encountered in Stage 1. As the brine enters each subsequent stage, a pressure drop occurs, and a portion of the seawater flash evaporates (rapid boiling). In Stage 1, the brine solution and water vapor coexist at an operating pressure and temperature. As the brine stream enters the next stage, it flash evaporates, dissipating excess energy until it reaches the operating temperature of that stage. Flashing occurs because of the temperature/pressure relationship. The liquid stream entering the stage contains an excess of energy and cannot exist only as a liquid. The excess energy is dissipated by rapid boiling (flashing), and transfers from the liquid to the vapor stream. The energy loss results in a lower brine temperature that is in equilibrium with the operating pressures within that particular stage. The brine solution flows from Stage 1 to Stage n (n represents the total number of stages used), and in each stage, the operating pressure and temperature

en tres plantas y todas las plantas de destilación de efecto múltiple se construyeron en los últimos 10 años.

En el proceso de destilación instantánea multietapa, la presión del vapor sobre el agua calentada se reduce por debajo de la presión de vapor a esa temperatura, causando una ebullición rápida (intermitente) de agua y desprendimiento de vapor. A medida que se libera vapor, la temperatura cae por debajo del punto de ebullición a esa presión. El vapor se condensa en el exterior de los tubos que transportan salmuera más fría, que luego se calienta, recuperando así el calor.

En la Figura 2 se proporciona un esquema del flujo de destilación instantánea multietapa. El vapor se utiliza para calentar el agua de mar a la temperatura de funcionamiento requerida y para alimentar un eyector de chorro. El eyector de chorro es un dispositivo de aspiración, que crea un vacío dentro de las cámaras de evaporación y elimina cualquier gas no condensable que pueda acumularse en el sistema. Cada etapa de la unidad de flash de múltiples etapas se opera a una presión y temperatura diferentes.

La temperatura y la presión más altas se encuentran en la Etapa 1. A medida que la salmuera ingresa en cada etapa subsiguiente, se produce una caída de presión y una porción del agua de mar se evapora (ebullición rápida). En la Etapa 1, la solución de salmuera y el vapor de agua coexisten a una presión y temperatura de operación. A medida que la corriente de salmuera entra en la siguiente etapa, se evapora instantáneamente, disipando el exceso de energía hasta que alcanza la temperatura de funcionamiento de esa etapa. El destello ocurre debido a la relación temperatura / presión. La corriente de líquido que ingresa a la etapa contiene un exceso de energía y no puede existir solo como líquido. El exceso de energía se disipa

decrease. In Stage  $n$ , the operating pressure and temperature are at their lowest, and the brine stream has its highest salt concentration.

To improve energy efficiency, the energy in the water vapor is recovered, as most of the heat added to the system is in the vapor. As the water vapor is condensed, it releases heat. This energy is transferred to the cooling water and preheats the feed water. As the feed water flows from Stage  $n$  to Stage 1, its temperature rises. Since there must be a temperature gradient (driving force) across the heat exchanger, the cooling water temperature leaving Stage 1 will be somewhat lower than the Stage 1 water vapor temperature. The feed water passes through an external heat exchanger (i.e., brine or feed heater) and is heated by steam to the Stage 1 feed operating temperature. The feed water stream then becomes the brine stream and undergoes flash evaporation, as described above.

mediante una ebullición rápida (destello) y se transfiere del líquido a la corriente de vapor. La pérdida de energía da como resultado una temperatura de salmuera más baja que está en equilibrio con las presiones operativas dentro de esa etapa en particular. La solución de salmuera fluye desde la Etapa 1 a la Etapa  $n$  ( $n$  representa el número total de etapas utilizadas), y en cada etapa, la presión de operación y la temperatura disminuyen. En la etapa  $n$ , la presión y la temperatura de funcionamiento están en su nivel más bajo, y la corriente de salmuera tiene su mayor concentración de sal.

Para mejorar la eficiencia energética, la energía en el vapor de agua se recupera, ya que la mayor parte del calor agregado al sistema se encuentra en el vapor. A medida que el vapor de agua se condensa, libera calor. Esta energía se transfiere al agua de refrigeración y precalienta el agua de alimentación. A medida que el agua de alimentación fluye desde la Etapa  $n$  a la Etapa 1, su temperatura aumenta. Dado que debe haber un gradiente de temperatura (fuerza motriz) a través del intercambiador de calor, la temperatura del agua de enfriamiento que sale de la Etapa 1 será algo más baja que la temperatura de vapor de agua de la Etapa 1. El agua de alimentación pasa a través de un intercambiador de calor externo (es decir, salmuera o calentador de alimentación) y se calienta con vapor a la temperatura de operación de alimentación de la Etapa 1. La corriente de agua de alimentación se convierte en la corriente de salmuera y sufre una evaporación instantánea, como se describe anteriormente.

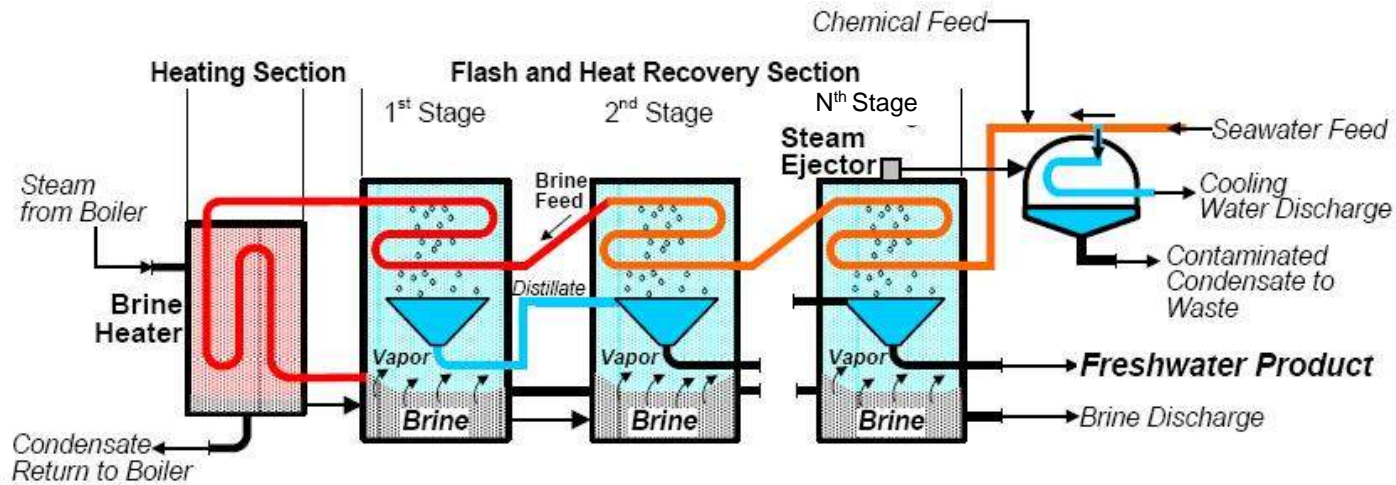


Figure 2 Multi-stage flash distillation process schematic

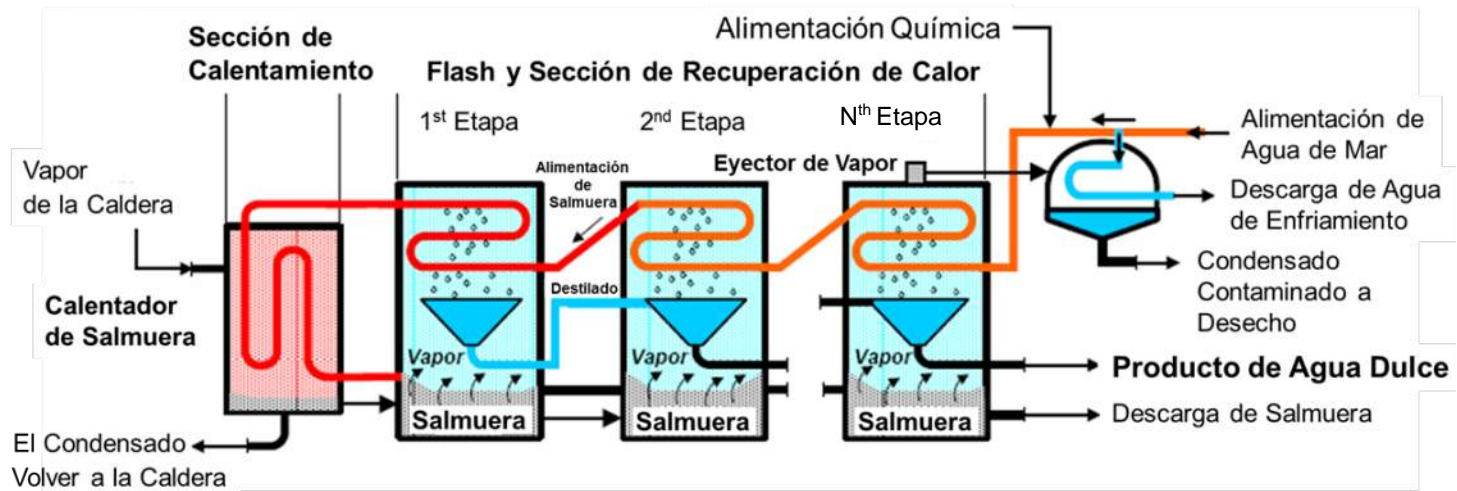


Figura 2 Esquema del proceso de destilación flash multietapa



A modification of this process is a brine-re-circulating multi-stage flash plant, which is operated according to the principles described earlier, with one major change. Most of the cooling water is discarded after Stage n-1, and brine recycled from Stage n is used as cooling water for the heat recovery stages. Make-up feed water will equal the sum of the brine blowdown and product water flow rates. Brine blowdown is necessary to control the salt content of the brine process stream. Brine must be continually wasted to control scaling, as scale formation is also a function of salt concentration. Therefore, only the make-up water needs to be chemically treated for scale control.

The evaporation and condensation steps are coupled in multi-stage flash distillation so that the latent heat of evaporation is recovered for reuse by preheating the incoming water and recovery is maximized by increasing the number of stages. Unlike with multiple effect distillation, heat exchange with the saline water does not occur on the surface of heat-exchangers, but in the bulk water instead. This alleviates problems with scale formation and although precipitation may occur in the bulk solution it is more easily mitigated by chemical pretreatment.

A summary of the major process components is presented in Table 2.

Una modificación de este proceso es una planta flash multietapa con recirculación de salmuera, que funciona de acuerdo con los principios descritos anteriormente, con un cambio importante. La mayor parte del agua de enfriamiento se desecha después de la Etapa n-1, y la salmuera reciclada de la Etapa n se usa como agua de enfriamiento para las etapas de recuperación de calor. El agua de alimentación de compensación será igual a la suma de la purga de salmuera y las tasas de flujo de agua del producto. La purga de salmuera es necesaria para controlar el contenido de sal del flujo del proceso de salmuera. La salmuera debe desperdiciarse continuamente para controlar la escala, ya que la formación del escalamiento también está en función de la concentración de sal. Por lo tanto, solo el agua de reposición debe ser tratada químicamente para controlar el escalamiento.

Las etapas de evaporación y condensación se acoplan en la destilación instantánea multietapa, de manera que el calor latente de la evaporación se recupera para su reutilización al precalentar el agua entrante y la recuperación se maximiza aumentando el número de etapas. A diferencia de la destilación de efectos múltiples, el intercambio de calor con el agua salina no se produce en la superficie de los intercambiadores de calor, sino en el volumen de agua. Esto disminuye los problemas por la formación de incrustaciones y, aunque la precipitación puede ocurrir en la solución en masa, se mitiga más fácilmente con un tratamiento químico previo.

Un resumen de los componentes principales del proceso se presenta en la Tabla 2.

**Table/Tabla 2 Primary process components for seawater multi-stage flash distillation**  
**Componentes del proceso primario para la destilación rápida en varias etapas de agua de mar**

PROCESS COMPONENT COMPONENTE DEL PROCESO	CONVENTIONAL COMPONENT OPTIONS OPCIONES DE COMPONENTES CONVENCIONALES
Pretreatment Pretratamiento	Screening, removing gas such as carbon dioxide if acid is used, addition of scale inhibitors such as polyphosphates, acid, polymers, etc. Detección, eliminación de gas como el dióxido de carbono si se usa ácido, adición de inhibidores de incrustaciones como polifosfatos, ácido, polímeros, etc.
Desalination principle Principio de desalinización	Heat + vacuum; temperature range of 158 – 230 °F Calor + vacío; rango de temperatura de 70 – 110 °C
Water recovery (including cooling water) Recuperación de agua (incluyendo agua de refrigeración)	10 – 20% recovery 10 – 20% de recuperación
Performance ratio Tasa de desempeño	3 – 6 kg of distillate/MJ of heat 3 – 6 kg de destilado/MJ de calor
Electricity requirements Requerimientos de electricidad	3 – 5 kWh/m <sup>3</sup> 3 – 5 kWh/m <sup>3</sup>
Distillate water quality Calidad del agua destilada	< 10 mg/L total dissolved solids < 10 mg/L de sólidos disueltos totales
Post treatment Post tratamiento	Addition of alkalinity, hardness and pH adjustment Adición de alcalinidad, dureza y ajuste de pH
Energy recovery Recuperación de energía	Reuse of heat from condensers to reheat feed water Reutilización del calor de los condensadores para recalentar el agua de alimentación
Average cost of desalinated water (actual cost dependent on fuel cost) Costo promedio del agua desalada (el costo real depende del costo del combustible)	\$1,320/AF \$1.07/m <sup>3</sup>

As with all thermal technologies, the energy required to distill seawater using the multi-stage flash process is high, and thus expensive in terms of operating costs. Therefore, consideration of utilizing multi-stage flash distillation for the development of potential seawater desalination opportunities as part of this study will be limited to opportunities where the availability of abundant, inexpensive energy exists, such as colocation with an existing power plant.

### Vapor Compression Distillation

The vapor compression process relies on compressing water vapor through a compressor or jet stream to increase the vapor pressure and condensation temperature, as shown on Figure 3. Typically, condensation of vapor takes place on one side of a tube while brine is applied as a thin film on the other side of the tube. As the vapor condenses, latent heat is transferred through the tube surface to the other side where it is utilized to boil the brine and produce water vapor. The temperature differences between evaporation and condensation are fairly small (4 to 5 degrees) minimizing energy consumption. The energy required to drive the compressor is the major source of demand.

In the mechanical vapor compression process, the compressor is operated by electric motor or diesel engine. High-pressure steam can also be used to compress the vapor generated in the vessel. Thermal vapor compressor uses pressurized steam to drive a steam jet thermocompressor or a mechanical compressor.

Al igual que con todas las tecnologías térmicas, la energía requerida es alta para destilar agua de mar mediante el proceso de flash multietapa, y por lo tanto, costosa en términos de costos operativos. Como resultado de esto, la consideración de utilizar la destilación instantánea multietapa para el desarrollo de oportunidades potenciales de desalinización de agua de mar como parte de este estudio se limitará a oportunidades donde exista disponibilidad de energía abundante y económica, como la colocación con una planta de energía existente.

### Destilación por Compresión de Vapor

El proceso de compresión de vapor se basa en comprimir el vapor de agua a través de un compresor o corriente de chorro para aumentar la presión de vapor y la temperatura de condensación, como se muestra en la Figura 3. Por lo general, la condensación de vapor se produce a un lado del tubo mientras que la salmuera se aplica como una película delgada al otro lado del tubo. A medida que el vapor se condensa, el calor latente se transfiere a través de la superficie del tubo hacia el otro lado, donde se utiliza para hervir la salmuera y producir vapor de agua. Las diferencias de temperatura entre la evaporación y la condensación son bastante pequeñas (4 a 5 grados), lo que minimiza el consumo de energía. La energía requerida para impulsar el compresor es la principal fuente de demanda.

En el proceso de compresión mecánica de vapor, el compresor es operado por un motor eléctrico o un motor diesel. También se puede utilizar vapor a alta presión para comprimir el vapor generado en el recipiente. El compresor de vapor térmico utiliza vapor a presión para

impulsar un termocompresor de chorro de vapor o un compresor mecánico.

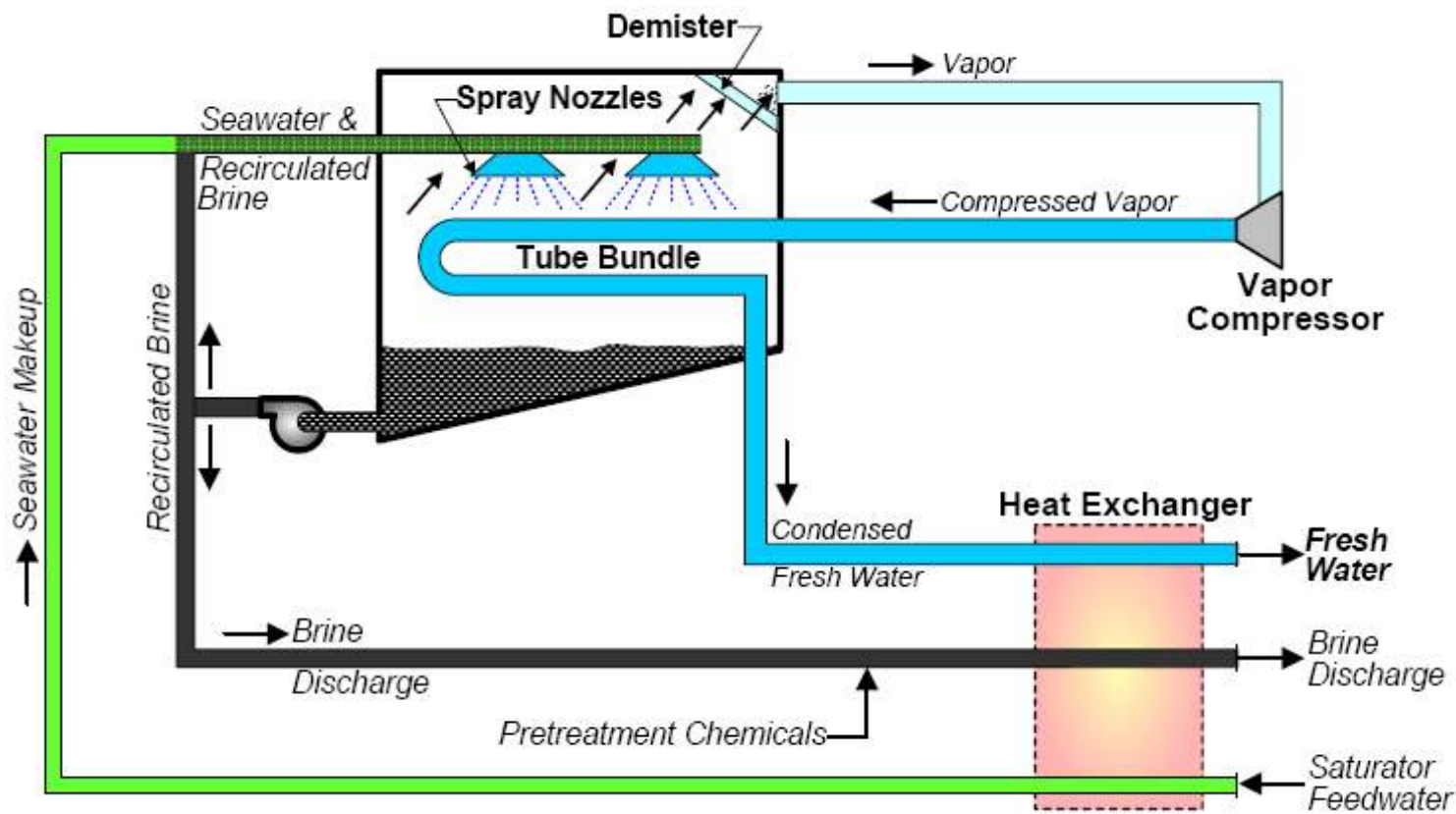


Figure 3 Vapor compression distillation process schematic

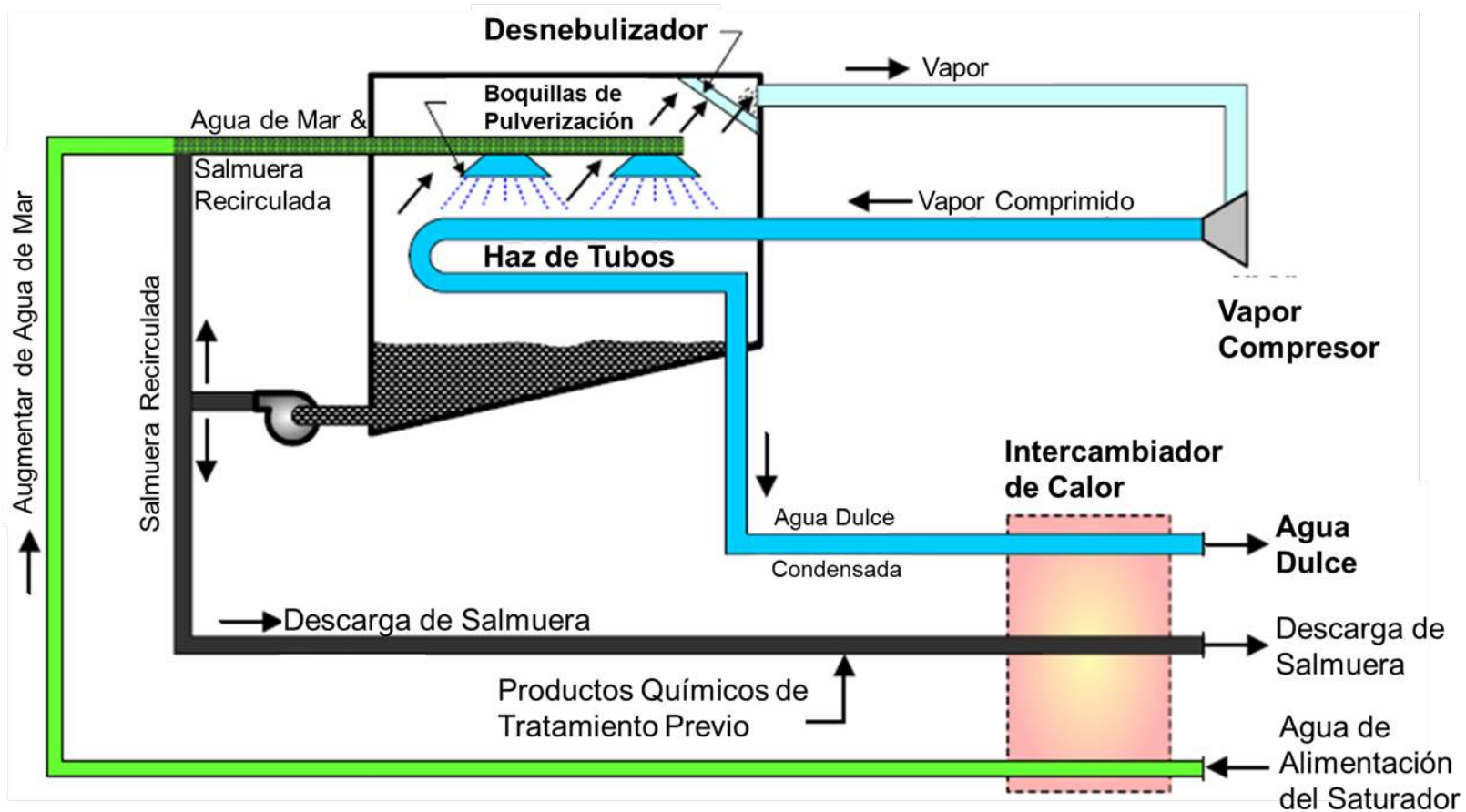


Figura 3 Esquema del proceso de destilación por compresión de vapor

Two configurations are widely used: horizontal tube spray film and vertical tube. In the spray tube configuration, the brine is sprayed onto the tubes containing hot vapor. The vapor formed in this process is compressed by a mechanical compressor or by a stream jet thermo-compressor and used for heat in the

Dos tipos de configuraciones son ampliamente utilizadas para este tipo de tecnología: película de rociado de tubo horizontal y tubo vertical. En la configuración del tubo de rociado, la salmuera se rocía sobre los tubos que contienen vapor caliente. El vapor formado en este proceso es comprimido por un compresor mecánico o por un

evaporator. A portion of the hot brine is re-circulated back to the spray nozzles for further vaporization. In vertical tube vapor compression process, the brine or seawater flows as thin film on the inside of vertical tubes installed in a vapor compression chamber. The sizes of vapor compressor units are relatively small, with a majority of them producing less than 0.8 mgd.

A summary of the major process components is presented in Table 3.

termocompresor de chorro de corriente y se utiliza para calentar en el evaporador. Una parte de la salmuera caliente vuelve a circular hacia las boquillas de rociado para una mayor vaporización. En el proceso de compresión de vapor de tubo vertical, la salmuera o el agua de mar fluye como una película delgada en el interior de los tubos verticales instalados en una cámara de compresión de vapor. Los tamaños de las unidades de compresores de vapor son relativamente pequeños, y la mayoría de ellos producen menos de 3,000 m<sup>3</sup>/d.

Un resumen de los componentes principales del proceso se presenta en la Tabla 3.

**Table/Tabla 3 Primary process components for seawater vapor compression distillation**  
**Componentes del proceso primario para la destilación por compresión de vapor de agua de mar**

PROCESS COMPONENT COMPONENTE DEL PROCESO	CONVENTIONAL COMPONENT OPTIONS OPCIONES DE COMPONENTES CONVENCIONALES
Pretreatment Pretratamiento	Screening, removing gas such as carbon dioxide if acid is used, addition of scale inhibitors such as polyphosphates, acid, polymers, etc. Detección, eliminación de gas como el dióxido de carbono si se usa ácido, adición de inhibidores de incrustaciones como polifosfatos, ácido, polímeros, etc.
Desalination principle Principio de desalinización	Compressed steam; temperature range of 122 – 212 °F Vapor comprimido; rango de temperatura de 50 a 100 °C
Water recovery (including cooling water) Recuperación de agua (incluyendo agua de refrigeración)	30 to 40% recovery 30 a 40% de recuperación
Performance ratio Tasa de desempeño	Not applicable No aplica
Electricity requirements Requerimientos de electricidad	6 – 8 kWh/m <sup>3</sup> 6 – 8 kWh/m <sup>3</sup>
Distillate water quality Calidad del agua destilada	< 10 mg/L total dissolved solids < 10 mg/L de sólidos disueltos totales
Post treatment Post tratamiento	Addition of alkalinity, hardness and pH adjustment Adición de alcalinidad, dureza y ajuste de pH
Energy recovery Recuperación de energía	Reuse of heat from condensers to reheat feed water Reutilización del calor de los condensadores para recalentar el agua de alimentación
Average cost of desalinated water (actual cost dependent on fuel cost) Costo medio del agua desalada (el costo real depende del costo del combustible)	\$2,100/AF \$1.7/m <sup>3</sup>

Because vapor compression desalination plants are limited in size, typically 1 mgd or smaller (Ibrahimi, M. et al., 2017), this process will not be considered further in this study as the ultimate goal is to develop a seawater desalination opportunity of 45-180 mgd.

## Membrane Desalination

This section provides a discussion of membrane desalination technologies.

Debido a que las plantas de desalinización por compresión de vapor son limitadas en tamaño, generalmente de 0.04 m<sup>3</sup>/s o menos (Ibrahimi, M. et al., 2017), este proceso no se considerará más en este estudio, ya que el objetivo final es desarrollar una oportunidad de desalinización de agua de mar de 2-8 m<sup>3</sup>/s.

## Desalinización por Membrana

Esta sección proporciona un análisis de las tecnologías de desalinización por membrana.

## Reverse Osmosis / Ósmosis Inversa

The reverse osmosis process uses pressure to force pure water through semi-permeable membranes that inhibit the passage of salts. In recent years, new developments in membrane technology have made a wide variety of membranes available for treating various source waters. The currently available membranes can be classified into three groups – nanofiltration (softening), low pressure reverse osmosis (brackish water) and seawater elements. Among these categories, the permeability and rejection capabilities of the membranes vary significantly. In recent years, improvements in technology have resulted in the development of membranes that are capable of operating at lower pressures without sacrificing finished water quality. In seawater applications, membranes capable of high rejection of boron are now available – a constituent not well removed by reverse osmosis membranes under normal operating conditions. In addition, with advances in technology, the productivity of

El proceso de ósmosis inversa utiliza la presión para forzar el paso de agua pura a través de membranas semipermeables que inhiben el paso de las sales. En los últimos años, los nuevos desarrollos en la tecnología de membranas han hecho disponible una amplia variedad de membranas para el tratamiento de diversas fuentes de agua. Las membranas disponibles actualmente se pueden clasificar en tres grupos: nanofiltración (reblandecimiento), ósmosis inversa de baja presión (agua salobre) y elementos de agua de mar. Entre estas categorías, las capacidades de permeabilidad y rechazo de las membranas varían significativamente. En los últimos años, las mejoras en la tecnología han resultado en el desarrollo de membranas que son capaces de operar a presiones más bajas sin sacrificar la calidad del agua producto. En aplicaciones de agua de mar, ahora hay disponibles membranas con alta capacidad de rechazo del boro, un componente que no se elimina bien con las membranas de ósmosis inversa en condiciones normales de



seawater membranes (amount of water produced per unit pressure applied) continues to improve.

A schematic of a typical the seawater reverse osmosis process is shown in Figure 4. The major system components are seawater intake, pretreatment, reverse osmosis process, energy recovery, post treatment and brine disposal.

Seawater can be obtained from either an open intake or sub-surface beachwells. Beachwell water quality is typically superior since the transport of water in the subsurface porous medium is similar to filtration. However, the feasibility of utilizing beachwells is dependent on the local geology. If the subsurface medium is not highly permeable, the land area requirements and cost of beachwells could render them uneconomical. In contrast, open seawater intakes do not have such limitations. For an open intake, the water should be abstracted from a depth as low as possible to withdraw the highest water quality and be located away from the surf zone.

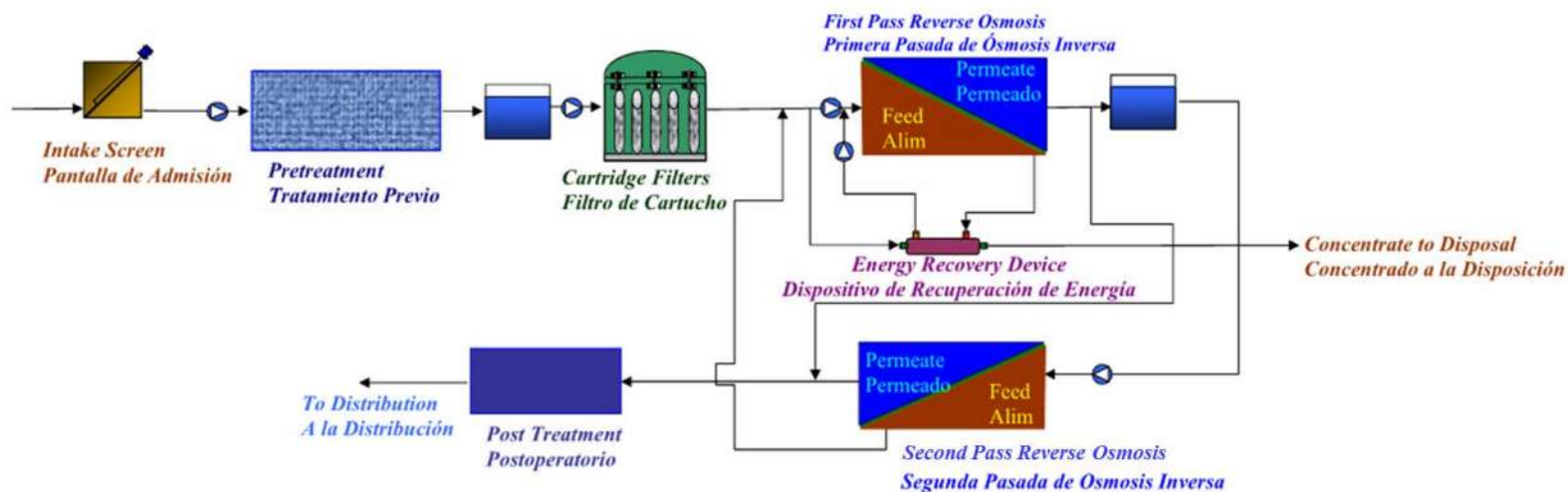
Depending on the seawater quality, the pretreatment can vary considerably from coagulation and filtration to coagulation (addition of iron or aluminum salts to create metal oxide precipitation), clarification (settling of solids) and one or two stages of filtration.

operación. Además, con los avances tecnológicos, la productividad de las membranas de agua de mar (cantidad de agua producida por unidad de presión aplicada) continúa mejorando.

En la Figura 4 se muestra un esquema de un proceso típico de ósmosis inversa de agua de mar. Los componentes principales del sistema son la toma de agua de mar, el pretratamiento, el proceso de ósmosis inversa, la recuperación de energía, el postratamiento y la disposición de salmuera.

El agua de mar se puede obtener a través de una toma abierta o de pozos de playa subterráneos. La calidad del agua de un pozo de playa es típicamente superior, ya que el transporte de agua en el medio poroso subsuperficial es similar a la filtración. Sin embargo, la viabilidad de utilizar los pozos de playa depende de la geología local. Si el medio del subsuelo no es altamente permeable, los requisitos de área de la tierra y el costo de los pozos de playa podrían no hacerlos viables económicamente. En contraste, las tomas abiertas de agua de mar no tienen tales limitaciones. Para una toma abierta, el agua debe extraerse de una profundidad lo más baja posible para extraer la mayor calidad del agua y ubicarse lejos de la zona de oleaje.

Dependiendo de la calidad del agua de mar, el tratamiento previo puede variar considerablemente desde coagulación y filtración a coagulación (adición de sales de hierro o aluminio para crear precipitación de óxido de metal), clarificación (sedimentación de sólidos) y una o dos etapas de filtración.



**Figure/Figura 4** Typical reverse osmosis desalination flow schematic  
 Esquema típico del flujo de desalinización por ósmosis inversa

Typically, the recovery from a seawater reverse osmosis process is in the range of 35 to 50 percent. In other words, 35 to 50 percent of the feedwater to the reverse osmosis system becomes product water (permeate) and the remaining water containing the removed salts will exit the system as brine (also known as concentrate or reject) requiring disposal. Due to the high osmotic pressure of seawater, reverse osmosis systems operate at high pressures and the recovery is typically limited by the pressure limitations and energy cost.

The quality of the permeate from the seawater reverse osmosis process is high, but has higher total dissolved solids compared to distillate from thermal processes. Depending on the treated

Normalmente, la recuperación de un proceso de ósmosis inversa de agua de mar está en el rango de 35 a 50 por ciento. En otras palabras, del 35 al 50 por ciento del agua de alimentación al sistema de ósmosis inversa se convierte en agua producto (permeado) y el agua restante que contiene las sales eliminadas saldrá del sistema como salmuera (también conocida como concentrado o rechazo) que se debe eliminar. Debido a la alta presión osmótica del agua de mar, los sistemas de ósmosis inversa funcionan a altas presiones y la recuperación está típicamente limitada por las limitaciones de presión y el costo energético.

La calidad del permeado del proceso de ósmosis inversa del agua de mar es alta, pero tiene sólidos totales disueltos más altos en

water quality goals, particularly with regard to specific constituents such as boron, sodium, bromide, etc. a two pass reverse osmosis system is often required. In this system, some of the permeate from the seawater reverse osmosis process is further treated by a brackish water reverse osmosis system to meet the treated water quality goals.

A summary of the major process components is presented in Table 4.

comparación con el destilado de los procesos térmicos. Dependiendo de los objetivos de calidad del agua tratada, particularmente con respecto a los constituyentes específicos tales como boro, sodio, bromuro, etc. a menudo se requiere un sistema de ósmosis inversa de dos pasos. En este sistema, algunos de los permeados del proceso de ósmosis inversa de agua de mar se tratan aún más mediante un sistema de ósmosis inversa de agua salobre para cumplir con los objetivos de calidad del agua tratada.

Un resumen de los componentes principales del proceso se presenta en la Tabla 4.

**Table/Tabla 4 Primary process components for seawater reverse osmosis desalination**  
**Componentes del proceso primario para la desalinización por ósmosis inversa de agua de mar**

PROCESS COMPONENT COMPONENTE DEL PROCESO	CONVENTIONAL COMPONENT OPTIONS OPCIONES DE COMPONENTES CONVENCIONALES
Pretreatment Pretratamiento	Varies considerably depending on the seawater quality. Processes include coagulation, flocculation, clarification, filtration (media filter or membrane filter) Varía considerablemente dependiendo de la calidad del agua de mar. Los procesos incluyen coagulación, floculación, clarificación, filtración (filtro de medios o filtro de membrana)
Desalination principle Principio de desalinización	High pressure pump + semi-permeable membranes, multiple stages/passes common for enhanced recovery/product water quality Bomba de alta presión + membranas semipermeables, múltiples etapas / pasos comunes para una mejor recuperación / calidad del agua del producto
Water recovery/quality Recuperación/calidad de agua	35 – 50% recovery, high quality permeate, typically < 500 mg/L total dissolved solids after one pass 35 a 50% de recuperación, filtrado de alta calidad, típicamente < 500 mg / L de sólidos disueltos después de una pasada
Electricity requirements Requerimientos de electricidad	3.5 to 4.5 kWh/m <sup>3</sup> 3.5 a 4.5 kWh/m <sup>3</sup>
Post treatment Posttratamiento	Addition of alkalinity, hardness and pH adjustment Adición de alcalinidad, dureza y ajuste de pH
Energy recovery Recuperación de energía	High-efficiency recovery devices on pressurized brine discharge Dispositivos de recuperación de alta eficiencia en la descarga de salmuera a presión
Average cost of desalinated water (actual cost dependent on electricity cost) Costo medio del agua desalada (el costo real depende del costo de la electricidad)	\$940/AF \$0.76/m <sup>3</sup>

For most applications, reverse osmosis is a reliable, inexpensive technology for desalinating seawater. Reverse osmosis is the most preferred technology for desalination, especially in areas where abundant, inexpensive energy is not readily available. For these reasons, reverse osmosis technology will be carried forward as a viable technology when developing potential seater desalination opportunities as part of this study.

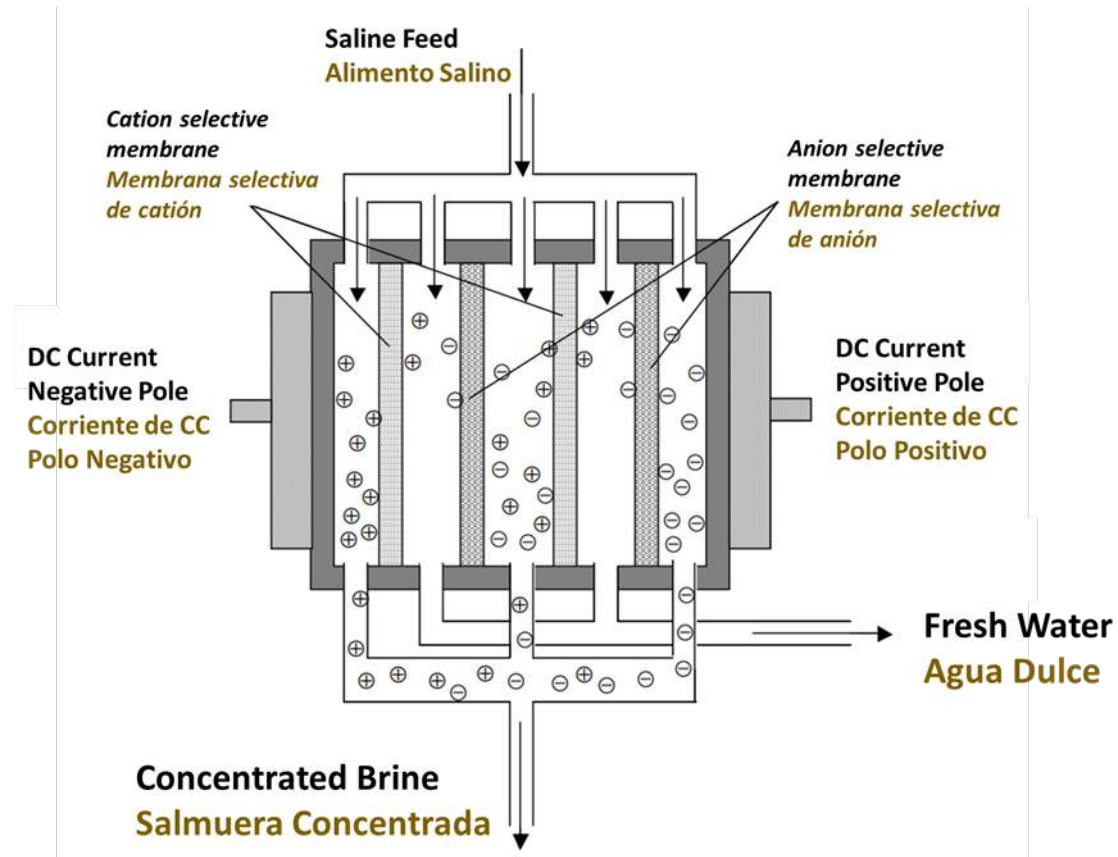
### Electrodialysis

Electrodialysis and electrodialysis reversal are electrochemical separation processes used for the removal of ionic contaminants from a water supply. They use ion exchange membranes that allow passage of either anions (anion-transfer membranes) or cations (cation-transfer membranes). The basic module consists of alternating anion-transfer and cation-transfer membranes separated by a flow spacer. A direct current voltage potential field is applied across the membranes. As the feed water flows through the flow spacer between the membranes, the voltage potential induces the cations (positively charged ions such as sodium ( $\text{Na}^+$ ) and calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )) to migrate towards the anode through the cation-transfer membrane. Likewise, anions (negatively charged ions such as chloride ( $\text{Cl}^-$ ) and sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )) migrate towards the cathode through the anion-transfer membrane. The cations and anions are trapped in the brine channel by the alternating ion-exchange membranes. A schematic of this process is shown in Figure 5.

Para la mayoría de las aplicaciones, la ósmosis inversa es una tecnología confiable y económica para desalinizar el agua de mar. La ósmosis inversa es la tecnología más preferible para la desalinización, especialmente en áreas donde la energía abundante y barata no es fácil de conseguir. Por estas razones, la tecnología de ósmosis inversa se maneja como una tecnología viable cuando se desarrollen oportunidades potenciales de desalinización como parte de este estudio.

### Electrodialísis

La electrodiálisis y la reversión de la electrodiálisis son procesos de separación electroquímica utilizados para la eliminación de contaminantes iónicos del suministro de agua. Usan membranas de intercambio iónico que permiten el paso de cualquiera de los aniones (membranas de transferencia de aniones) o cationes (membranas de transferencia de cationes). El módulo básico consiste en membranas alternas de transferencia de aniones y de cationes separadas por un espaciador de flujo. Se aplica un campo de potencial de voltaje de corriente directa a través de las membranas. A medida que el agua de alimentación fluye a través del espaciador de flujo entre las membranas, el potencial de voltaje induce a los cationes (iones cargados positivamente, como sodio ( $\text{Na}^+$ ) y calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ )) a migrar hacia el ánodo a través de la membrana de transferencia de cationes. Del mismo modo, los aniones (iones cargados negativamente como el cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y el sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ )) migran hacia el cátodo a través de la membrana de transferencia de aniones. Los cationes y los aniones quedan atrapados en el canal de la salmuera por las membranas de intercambio iónico alternas. El esquema de este proceso se muestra en la Figura 5.



Figure/Figura 5

Flow schematic of electrodialysis desalination (Source: Sandia National Laboratories “Review of Water Resources and Desalination Technologies”, 2003)

Diagrama de flujo de la desalinización por electrodiálisis (Fuente: Sandia National Laboratories “Review of Water Resources and Desalination Technologies”, 2003)

As cations and anions are removed from the demineralized stream, the membrane surface on that side is depleted of ions, causing significant increase in electrical resistance and current density. This eventually would lead to depolarization and dissociation of water. To eliminate this problem, electro dialysis reversal reverses the polarity of the field periodically (typically three to four times per hour), and the scale forming ions are flushed off the membrane surface. To achieve higher removal of salinity, more stacks are added. Typically, the first stack achieves 60% removal, the second stack achieves 85% removal, and the third stack achieves up to 94% removal.

A summary of major process components is presented in Table 5.

A medida que los cationes y los aniones se eliminan de la corriente desmineralizada, la superficie de la membrana en ese lado se agota de iones, lo que provoca un aumento significativo de la resistencia eléctrica y la densidad de corriente. Esto eventualmente llevaría a la despolarización y disociación del agua. Para eliminar este problema, la inversión de la electrodiálisis revierte la polaridad del campo periódicamente (típicamente de tres a cuatro veces por hora), y los iones que forman el escalamiento se eliminan de la superficie de la membrana. Para lograr una mayor eliminación de la salinidad, se agregan mas membranas. Normalmente, la primera batería de membranas logra una eliminación del 60%, la segunda batería logra una eliminación del 85% y la tercera batería logra una eliminación de hasta el 94%.

Un resumen de los componentes principales del proceso se presenta en la Tabla 5.

**Table/Tabla 5 Primary process components for seawater electro dialysis desalination**  
**Componentes del proceso primario para la desalinización por electrodiálisis de agua de mar**

PROCESS COMPONENT COMPONENTE DE PROCESO	CONVENTIONAL COMPONENT OPTIONS OPCIONES DE COMPONENTES CONVENCIONALES
Pretreatment Pretratamiento	Removal of charged foulants Eliminación de incrustamientos cargados
Desalination principle Principio de desalinización	Electrical potential + ion-selective membranes Potencial eléctrico + membranas selectivas de iones
Water recovery/quality Recuperación/calidad de agua	High water quality can be achieved using multiple passes, but impractical for seawater Se puede lograr una alta calidad del agua utilizando varias etapas, pero no es práctico para el agua de mar
Electricity requirements Requerimientos de electricidad	10 to 25 kWh/m <sup>3</sup> 10 a 25 kWh/m <sup>3</sup>
Energy recovery Recuperación de energía	None Ninguna
Average cost of desalinated water (actual cost dependent on electricity cost) Costo medio del agua desalada (el costo real depende del costo de la electricidad)	>\$2,500/AF >\$2/m <sup>3</sup>

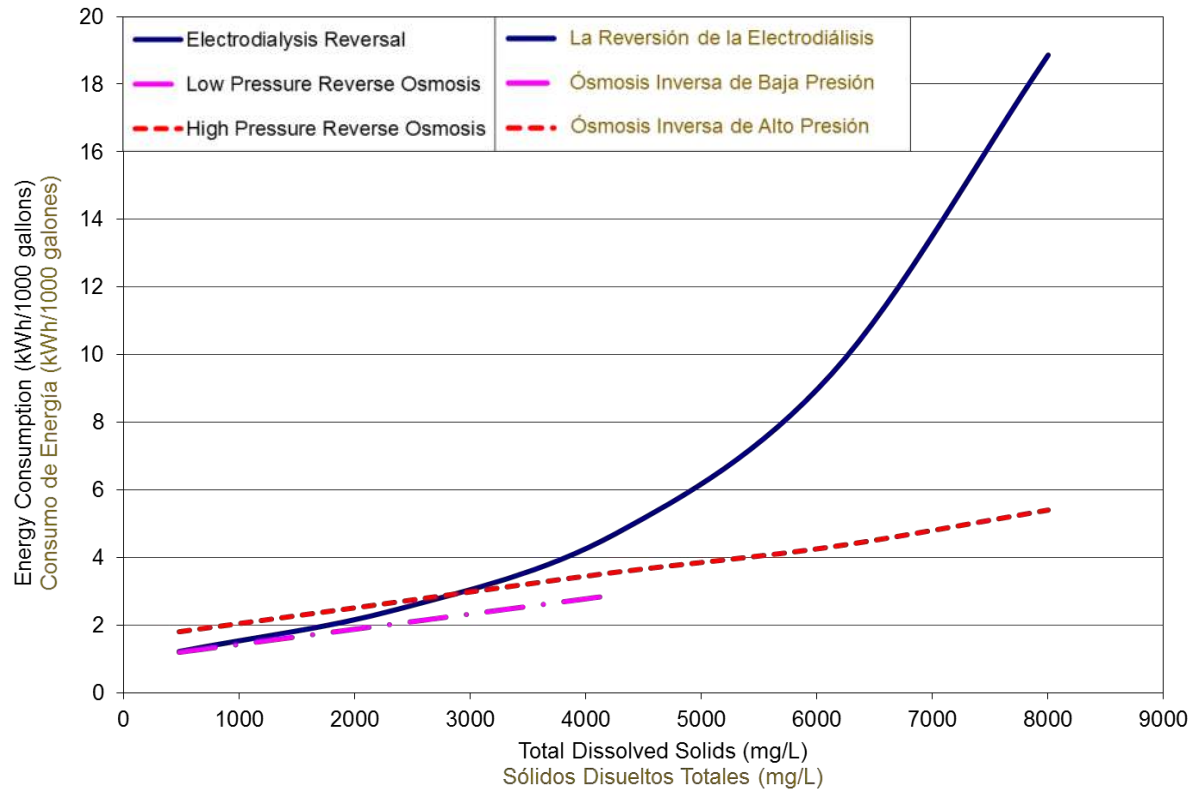
The energy required by the electro dialysis reversal process increases significantly with total dissolved solids concentration. Electro dialysis reversal energy consumption is comparable to that of reverse osmosis up to a total dissolved solids concentration of 1,500 milligrams per liter (mg/L). However, at higher concentrations, electro dialysis reversal energy consumption is significantly higher than reverse osmosis as shown in Figure 6 (as noted previously, the energy required to desalinate using thermal

La energía requerida por el proceso de inversión de electrodiálisis aumenta significativamente con la concentración total de sólidos disueltos. El consumo de energía de inversión de electrodiálisis es comparable al de la ósmosis inversa hasta una concentración total de sólidos disueltos de 1,500 miligramos por litro (mg/L). Sin embargo, a concentraciones más altas, el consumo de energía por inversión de electrodiálisis es significativamente mayor que el de la ósmosis inversa, tal y como se muestra en la Figura 6 (como se señaló



processes is reasonably constant, as the heat of vaporization does not vary considerably with salinity). Because the electrical energy required increases significantly with the salinity, electrodialysis is not practical for seawater desalination (Membrane Technology and Engineering for Water Purification, 2015).

anteriormente, la energía requerida para desalinizar usando procesos térmicos es razonablemente constante, ya que el calor de vaporización no varía considerablemente con la salinidad). Debido a que la energía eléctrica requerida aumenta significativamente con la salinidad, la electrodiálisis no es práctica para la desalinización de agua de mar (Membrane Technology and Engineering for Water Purification, 2015).



**Figure/Figura 6** Energy required to desalinate water with varying TDS using EDR  
 Energía requerida para desalinizar el agua con TDS variable usando EDR

There are a limited number of electrodialysis desalination facilities throughout the world, and none are at the scale of the opportunities contemplated in this study or for seawater. In addition, the energy required for electrodialysis desalination of seawater makes this option expensive on a unit cost basis. For

Hay un número limitado de las instalaciones de desalinización por electrodiálisis en todo el mundo, y ninguna está en la escala de las oportunidades contempladas en este estudio o para agua marina. Además, la energía requerida para la desalinización por electrodiálisis del agua de mar hace que esta opción sea costosa sobre la base de un

these reasons, electrodialysis and electro dialysis reversal will not be considered further in this study.

## Thermal-Membrane Hybrids

There have been many feasibility investigations and real system designs showing the synergy of combining thermal and membrane desalination technologies. Hybridization can range from simple permeate blending to complex thermal and hydrodynamic integration, and typically aims to improve overall energy efficiency, minimize environmental impacts, and reduce cost.

**Product water blending:** Unlike in distillation, reverse osmosis product water quality is tunable with a general correlation between finished water salinity and cost. The reverse osmosis system can be operated to produce high TDS permeate (>500 mg/L) with lower relative energy consumption and blended with the high-quality distillate of a multiple effect distillation or multi-stage flash distillation system to achieve comparable finished water quality and lower overall energy requirements than thermal systems independently.

**Pretreatment to thermal processes:** The operating temperature of thermal processes is limited by the precipitation potential of calcium sulfate. By treating the seawater with nanofiltration membranes to remove calcium and sulfate, the permeate can be treated by thermal processes at a higher operating temperature, increasing their efficiency.

costo unitario. Por estas razones, la reversión de electrodiálisis y electrodiálisis no se considerará más en este estudio.

## Híbridos de Membrana-Térmica

Ha habido muchas investigaciones de factibilidad y proyectos de sistemas reales que muestran la sinergia de combinar tecnologías de desalinización térmica y de membrana. La hibridación puede abarcar desde una simple mezcla de permeado hasta una compleja integración térmica e hidrodinámica, y generalmente tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética general, minimizar los impactos ambientales y reducir los costos.

**Mezcla de agua del producto:** A diferencia de la destilación, la calidad del agua del producto de ósmosis inversa es ajustable con una correlación general entre la salinidad del agua producto y el costo. El sistema de ósmosis inversa se puede operar para producir un alto permeado de TDS (> 500 mg / L) con un consumo de energía relativo más bajo y se puede combinar con el destilado de alta calidad de una destilación de efectos múltiples o un sistema de destilación instantánea multietapa para lograr una calidad de agua comparable y menores requerimientos generales de energía que los sistemas térmicos de forma independiente.

**Pretratamiento de los procesos térmicos:** La temperatura de operación de los procesos térmicos está limitada por el potencial de precipitación del sulfato de calcio. Al tratar el agua de mar con membranas de nanofiltración para eliminar el calcio y el sulfato, el permeado se puede tratar mediante procesos térmicos a una temperatura de operación más alta, lo que aumenta su eficiencia.

**Dual purpose plants (water and power):** One of the most frequently used means of obtaining low cost thermal desalination is co-locating a thermal plant with a power plant. Dual purpose power-desalination facilities use heat released by the turbine condensing steam to provide the thermal energy needed for multi-stage flash or multiple effect distillation processes. The cost penalty is the reduced electricity production per unit of steam. An additional advantage is the shared intake and outfall facilities for both thermal and membrane desalination plants.

Thermal-membrane hybrid desalination plants have primarily been implemented in the Middle East (Egypt, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Saudi Arabia, United Arab Emirates, and others), where access to inexpensive energy is abundant. The thermal component is energy intensive, and while the use of reverse osmosis membrane treatment can reduce the overall energy consumption, these hybrids are not as energy efficient as sole reverse osmosis plants. For this reason, thermal-membrane hybrid desalination will not be carried forward for consideration in the development of potential seawater desalination opportunities.

### Comparison of Various Desalination Processes

The following sections summarize the comparison of the various desalination technologies discussed previously.

**Plantas de doble uso (agua y energía):** Uno de los medios más utilizados para obtener desalinización térmica de bajo costo es la ubicación conjunta de una planta térmica con una planta de energía. Las instalaciones de desalinización de energía de doble propósito utilizan el calor liberado por el vapor de condensación de la turbina para proporcionar la energía térmica necesaria para el flash multietapa o los procesos de destilación de efectos múltiples. La penalización del costo es la reducida producción de electricidad por unidad de vapor. Una ventaja adicional son las instalaciones compartidas de obra de toma y descarga para plantas de desalinización térmica y por membrana.

Las plantas de desalinización híbridas de membrana-térmica se han implementado principalmente en el Medio Oriente (Egipto, Irán, Irak, Israel, Jordania, Kuwait, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos y otros), donde el acceso a energía barata es abundante. El componente térmico consume mucha energía y, si bien el uso del tratamiento con membrana de ósmosis inversa puede reducir el consumo total de energía, estos híbridos no son tan eficientes energéticamente como las plantas de ósmosis inversa. Por esta razón, la desalinización híbrida de membrana-térmica no se será considerada en el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización de agua de mar.

### Comparación de Diversos Procesos de Desalinización

Las siguientes secciones resumen la comparación de las diversas tecnologías de desalinización discutidas anteriormente.

### Energy Consumption of Various Desalination Processes

The energy consumption of various desalination processes varies considerably, as thermal processes require both electrical energy and steam, while membrane processes only require electrical energy. However, although the thermal energy requirements for thermal processes are high, often it is considered “waste” heat in the power plant. Hence, the energy consumed by the thermal processes can only be accounted for by the equivalent loss of electricity generation. Table 6 lists the various energy requirements of thermal and membrane processes. In general, the energy requirements of thermal processes are significantly higher than that of seawater reverse osmosis. Further, the use of thermal technologies requires the availability of steam, preferably from a power plant.

### Consumo Energético de Diversos Procesos de Desalinización

El consumo de energía de varios procesos de desalinización varía considerablemente, ya que los procesos térmicos requieren energía eléctrica y vapor, mientras que los procesos de membrana solo requieren energía eléctrica. Sin embargo, aunque los requisitos de energía térmica para los procesos térmicos son altos, a menudo se le considera calor “residual” en la planta de energía. Por lo tanto, la energía consumida por los procesos térmicos solo puede explicarse por la pérdida equivalente de generación de electricidad. La Tabla 6 enumera los diversos requisitos energéticos de los procesos térmicos y de membrana. En general, los requisitos energéticos de los procesos térmicos son significativamente mayores que los de la ósmosis inversa de agua de mar. Además, el uso de tecnologías térmicas requiere la disponibilidad de vapor, preferiblemente de una planta de energía.

**Table/Tabla 6 Energy consumption of various desalination technologies  
 Consumo energético de diversas tecnologías de desalinización**

PARAMETER PARÁMETRO	SEAWATER REVERSE OSMOSIS ÓSMOSIS INVERSA DE AGUA DE MAR	ELECTRODIALYSIS ELECTRODIÁLISIS	MULTI-STAGE FLASH DISTILLATION DESTILACION FLASH MULTI-ETAPA	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION –VAPOR COMPRESSION DESTILACIÓN MÚLTIPLE DE EFECTOS - COMPRESIÓN DE VAPOR	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION DESTILACION DE MULTIPLE EFECTO
Specific electrical power, kWh/m <sup>3</sup> Potencia eléctrica específica, kWh/m <sup>3</sup>	3.5 to 4.5	10 to 25	4 – 5	1.3 to 2	1.3 - 2

PARAMETER PARÁMETRO	SEAWATER REVERSE OSMOSIS ÓSMOSIS INVERSA DE AGUA DE MAR	ELECTRODIALYSIS ELECTRODIÁLISIS	MULTI-STAGE FLASH DISTILLATION DESTILACION FLASH MULTI-ETAPA	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION –VAPOR COMPRESSION DESTILACIÓN MÚLTIPLE DE EFECTOS - COMPRESIÓN DE VAPOR	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION DESTILACION DE MÚLTIPLE EFECTO
Equivalent thermal energy, kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup> Energía térmica equivalente, kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	0	0	78	78	69
Loss of electricity production, kWh/m <sup>3</sup> Pérdida de producción eléctrica, kWh/m <sup>3</sup>	0	0	10 – 20	10 – 20	3
Total energy requirements, kWh/m <sup>3</sup> Requerimientos energéticos totales, kWh/m <sup>3</sup>	3.5 – 4.5	10 to 25	14 – 25	11.3 - 22	4.3 - 5

### Prevalence of Various Desalination Technologies

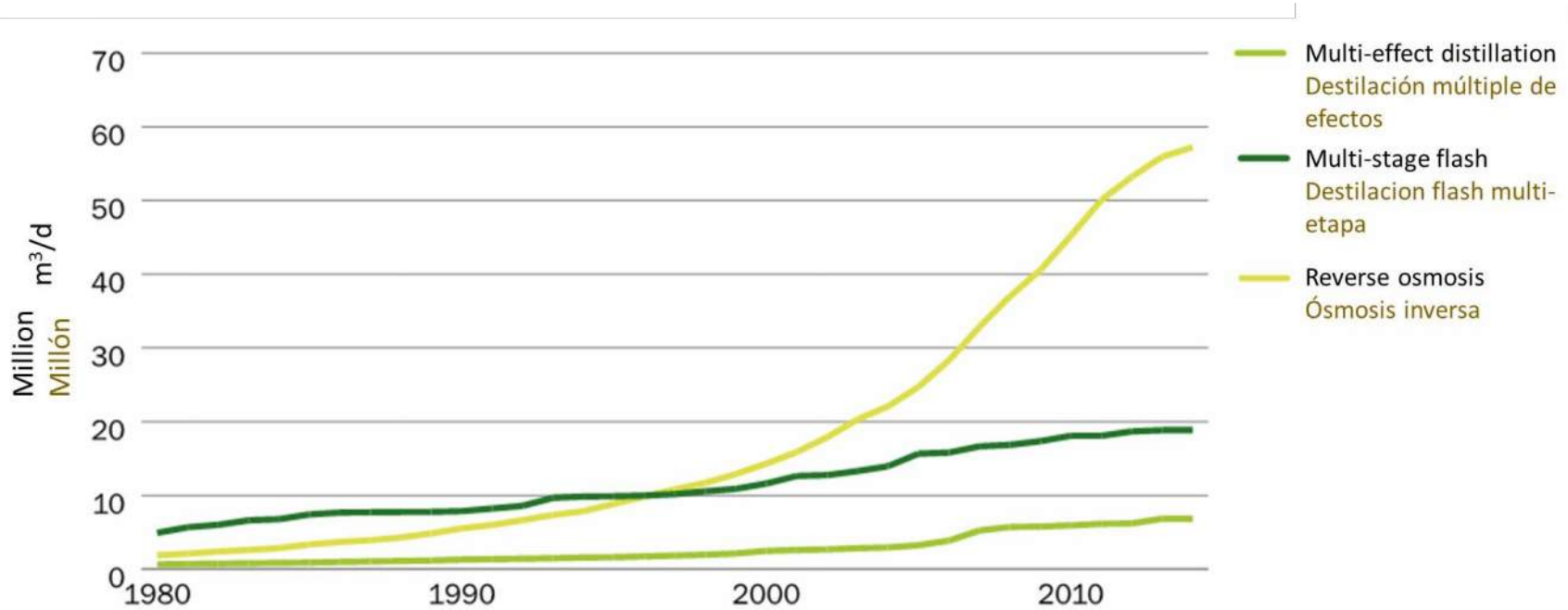
Thermal technologies were widely used around the world before the advent of the seawater reverse osmosis process. The cumulative desalination capacity for various technologies between 1980 and 2014 is shown in Figure 7, which shows that thermal technologies dominated until 1995. Since then, the cumulative capacity of the seawater reverse osmosis process has dominated the market. This is primarily due to the high energy consumption and capital costs of the thermal processes. The only region in the world where thermal technologies are currently being implemented on a large scale is the Middle East region

### Avance de Varias Tecnologías de Desalinización

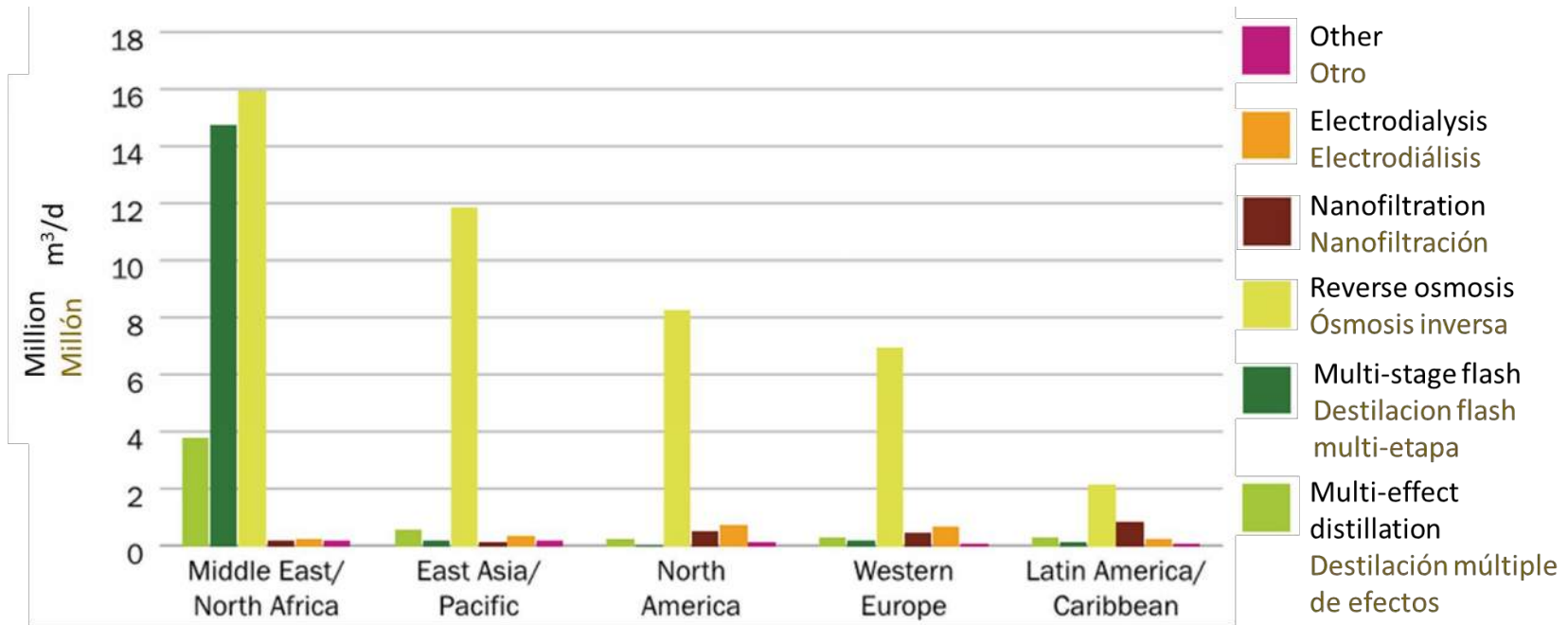
Las tecnologías térmicas se utilizaron ampliamente en todo el mundo antes de la llegada del proceso de ósmosis inversa de agua de mar. La capacidad de desalinización acumulada para varias tecnologías entre 1980 y 2014 se muestra en la Figura 7, que muestra que las tecnologías térmicas dominaron hasta 1995. Desde entonces, la capacidad acumulada del proceso de ósmosis inversa de agua de mar ha dominado el mercado. Esto se debe principalmente al alto consumo de energía y los costos de capital de los procesos térmicos. La única región del mundo donde las tecnologías térmicas se están implementando actualmente a gran escala es la región de Medio

where the energy cost is low, as shown in Figure 8, however the use of seawater reverse osmosis is increasing.

Oriente donde el costo de la energía es bajo, como se muestra en la Figura 8, sin embargo, el uso de ósmosis inversa de agua de mar está aumentando.



**Figure/Figura 7** Cumulative contracted desalination capacity in the world (Source: Global Water Intelligence, 2015)  
 Capacidad acumulada de desalinización contratada en el mundo (Fuente: Global Water Intelligence, 2015)



**Figure/Figura 8 Regional online desalination capacity by technology type in 2015 (Source: Global Water Intelligence, 2015)**  
**Capacidad regional de desalinización en línea por tipo de tecnología en 2015 (Fuente: Global Water Intelligence, 2015)**

### Cost of Various Desalination Technologies

The cost of desalination plants varies considerably as it is dependent on many factors, as discussed below.

**Geographical location of the project:** The geographical location has significant impact on many aspects of execution of a desalination project - cost of labor, local environmental regulations, standard of construction, etc. The cost of labor, energy, and processes needed to meet regulations can also impact operational costs. For instance, the cost of desalinated

### Costo de Diversas Tecnologías de Desalinización

El costo de las plantas de desalinización varía considerablemente ya que depende de muchos factores, como se explica a continuación.

**Ubicación geográfica del proyecto:** la ubicación geográfica tiene un impacto significativo en muchos aspectos de la ejecución del proyecto de desalinización: costo de la mano de obra, regulaciones ambientales locales, estándares de construcción, etc. El costo de la mano de obra, la energía y los procesos necesarios para cumplir con las regulaciones pueden afectar también los costos operativos. Por



seawater is \$2.5/kgal in the Middle East and > \$5/kgal in Australia (Ziolkowska, J. R., 2015).

**Global economy:** Recent fluctuations in the cost of desalinated water are attributed to fluctuating prices for energy and materials used in desalination. Although declining cost has been often cited as a major driver for rapid growth of desalination technologies, the cost of the materials used in desalination has fluctuated in recent times, owing to the dynamics of the global economy and the dwindling of non-renewable resources. Since 2003, the rising cost of the various materials and fuel have been fluctuating significantly, thereby impacting desalinated water cost.

**Method of procurement:** The various procurement methods vary from traditional design-bid-build, design-build-own-operate-transfer, alliance style where user and builder share risk and reward, etc. The risk for each of the options varies and hence the cost of water.

**Size of the facility:** The size of the desalination plant has significant impact on the cost of the desalinated water. Desalination plants exhibit high economies of scale, with larger plants having lower unit cost of produced water.

**Sensitivity of various parameters:** Desalinated water costs include capital recovery, energy, labor, maintenance, chemicals, and waste disposal, as shown in Table 7. Hence, any significant variations of capital and energy costs can have significant impact on the cost of desalinated water. These are also a function of geographical location and nature of the project. An uncertain demand for treated water can also increase the cost.

ejemplo, el costo del agua de mar desalinizada es de \$12.74/m<sup>3</sup> m.n. en el Medio Oriente y > \$25.47/m<sup>3</sup> m.n. en Australia (Ziolkowska, J. R., 2015).

**Economía global:** las recientes fluctuaciones en el costo del agua desalinizada se atribuyen a los precios fluctuantes de la energía y los materiales utilizados en la desalinización. Aunque el costo decreciente se ha citado a menudo como un importante impulsor para el rápido crecimiento de las tecnologías de desalinización, el costo de los materiales utilizados ha fluctuado en los últimos tiempos, debido a la dinámica de la economía mundial y la disminución de los recursos no renovables. Desde 2003, el aumento en el costo de los diversos materiales y el combustible ha fluctuado significativamente, lo que ha impactado el costo del agua desalinizada.

**Método de adquisición:** los diversos métodos de adquisición varían desde el tradicional diseño-oferta-construcción, diseño-construcción-operación-transferencia, la alianza donde el usuario y el constructor comparten el riesgo y la recompensa, etc. El riesgo para cada una de las opciones varía y, por tanto, el costo del agua.

**Tamaño de la instalación:** El tamaño de la planta de desalinización tiene un impacto significativo en el costo del agua desalinizada. Las plantas de desalinización exhiben altas economías de escala, y las plantas más grandes tienen un costo unitario menor del agua producida.

**Sensibilidad de varios parámetros:** los costos del agua desalinizada incluyen la recuperación de capital, energía, mano de obra, mantenimiento, productos químicos, y eliminación de desechos, como se muestra en la Tabla 7. Por lo tanto, cualquier variación

Because cost estimates are very much dependent on the parameters listed above, it is difficult to compare the relative costs of various technologies. However, for reference, the cost of water from recently implemented projects developed by Global Water Intelligence is shown in Figure 9 below.

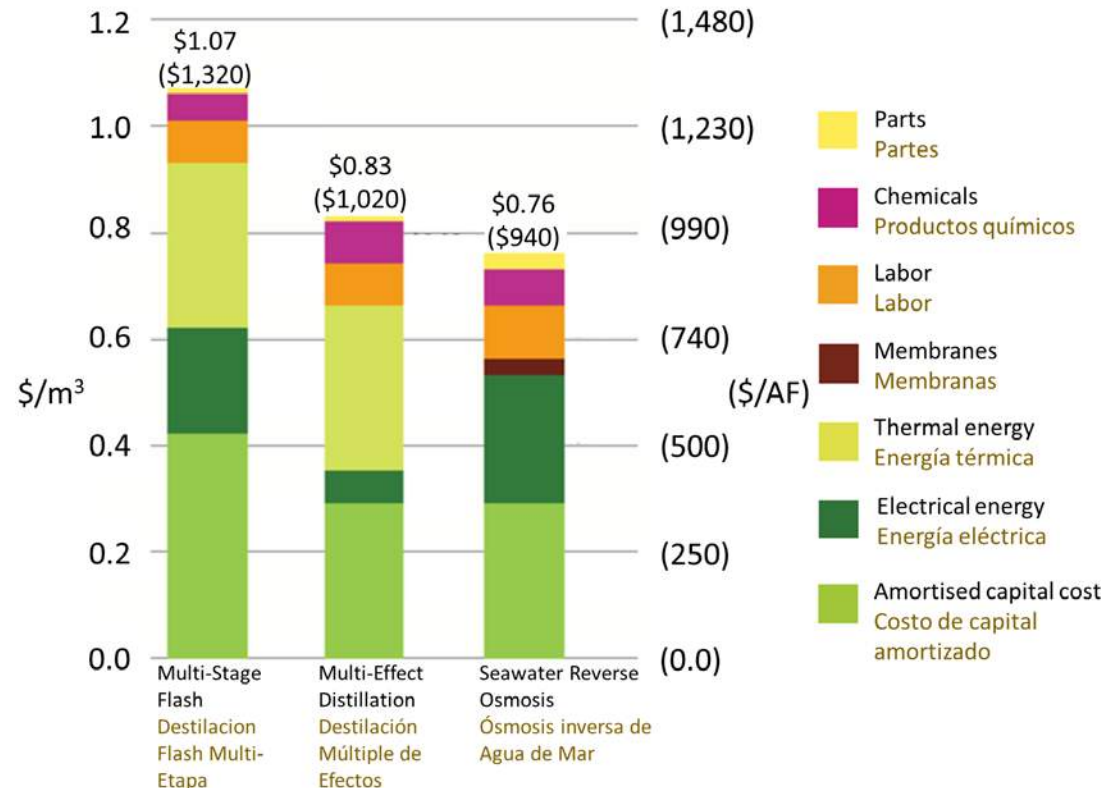
No large-scale commercial seawater installations exist for electrodialysis or vapor compression distillation to derive relevant, real-world cost breakdowns. As previously discussed, thermal-membrane hybrids blend thermal processes with reverse osmosis. While this typically more cost effective than a thermal plant, it is still more expensive than a reverse osmosis plant. In addition, the cost breakdown for a thermal-membrane hybrid depends on the relative composition of thermal technologies to membrane technologies. As such, information is not readily available for these three technologies to be included in Table 7 and Figure 9 below.

significativa de los costos de capital y energía puede tener un impacto significativo en el costo del agua desalinizada. Están también en función de la ubicación geográfica y la naturaleza del proyecto. Una demanda incierta de agua tratada también puede aumentar el costo.

Debido a que las estimaciones de costos dependen mucho de los parámetros enumerados anteriormente, es difícil comparar los costos relativos de varias tecnologías. Sin embargo, para referencia, a continuación se muestra en la Figura 9 el costo del agua de los proyectos recientemente implementados desarrollados por Global Water Intelligence. No existen instalaciones comerciales de agua de mar a gran escala para la electrodiálisis o la destilación por compresión de vapor para obtener desgloses de costos relevantes y reales. Como se mencionó anteriormente, los híbridos de membrana térmica combinan procesos térmicos con ósmosis inversa. Si bien esto suele ser más rentable que una planta térmica, sigue siendo más caro que una planta de ósmosis inversa. Además, el desglose de costos para un híbrido de membrana térmica depende de la composición relativa de las tecnologías térmicas a las tecnologías de membrana. Como tal, la información no está disponible para estas tres tecnologías que se incluirán en la Tabla 7 y la Figura 9 abajo.

**Table/Tabla 7 Approximate percent of cost associated with various components by desalination technology**  
**Porcentaje aproximado del costo asociado con varios componentes por tecnología de desalinización**

COST COMPONENT COMPONENTE DE COSTO	SEAWATER REVERSE OSMOSIS ÓSMOSIS INVERSA DE AGUA DE MAR	MULTI-STAGE FLASH DISTILLATION DESTILACION FLASH MULTI-ETAPA	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION DESTILACION DE MULTIPLE EFECTO
Capital recovery / Recuperación de capital	38%	39%	35%
Energy / Energía	32%	48%	45%
Labor / Mano de obra	13%	7%	10%
Maintenance / Mantenimiento	4%	1%	1%
Chemicals / Productos quimicos	9%	5%	10%
Waste / Eliminación de desechos	< 1%	< 1%	< 1%
Membranes / Membranas	4%	-	-



**Figure/Figura 9 Cost of desalinated water for various desalination technologies (Source: Global Water Intelligence, 2015)**  
**Costo del agua desalinizada para varias tecnologías de desalinización (Fuente: Global Water Intelligence, 2015)**

### Summary Of Desalination Technologies

The selection of a desalination technology is influenced by several factors including robustness needed, proximity to a power plant particularly for thermal technologies, capital and operating costs, etc. Table 8 compares the various desalination processes.

### Resumen de Tecnologías de Desalinización

La selección de una tecnología de desalinización esta influenciada por varios factores, entre los que se incluyen la robustez necesaria, la proximidad a una planta de energía, en particular para las tecnologías térmicas, los costos de capital y operativos, etc. La Tabla 8 compara los diversos procesos de desalinización.

**Table/Tabla 8 Comparison of various desalination technologies**  
**Comparación de diversas tecnologías de desalinización**

PARAMETER PARÁMETRO	SEAWATER ELECTRODIALYSIS ELECTRODIÁLISIS DE AGUA DE MAR	SEAWATER REVERSE OSMOSIS ÓSMOSIS INVERSA DE AGUA DE MAR	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION – VAPOR COMPRESSION DESTILACIÓN DE EFECTOS MÚLTIPLE – COMPRESIÓN DE VAPOR*	MULTI-STAGE FLASH DISTILLATION DESTILACIÓN FLASH MULTI- ETAPA
Capital cost Costo capital	High Alto	Low to medium Bajo a medio	Medium Medio	Medium to high Medio a alto
Electric power requirements, kWh/m <sup>3</sup> Requerimientos de energía eléctrica, kWh/m <sup>3</sup>	10 to 25	3.5 to 4.5	1.3 to 2	3 to 5
Performance Ratio kg/MJ Tasa de desempeño kg/MJ	Not applicable No aplica	Not applicable No aplica	1.6 to 16	1.7 to 10
Overall energy requirement Requerimiento total de energía	Very high Muy alto	Low to medium Bajo a medio	High Alto	Very high Muy alto
Relative footprint Huella relativa	Medium to large Medio a alto	Medium to large Medio a alto	Large Alto	Large Alto
Chemicals Productos químicos	Medium to high Medio a alto	High Alto	Low Bajo	Low Bajo
Consumables Consumibles	Medium to high Medio a alto	High Alto	Low Bajo	Low Bajo
Product water Aguaproducto	< 500 mg/L with many stacks and very high electrical potential	< 500 mg/L with single pass (con una sola pasada) < 150 mg/L with two passes (con dos pases)	< 10 mg/L	< 10 mg/L

PARAMETER PARÁMETRO	SEAWATER ELECTRODIALYSIS ELECTRODIÁLISIS DE AGUA DE MAR	SEAWATER REVERSE OSMOSIS ÓSMOSIS INVERSA DE AGUA DE MAR	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION – VAPOR COMPRESSION DESTILACIÓN DE EFECTOS MÚLTIPLE – COMPRESIÓN DE VAPOR*	MULTI-STAGE FLASH DISTILLATION DESTILACIÓN FLASH MULTI- ETAPA
	<500 mg/L con muchas baterías y muy alto potencial eléctrico			
Reliability Confiabilidad	Dependent on pretreatment selection and seawater quality Dependiendo de la selección del tratamiento previo y la calidad del agua de mar	Dependent on pretreatment selection and seawater quality Dependiendo de la selección del tratamiento previo y la calidad del agua de mar	High Alto	High Alto
Typical installation capacity Capacidad de instalación típica	No large-scale commercial installations No hay instalaciones comerciales a gran escala	Up to 160 mgd Hasta 600,000 m <sup>3</sup> /d	>200 mgd in recent years Hasta 750,000 m <sup>3</sup> /d	>200 mgd Hasta 750,000 m <sup>3</sup> /d
Labor requirements Requisitos laborales	Medium Medio	Medium Medio	Low Bajo	Low Bajo
Recovery (ratio of feed water converted to permeate) Recuperación (relación del agua de alimentación convertida en permeado)	High (theoretical: there are not seawater installations to reference) Alto (teórico: no hay instalaciones de agua de mar como referencia)	High Alto (35%-50%)	Medium to high Medio a alto (20%-35%)	Low Bajo (10%-20%)

PARAMETER PARÁMETRO	SEAWATER ELECTRODIALYSIS ELECTRODIÁLISIS DE AGUA DE MAR	SEAWATER REVERSE OSMOSIS ÓSMOSIS INVERSA DE AGUA DE MAR	MULTIPLE EFFECT DISTILLATION – VAPOR COMPRESSION DESTILACIÓN DE EFECTOS MÚLTIPLE – COMPRESIÓN DE VAPOR*	MULTI-STAGE FLASH DISTILLATION DESTILACIÓN FLASH MULTI- ETAPA
Environmental considerations Consideraciones ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Additional pretreatment waste / Residuos de pretratamiento adicionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Additional pretreatment waste / Residuos de pretratamiento adicionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thermal waste heat / Calor termal residual</li> <li>Additional energy required / Energía adicional requerida</li> <li>Additional brine / Salmuera adicional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thermal waste heat / Calor termal residual</li> <li>Additional energy required / Energía adicional requerida</li> <li>Additional brine / Salmuera adicional</li> </ul>
Plant life Vida útil de la planta	No large-scale commercial installations No hay instalaciones comerciales a gran escala	~20 – 30 years ~20 – 30 años	~20 – 30 years ~20 - 30 años	~25 to 40 years ~25 - 40 años
Average cost of desalinated water (actual cost dependent on fuel and energy cost) Costo medio del agua desalada (costo real dependiente de combustible y costo de energía)	>\$2,500/AF >\$2/m <sup>3</sup>	\$940/AF \$0.76/m <sup>3</sup>	\$1,050/AF \$0.83/m <sup>3</sup>	\$1,320/AF \$1.07/m <sup>3</sup>

\* Hybridization with multiple effect distillation is the most practical large-scale implementation of vapor compression technology.

\* La hibridación con destilación de efectos múltiples es la implementación más práctica a gran escala de la tecnología de compresión de vapor.

## Recommended Technology

Based on the evaluation presented in the sections above and summarized in Table 8, the reverse osmosis process is recommended for the following reasons:

- The reverse osmosis process has lower capital costs compared to thermal processes. In addition, when life-cycle costs are considered (including the longevity of the plants, the source water quality, etc.), reverse osmosis is more economical than thermal processes.
- The reverse osmosis process has lower energy requirements compared to thermal processes
- Seawater reverse osmosis generates less brine (50 to 65% of feed flow) compared to thermal processes (55 to 85% of feed flow).
- The reverse osmosis process does not require a steam source, while thermal plants need a steam source and hence are practical only when co-located with a power plant.
- Reliability of the reverse osmosis process, while high, can be dependent on pretreatment selection and seawater quality.
- Reverse osmosis is widely used outside of the Middle East region and is considered the preferable technology in many parts of the world. Even in the Middle East region, its implementation is increasing.
- Other desalination technologies are energy intensive. Inexpensive energy in Sonora, MX and Arizona, US is limited, making reverse osmosis the most desirable desalination technology.

## Tecnología Recomendada

Sobre la base de la evaluación presentada en las secciones anteriores y resumida en la Tabla 8, se recomienda el proceso de ósmosis inversa por los siguientes motivos:

- El proceso de ósmosis inversa tiene menores costos de capital en comparación con los procesos térmicos. Además, cuando se consideran los costos del ciclo de vida (incluida la longevidad de las plantas, la calidad del agua de la fuente, etc.), la ósmosis inversa es más económica que los procesos térmicos.
- El proceso de ósmosis inversa tiene menores requisitos de energía en comparación con los procesos térmicos.
- La ósmosis inversa de agua de mar genera menos salmuera (50 a 65% del flujo de alimentación) en comparación con los procesos térmicos (55 a 85% del flujo de alimentación).
- El proceso de ósmosis inversa no requiere una fuente de vapor, mientras que las plantas térmicas necesitan una fuente de vapor y, por lo tanto, son prácticas solo cuando se ubican junto a una planta de energía.
- Si bien la confiabilidad del proceso de ósmosis inversa es alta, puede depender de la selección previa al tratamiento y la calidad del agua de mar.
- La ósmosis inversa se usa ampliamente fuera de la región de Medio Oriente y se considera la tecnología preferible en muchas partes del mundo. Incluso en la región de Medio Oriente, su implementación está aumentando.
- Otras tecnologías de desalinización son intensivas en energía. La energía económica en Sonora, MX, y Arizona, EE. UU. es



As discussed above, co-location with an existing power plant could provide the necessary power needed for thermal desalination. In addition, there are other benefits associated with co-location such as shared intake facilities and site security. For potential opportunities where co-location with an existing power generation facility is feasible, multi-stage flash desalination will be considered.

## Brine Management Options

In desalination processes, only part of the feed stream is converted to product water and the removed salinity is concentrated in the brine stream, requiring disposal. Brine disposal can be a significant consideration for the cost and feasibility of a seawater desalination opportunity. There are several means of disposing of the brine, as discussed below.

### Ocean Discharge and Dispersion

Ocean discharge and dispersion is the most commonly used brine management option. The feasibility of this option depends on the compatibility of the concentrate with the receiving water body. There are two different applications of ocean discharge:

limitada, lo que hace que la ósmosis inversa sea la tecnología de desalinización más deseable.

Como se mencionó anteriormente, la ubicación conjunta con una planta de energía existente podría proporcionar la energía necesaria para la desalinización térmica. Además, hay otros beneficios asociados con la ubicación conjunta, como instalaciones de obra de toma compartida y la seguridad del sitio. Para las oportunidades potenciales en las que es factible la ubicación conjunta con una instalación de generación de energía existente, se considerará la desalinización flash multietapa.

## Opciones de Gestión de Salmuera

En los procesos de desalinización, solo una parte del flujo de alimentación se convierte en agua producto y la salinidad eliminada se concentra en la corriente de salmuera, lo que requiere su eliminación. La eliminación de salmuera puede ser una consideración importante para el costo y la viabilidad de una oportunidad de desalinización de agua de mar. Hay varios medios para deshacerse de la salmuera, como se explica a continuación.

### Descarga y Dispersión en el Océano

La descarga y dispersión en el océano es la opción de gestión de salmuera más comúnmente utilizada. La viabilidad de esta opción depende de la compatibilidad del concentrado con el cuerpo de agua receptor. Hay dos aplicaciones diferentes de descarga del océano:

- Direct discharge at coastline into shallow waters
- Discharge via long outfall pipes with suitable diffusers into deeper waters

### Direct Discharge into Shallow Waters

This discharge is based on releasing the concentrate near the shore at shallow water levels (within the surf zone; up to 30 feet). The distance to shore is usually a few meters. Given the smaller water column and weaker currents and waves prevailing in shallow water, the mixing and dilution effects of the concentrate may take longer within the outfall area. This is the most practical and economic option and is typically used in areas of low environmental concerns. This is also a common means of disposing of the concentrate if the desalination plant is co-sited with a power plant. The brine from the desalination plant is blended with the cooling water from the power plant and is discharged. Usually there are one or several outfall channels along the coast. An example of such discharge can be found in Fujairah seawater reverse osmosis desalination facility at United Arab Emirates as shown in Figure 10. When the desalination plant is not co-sited with a power plant, this management option is often not permitted because of the high salinity of the brine and no other flow to dilute the concentration.

The potential locations of a desalination plant along the Sonoran coast of the Sea of Cortez generally range from Puerto Peñasco to Puerto Libertad. This stretch of coastline is home to commercial and guided fisherman, tourist destinations, and numerous native species habitats. While this area is not inclusive of identified sensitive areas, refuges, or island protected areas, it does include

- Descarga directa en litoral a aguas poco profundas
- Descarga a través de largas tuberías de salida con difusores adecuados en aguas más profundas

### Descarga Directa en Aguas Poco Profundas

Esta descarga se basa en liberar el concentrado cerca de la costa a niveles de aguas poco profundas (dentro de la zona de oleaje; hasta 10 metros). La distancia a la orilla suele ser de unos pocos metros. Dada la columna de agua más pequeña y las corrientes y olas más débiles que prevalecen en aguas poco profundas, los efectos de mezcla y dilución del concentrado pueden demorar más en el área del emisor. Esta es la opción más práctica y económica y se usa típicamente en áreas de baja conciencia ambiental. Este también es un medio común para deshacerse del concentrado si la planta de desalinización está colocada junto con una planta de energía. La salmuera de la planta de desalinización se mezcla con el agua de refrigeración de la planta de energía y se elimina. Por lo general, hay uno o varios canales de descarga a lo largo de la costa. Un ejemplo de dicha descarga se puede encontrar en la instalación de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar de Fujairah en los Emiratos Árabes Unidos, como se muestra en la Figura 10. Cuando la planta de desalinización no está ubicada junto a una planta de energía, esta opción de gestión a menudo no está permitida debido a la alta salinidad de la salmuera y ningún hay otro flujo para diluir la concentración.

Las ubicaciones potenciales de una planta de desalinización a lo largo de la costa de Sonora en el Mar de Cortés generalmente varían desde Puerto Peñasco hasta Puerto Libertad. Este tramo de costa alberga a pescadores comerciales y guiados, destinos turísticos y numerosos

a Ramsar site and any near-shore activities may impact this area. Given the overall environmental sensitivities in the Sea of Cortez, direct discharge into shallow waters will not be considered further as part of this study.

hábitats de especies nativas. Si bien esta área no incluye áreas sensibles identificadas, refugios o áreas protegidas insulares, sí incluye un sitio Ramsar y cualquier actividad cercana a la costa puede afectar esta área. Dadas las sensibilidades ambientales generales en el Mar de Cortés, la descarga directa en aguas poco profundas no se considerará más a fondo como parte de este estudio.



**Figure/Figura 10** Concentrate discharge at Fujairah Seawater Desalination Facility, UAE  
Descarga de concentrado en la instalación de desalinización de agua de mar de Fujairah, EAU

### Ocean Discharge via Offshore Outfall with Diffusers

To avoid the tendency of the concentrate to sink to the sea floor, it is necessary to dilute and disperse the brine rapidly. With this management option, brine is conveyed through a long outfall pipeline installed within a range of hundreds of meters from the coastline and dispersed through diffusers that enhance mixing. The point of discharge should be of sufficient distance from the shore and from areas that are rich in marine life. The possible presence of valuable habitats and biological resources within the vicinity of the site should be ascertained by site investigation prior to determination of the discharge point. Efforts should be made to improve the design of discharge structures so that impacts to marine ecosystems related to salinity and temperature increase of seawater can be minimized through the use of diffusers to disperse the brine within a mixing zone.

Offshore outfall structures are made up of three components:

- Pipe – Used to transfer the reverse osmosis concentrate from the plant to the ocean. May involve use of tunnels taking the pipe to the seabed, after which the pipe will lay on the ocean floor.
- Riser – Connects the pipe to the diffusers.
- Diffusers – Typically located in offshore areas at sufficient water depth and at sufficient distance from the seawater intake. This avoids interface with the seawater intake which could lead to intake of hypersaline water. The outlet diffusers are engineered to achieve the required

### Descarga del Océano a Través de Emisario Costa Afuera con Difusores

Para evitar la tendencia del concentrado a caer al fondo marino, es necesario diluir y dispersar la salmuera rápidamente. Con esta opción de gestión, la salmuera se transporta a través de una larga tubería de descarga instalada dentro de un rango de cientos de metros desde la línea costera y se dispersa a través de difusores que mejoran la mezcla. El punto de descarga debe estar a una distancia suficiente de la costa y de las áreas que son ricas en vida marina. Se debe comprobar la posible presencia de hábitats valiosos y recursos biológicos en las cercanías del sitio por una investigación del sitio antes de la determinación del punto de descarga. Se deben hacer esfuerzos para mejorar el diseño de las estructuras de descarga de modo que los impactos en los ecosistemas marinos relacionados con la salinidad y el aumento de la temperatura del agua de mar puedan minimizarse mediante el uso de difusores para dispersar la salmuera dentro de una zona de mezcla.

Las estructuras de salida en alta mar se componen de tres componentes:

- Tubería - Se utiliza para transferir el concentrado de ósmosis inversa de la planta al océano. Puede implicar el uso de túneles que llevan la tubería al fondo marino, después de lo cual la tubería se colocará en el fondo del océano.
- Elevador - Conecta el tubo a los difusores.
- Difusores - Por lo general, se encuentra en áreas marinas a una profundidad de agua suficiente y a una distancia suficiente de la toma de agua de mar. Esto evita la interfaz con la toma de agua de mar que podría conducir a la toma de

dilution of the concentrate within a certain distance from the point of discharge.

The optimization of the main pipe diameter depends on flow conditions and available head. The design should ensure that the main pipe velocity is sufficient to prevent deposition of solids and provide scouring abilities (typically greater than 2.5 ft/s). The pipeline requires permanent weighting and anchoring.

Two types of multi-port diffusers are typical for large seawater reverse osmosis plants:

- Pipeline-style diffusers - nozzles arranged along a pipeline (Figure 11).
- Rosette-style diffusers - several outlet risers above the seafloor with a small number of nozzles attached to each riser (Figure 12).

The diffusers are typically designed to have extremely high velocities to quickly mix the brine. Due to the scouring velocity, the diffusers are not prone to blockage. Marine growth in diffusers/pipes may occur only if the plant is shut down for prolonged periods. The flow and discharge pressure of the concentrate can be monitored continuously to assess if there is any clogging/blockage in the outfall pipe. Suitable methods, such as high-pressure jets or pigging, may be employed for cleaning the diffusers if they are found blocked during inspection or maintenance activities, but is not required in general.

agua hipersalina. Los difusores de salida están diseñados para lograr la dilución requerida del concentrado dentro de una cierta distancia desde el punto de descarga.

La optimización del diámetro de la tubería principal depende de las condiciones de flujo y del cabezal disponible. El diseño debe garantizar que la velocidad de la tubería principal sea suficiente para evitar la deposición de sólidos y proporcionar capacidades de raspado (generalmente mayores de 0.75 m/s). La línea de conducción requiere de contrapesos y anclajes permanentes.

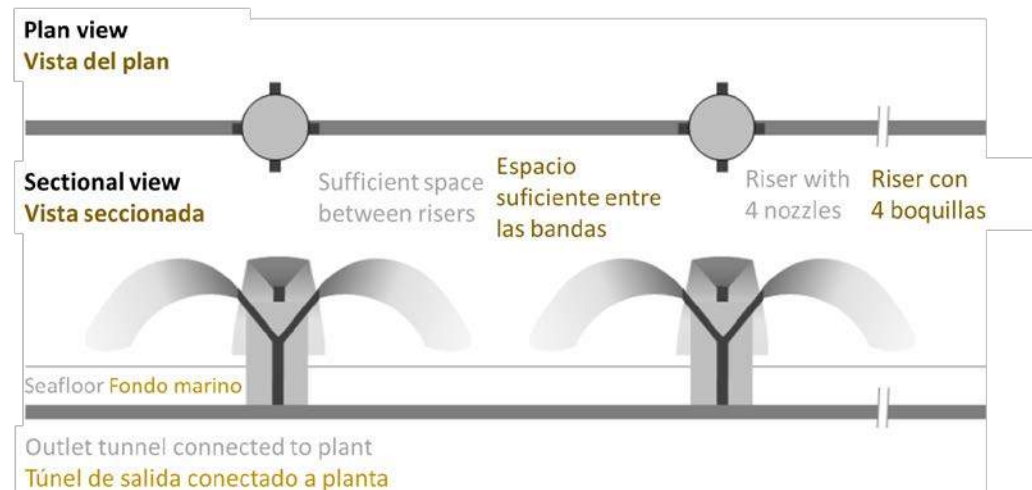
Dos tipos de difusores multipuerto son típicos para las grandes plantas de ósmosis inversa de agua de mar:

- Difusores de estilo tubería: boquillas dispuestas a lo largo de una tubería (Figura 11).
- Difusores de tipo rosetón: varias canalizaciones de salida sobre el fondo marino con un pequeño número de boquillas unidas a cada tubo ascendente (Figura 12).

Los difusores están diseñados típicamente para tener velocidades extremadamente altas para mezclar rápidamente la salmuera. Debido a la velocidad de lavado, los difusores no son propensos al bloqueo. El crecimiento marino en difusores / tuberías puede ocurrir solo si la planta está apagada por períodos prolongados. La presión de flujo y descarga del concentrado se puede monitorear continuamente para evaluar si hay alguna obstrucción / bloqueo en la tubería de descarga. Se pueden emplear métodos adecuados, como chorros de alta presión o pigging, para limpiar los difusores si se encuentran bloqueados durante las actividades de inspección o mantenimiento, pero no es obligatorio en general.



**Figure/Figura 11 Views of pipeline-style diffusers (Source: Lattemann, 2012)**  
**Vistas de difusores estilo tubería (Fuente: Lattemann, 2012)**



**Figure/Figura 12 Rosette-style diffusers (Source: Lattemann, 2012)**  
**Difusores estilo rosetón (Fuente: Lattemann, 2012)**

Pipeline-style diffusers and rosette-style diffusers provide similar performance and are constructed using similar techniques. Whether pipeline-style diffusers or rosette-style diffusers are adopted for a particular desalination plant depends on the local marine environment.

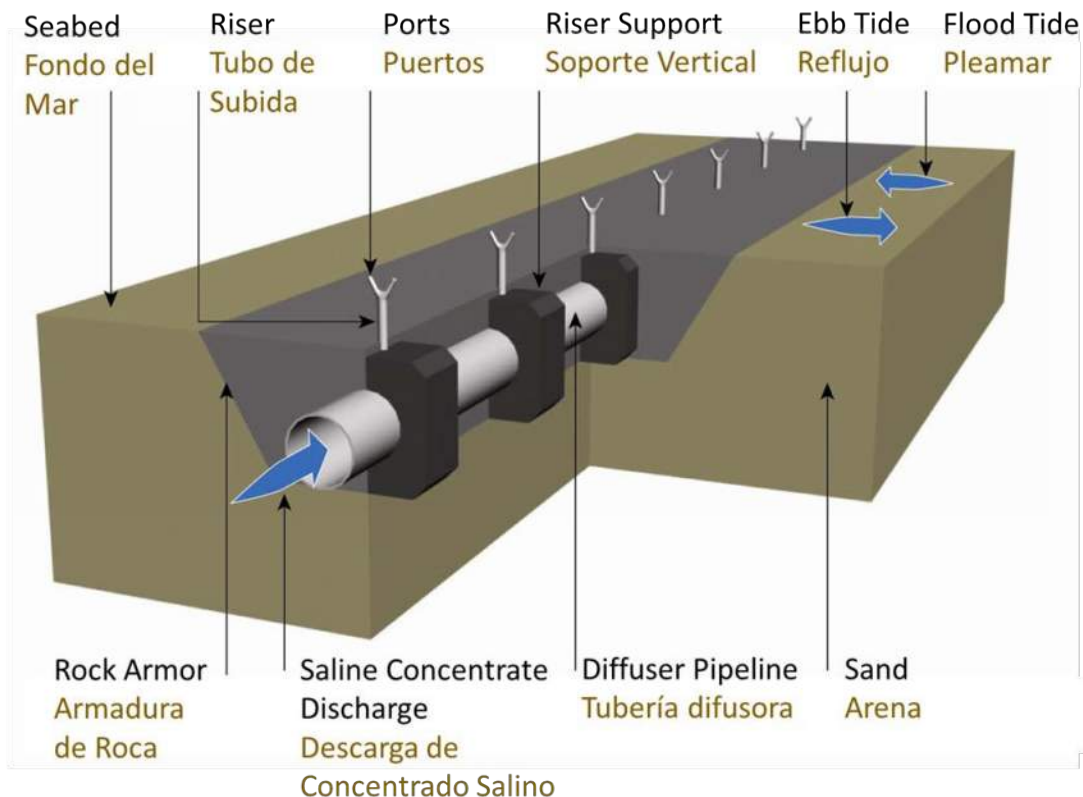
The dilution potential of diffusers is affected by several factors, including exit velocity, depth of nozzles, vertical angle of nozzles, quantity of nozzles, distance between nozzles, and the water depth at the point of discharge. All of these factors are considered to achieve the target dilution.

An effective outfall structure with pipeline and diffuser arrangement practiced by Adelaide Seawater Reverse Osmosis Desalination Plant is shown in Figure 13.

Los difusores estilo tubería y difusores estilo roseta ofrecen un rendimiento similar y se construyen utilizando técnicas similares. El hecho de que se adopten difusores de estilo de tubería o difusores de roseta para una planta de desalinización particular depende del ambiente marino local.

El potencial de dilución de los difusores se ve afectado por varios factores, como la velocidad de salida, la profundidad de las boquillas, el ángulo vertical de las boquillas, la cantidad de boquillas, la distancia entre las boquillas y la profundidad del agua en el punto de descarga. Todos estos factores se consideran para lograr la dilución objetivo.

En la Figura 13 se muestra una estructura de descarga efectiva con una disposición de tubería y difusor practicada por la planta de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar Adelaide.



**Figure/Figura 13 Schematic representation of the diffuser structure (Source: SA Water)**  
**Representación esquemática de la estructura del difusor (Fuente: SA Water)**

Desalination concentrate dispersion varies according to local conditions (including seabed topography, current velocity, and wave action) and discharge characteristics (including concentration, density, quantity, and temperature). Dispersion modeling is typically conducted to determine the achievable and target dilutions.

La dispersión del concentrado de desalinización varía según las condiciones locales (incluida la batimetría del lecho marino, la velocidad de la corriente y la acción de las olas) y las características de descarga (incluida la concentración, densidad, cantidad y temperatura). El modelado de dispersión se realiza normalmente para determinar la dilución alcanzable y objetivo.



In addition, a small operational exclusion zone is required to prevent interactions between marine activities and the marine structures. Buoys or beacons can be installed to demarcate the existence of the underwater outlet diffusers. The size of the exclusion zone is defined to ensure safety and protect intake water quality. This exclusion zone would be maintained by the operators of the desalination facility.

Ocean discharge is considered the least expensive option, particularly when the plant is located near the coast. The cost of constructing disposal pipes (intake/outfall infrastructure) can vary between 5% and 50% of the total construction cost of the desalination facility, with an average of 30% for seawater desalination plants (Wetterau 2010). According to DesalData.com (GWI 2013), establishing disposal infrastructure for seawater desalination plants is approximately 9% of the total capital cost of constructing a plant. Operational costs associated with brine disposal are minimal, as brine is discharged directly back to the ocean, and are mainly associated with maintenance of the infrastructure.

For desalination opportunities located along the coast of the Sea of Cortez, ocean discharge via offshore outfall with diffusers is a viable brine management option. It is important to note that in Mexico, there is no law that regulates brine discharges from desalination plants. As part of Task 4, a brine management approach will be developed and evaluated for each of the five potential desalination opportunities. In instances in which ocean discharge and dispersion is the recommended brine management approach, it will be noted that a CONAGUA-01-001 "Wastewater discharge permit" will be need to be obtained.

Además, se requiere una pequeña zona exclusiva de operación para evitar las interacciones entre las actividades y las estructuras marinas. Se pueden instalar boyas o balizas para demarcar la existencia de los difusores de salida subacuáticos. El tamaño de la zona de exclusión se define para garantizar la seguridad y proteger la calidad del agua de toma. Esta zona de exclusión sería mantenida por los operadores de la instalación de desalinización.

La descarga al océano se considera la opción menos costosa, especialmente cuando la planta está ubicada cerca de la costa. El costo de construcción de tuberías de desecho (infraestructura de entrada / salida) puede variar entre el 5% y el 50% del costo total de construcción de la instalación de desalinización, con un promedio de 30% para plantas de desalinización de agua de mar (Wetterau 2010). Según DesalData.com (GWI 2013), el establecimiento de una infraestructura de disposición para las plantas de desalinización de agua de mar es aproximadamente el 9% del costo de capital total de la construcción de una planta. Los costos operativos asociados con la eliminación de salmuera son mínimos, ya que la salmuera se descarga directamente al océano y se asocia principalmente con el mantenimiento de la infraestructura.

Para las oportunidades de desalinización ubicadas a lo largo de la costa del Mar de Cortés, la descarga oceánica a través de emisores marinos con difusores es una opción viable para el gestión de la salmuera. Es importante tener en cuenta que en México no existe una ley que regule las descargas de salmuera de las plantas de desalinización. Como parte de la Tarea 4, se desarrollará y evaluará un enfoque de gestión de salmuera para cada una de las cinco oportunidades potenciales de desalinización. En los casos en que la descarga y dispersión en el océano sea el enfoque recomendado para el gestión de la salmuera, se observará que serán necesarios para

## Evaporation Ponds

Evaporation ponds can be a simple and cost-efficient method of disposing of brine in locations with high net evaporation. The ponds are shallow, lined earthen basins in which the fresh water evaporates naturally out of the concentrate. The minerals in the concentrate are precipitated into salt, which can be harvested and disposed of or used for industrial purposes. Evaporation ponds can be used in conjunction with other methods to minimize the area needed.

### Evaporation Rates and Sizing

Evaporation ponds are constructed to maximize the rate of evaporation, with high surface areas and low sides to minimize the formation of a laminar layer adjacent to the surface of the water which reduces evaporation. They are typically shallow earthen ponds lined with black high-density polyethylene sheeting that increases the brine temperature and rate of evaporation. Brine evaporation rates are lower than freshwater evaporation rates, and can be estimated by applying reduction factors to fresh water evaporation rates representative of the region. Evaporation depends on the chemical makeup of the brine and design of facilities, but typically high salinity reduces vapor pressure and locally high humidity occurs near the surface of the ponds, both of which inhibit evaporation.

obtener un "permiso de descarga de aguas residuales" CONAGUA-01-001.

## Lagunas de Evaporación

Las lagunas de evaporación pueden ser un método simple y rentable para deshacerse de la salmuera en lugares con alta evaporación neta. Las lagunas son cuencas de tierra poco profundas y revestidas en las que el agua dulce se evapora naturalmente del concentrado. Los minerales en el concentrado se precipitan en sal, que puede ser recolectada y eliminada o utilizada para fines industriales. Las lagunas de evaporación se pueden usar junto con otros métodos para minimizar el área necesaria.

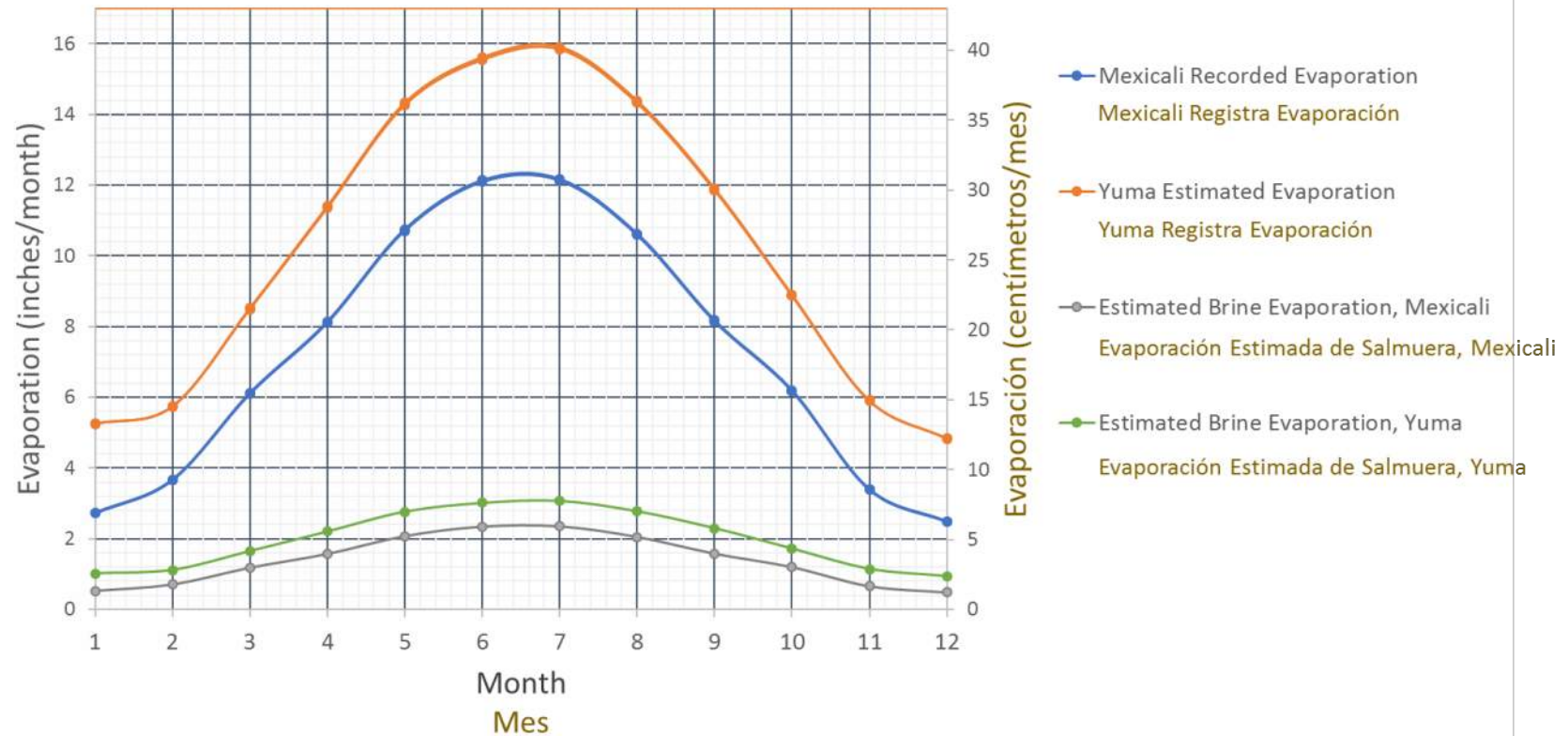
### Tasas de Evaporación y Dimensionamiento

Las lagunas de evaporación se construyen para maximizar la velocidad de evaporación, con áreas de alta superficie y lados bajos para minimizar la formación de una capa laminar adyacente a la superficie del agua que reduce la evaporación. Por lo general, son lagunas de tierra poco profundas revestidos con una lámina negra de polietileno de alta densidad que aumenta la temperatura de la salmuera y la velocidad de evaporación. Las tasas de evaporación de salmuera son más bajas que las tasas de evaporación de agua dulce, y pueden estimarse aplicando factores de reducción a las tasas de evaporación de agua dulce representativas de la región. La evaporación depende de la composición química de la salmuera y el diseño de las instalaciones, pero generalmente la salinidad alta

Average monthly evaporation rates from two weather stations operated by the National Oceanic and Atmospheric Administration were used to estimate regional average fresh water evaporation rates: measured evaporation from Mexicali, Sonora, and values calculated using the Penman equation from Yuma, Arizona. Evaporation data from two weather stations are shown in Figure 14 along-side estimated brine evaporation rates.

reduce la presión de vapor y se produce alta humedad local cerca de la superficie de las lagunas, los cuales inhiben la evaporación.

Las tasas promedio mensuales de evaporación de dos estaciones meteorológicas operadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica se utilizaron para estimar las tasas medias regionales de evaporación de agua dulce: la evaporación medida de Mexicali, Sonora y los valores calculados utilizando la ecuación de Penman de Yuma, Arizona. Los datos de evaporación de dos estaciones meteorológicas se muestran en la Figura 14 junto a las tasas estimadas de evaporación de salmuera.



**Figure/Figura 14 Mean monthly fresh water and brine evaporation estimates from Mexicali and Yuma (NOAA Technical Report NWS 34: Mean Monthly, Seasonal, and Annual Pan Evaporation for the United States, December 1982)**  
**Promedio mensual de agua dulce y evaporación de salmuera estimados de Mexicali y Yuma (Informe Técnico NOAA NWS 34: Promedio mensual, estacional y anual de pan evaporación para Estados Unidos, diciembre de 1982)**

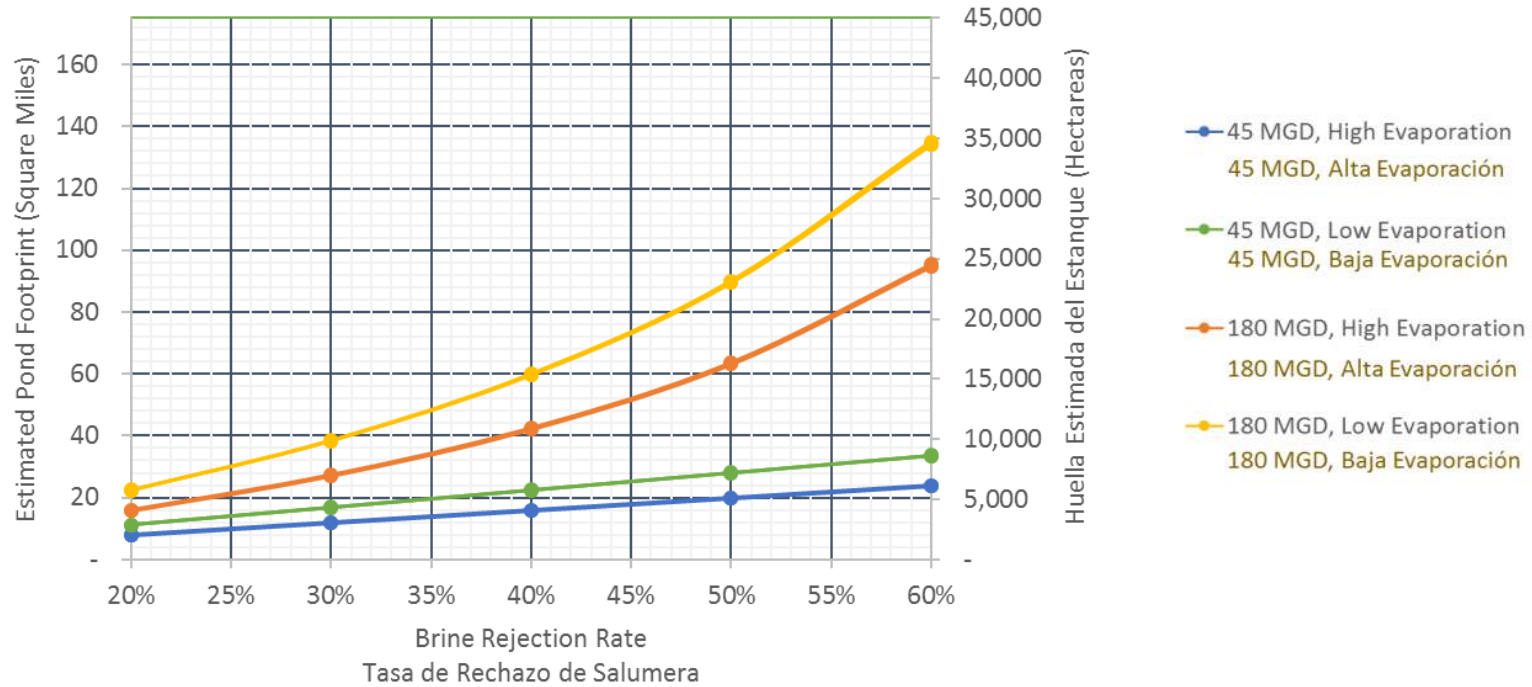
Although evaporation rates are lower in the winter months, the evaporation ponds can be sized so that the concentrate is allowed to build up in the cooler, low evaporative months and dry out in warmer, high evaporative months. On an annual basis, the ponds should be sized so that the concentrate is applied at a rate that can be completely dried through natural evaporation.

The size of the desalination plant and the fresh water recovery rates both impact the area required for evaporation ponds. Two potential desalination plant capacities were considered: 45 and 180 million gallons of fresh water produced per day. A range of rejection rates from 60 percent to 20 percent were evaluated for the two plant capacities to estimate the area required to evaporate the brine concentrate.

Figure 15 shows the estimated surface area required to dispose of the brine discharge stream based on evaporation rates from two locations near the project area (Yuma and Mexicali, representing high and low, respectively), and for two sizes of plants under various brine rejection rates. Assuming 60% of the feed flow is concentrate, an estimated 25 to 35 square miles of pond surface area would be required for a 45 mgd plant, and 95 to 140 square miles would be required for a 180 mgd facility.

Aunque las tasas de evaporación son más bajas en los meses de invierno, las lagunas de evaporación pueden dimensionarse de modo que se permita que el concentrado se acumule en los meses más fríos, de baja evaporación y se seque en los meses más cálidos y de alta evaporación. En una base anual, las lagunas deben dimensionarse para que el concentrado se aplique a una velocidad que pueda secarse completamente mediante evaporación natural. El tamaño de la planta de desalinización y las tasas de recuperación de agua dulce impactan el área requerida para las lagunas de evaporación. Se consideraron dos capacidades potenciales de plantas de desalinización: 2 a 8 metros cúbicos de agua dulce producidos por día. Se evaluó un rango de tasas de rechazo del 60 por ciento al 20 por ciento para las capacidades de las dos plantas para estimar el área requerida para evaporar el concentrado de salmuera.

La Figura 15 muestra el área de superficie estimada requerida para eliminar la corriente de descarga de salmuera en función de las tasas de evaporación de dos ubicaciones cercanas al área del proyecto (Yuma y Mexicali, que representan alta y baja, respectivamente), y para dos tamaños de plantas bajo varias tasas de rechazo de salmuera. Suponiendo que el 60% del flujo de alimentación es concentrado, se requeriría un área de estanque de aproximadamente 4 a 5 hectáreas para una planta de 170,344 m<sup>3</sup>/d, y de 15 a 22 hectáreas se requerirá para una instalación de 681,374 m<sup>3</sup>/d.



**Figure/Figura 15** Estimated evaporation pond footprint for two desalination plant sizes and two evaporation rates  
 Huella estimada del estanque de evaporación para dos tamaños de plantas de desalinización y dos tasas de evaporación

The depth of the evaporation ponds required to contain the brine discharge has been estimated using a mass balance approach. The concentrate is assumed to be discharged at a constant daily rate. Using the more conservative of the two estimates of saline evaporation rate, the maximum depth of brine under average conditions would be approximately 4 inches so that there is sufficient surface area for evaporation to occur at the brine application rate.

### Environmental Concerns

Brine can be toxic to birds and other wildlife, and would require extensive coordination with environmental regulatory agencies in the United States and Mexico. Mitigation of negative impacts on birds and wildlife is likely to require fencing around the facility, netting over ponds as needed, and freshwater ponds to provide birds safe water to drink and clean themselves in the event of exposure to the brine.

### Cost

Planning level cost estimates, based on similar projects, engineering judgement, and high-level assumptions, are shown in Table 9. The costs shown do not include permitting, ultimate salt disposal, decommissioning, a pipeline from desalination facility to evaporation ponds, or any additional brine treatment.

La profundidad de las lagunas de evaporación necesarios para contener la descarga de salmuera se ha estimado utilizando un enfoque de balance de masa. Se asume que el concentrado se descarga a una velocidad diaria constante. Usando la más conservadora de las dos estimaciones de la tasa de evaporación salina, la profundidad máxima de la salmuera en condiciones promedio sería de aproximadamente 10 cm, de modo que haya un área de superficie suficiente para que se produzca la evaporación a la tasa de aplicación de la salmuera.

### Preocupaciones Ambientales

La salmuera puede ser tóxica para las aves y otras especies silvestres, y requeriría una coordinación extensa con las agencias reguladoras ambientales en los Estados Unidos y México. Es probable que la mitigación de los impactos negativos en las aves y la vida silvestre requiera de cercas alrededor de las instalaciones, redes en las lagunas según sea necesario y lagunas de agua dulce para proporcionar agua segura para que las aves puedan beber y limpiarse en caso de exposición a la salmuera.

### Costo

Las estimaciones de costo de nivel de planeación, basadas en proyectos similares, criterios de ingeniería y suposiciones de alto nivel, se muestran en la Tabla 9. Los costos mostrados no incluyen permisos, eliminación definitiva de sal, desmantelamiento, conducciones desde instalaciones de desalinización hasta lagunas de evaporación, ni tratamiento adicional de salmuera.

**Table/Tabla 9 Planning level construction and operational costs for evaporation ponds**  
**Nivel de planeación de construcción y costos operativos para lagunas de evaporación**

COST COMPONENT COMPENETE DE COSTO	UNIT COST COSTO UNITARIO	68 MGD BRINE 3 M <sup>3</sup> /S SALMUERA	270 MGD BRINE 12 M <sup>3</sup> /S SALMUERA
Earthwork Terrapén	-	\$277,860,000 Mex\$5,379,369,600	\$1,146,550,000 Mex\$22,197,208,000
Liner Transatlántico	\$0.46/square foot Mex\$95.9/metro Cudrado	\$525,590,000 Mex\$10,175,422,400	\$2,146,110,000 Mex\$41,548,689,600
Bird netting Malla para pájaros	\$10,500/acre Mex\$502,316/hectárea	\$22,080,000 Mex\$427,468,800	\$90,160,000 Mex\$1,745,497,600
Access roads Caminos de acceso	\$10/linear foot Mex\$635/metro lineal	\$2,170,000 Mex\$42,011,200	\$8,960,000 Mex\$173,465,600
Wildlife fencing Esgrima de vida silvestre	Lump sum Suma global	\$1,230,000 Mex\$23,812,800	\$2,480,000 Mex\$48,012,800
Pumping and piping Bombeo y tubería	Lump sum Suma global	\$11,560,000 Mex\$223,801,600	\$36,330,000 Mex\$703,348,800
Indirect costs (engineering, construction management, legal, administrative, contingency) Costos indirectos (ingeniería, administración de la construcción, legales, administrativos, contingencias)	43% of above costs 43% por encima de los costos	\$361,410,700 Mex\$6,996,911,152	\$1,475,153,700 Mex\$28,558,975,632
<b>TOTAL</b>		<b>\$1,201,900,000</b> <b>Mex\$23,268,784,000</b>	<b>\$4,905,750,000</b> <b>Mex\$94,975,320,000</b>
Annual operations and maintenance cost Costo de operación y mantenimiento anual	36%	\$429,680,000 Mex\$8,318,604,800	\$1,753,800,000 Mex\$33,953,568,000

\*Note – Estimate only includes downhole construction and testing. Estimate does not include land acquisition costs. Costs assume U.S. construction.

\*Nota: El costo estimado solo incluye la construcción y las pruebas de fondo de pozo. La estimación no incluye los costos de adquisición de tierras. Los costos asumen la construcción de los Estados Unidos.



Brine evaporation ponds are not easily scaled to large desalination facilities. Although the project area is well suited for high evaporation rates, the scale of facility required would pose significant land availability challenges. In the cost estimates above, land acquisition costs have not been included. Additionally, the amount of surface area required would be large enough to slow evaporation by creating a localized microclimate with higher humidity and lower vapor pressure. For these reasons, evaporation ponds are not recommended for further consideration as part of this study.

### **Deep Well Injection**

The purpose of this section is to evaluate the feasibility of deep well injection for disposing of desalination byproduct concentrate (brine) deep underground in porous geologic formations. The general area where the injection wells could be constructed is along the Sonoran Coast of Mexico between Puerto Peñasco and Puerto Libertad or within Southern Arizona as shown in Figure 16.

Las lagunas de evaporación de salmuera no son fácilmente escalables a grandes instalaciones de desalinización. Si bien el área del proyecto es adecuada para altas tasas de evaporación, la escala de instalaciones requerida plantearía desafíos significativos de disponibilidad de tierras. En las estimaciones de costo anteriores, los costos de adquisición de tierras no se han incluido. Además, la cantidad de área de superficie requerida sería lo suficientemente grande como para retardar la evaporación al crear un microclima localizado con mayor humedad y menor presión de vapor. Por estas razones, las lagunas de evaporación no se recomiendan para mayor consideración como parte de este estudio.

### **Inyección de Pozo Profundo**

El propósito de esta sección es evaluar la viabilidad de la inyección en pozos profundos para la eliminación del subproducto de desalinización concentrado (salmuera) bajo tierra en formaciones geológicas porosas. El área general donde se podrían construir los pozos de inyección es a lo largo de la costa de Sonora en México entre Puerto Peñasco y Puerto Libertad o en el sur de Arizona, como se muestra en la Figura 16.



**Figure/Figura 16** Potential project areas  
Posibles áreas del proyecto

Deep well injection is a proven technology where favorable geologic and hydrogeological conditions exist and environmental protection regulations allow for the practice. It involves drilling beneath drinking water aquifers to depths ranging from

La inyección en pozos profundos es una tecnología probada que puede ser aplicada donde existan condiciones geológicas e hidrogeológicas favorables y las regulaciones de protección ambiental permitan la práctica. Implica perforar debajo de los acuíferos de agua potable a profundidades que van desde 460 metros hasta 4,600 metros por debajo de la superficie terrestre. Los residuos

1,500 feet to 15,000+ feet below land surface. The liquid waste is injected and trapped beneath impermeable layers of rock.

In the United States, deep injection well disposal is regulated by the Environmental Protection Agency (EPA) under the Safe Drinking Water Act through Underground Injection Control regulations 40 CFR 144. EPA groups deep injection wells into six main groups or classes, determined by the type of injected fluids:

- Non-hazardous industrial wastes, concentrate, and other subsidiary waste streams from desalination facilities
- Municipal wastewater (treated sewage effluent)
- Oilfield brines and other oil and gas produced waters
- Fluids used for in situ and leaching solution mining
- Hazardous and radioactive waste
- Freshwater as part of managed aquifer recharge projects
- Carbon sequestration

As demonstrated by the list above, the deep injection well market is highly diverse. The end users range from water and wastewater utilities (public and private), industrial operations, oil and gas producers, and mining operations.

Byproduct concentrate generated by a desalination water treatment process is considered industrial non-hazardous waste and must be disposed of in the United States through an EPA Class I injection well designed to industrial standards. These type of injection wells are designed with injection tubing/liner, typically made of fiberglass, super duplex steel, or other high-grade steel casing. The tubing is inserted into a fluid-filled final steel casing (tubing and packer design) or cemented in annulus, as shown in Figure 17.

líquidos se inyectan y atrapan debajo de capas impermeables de roca.

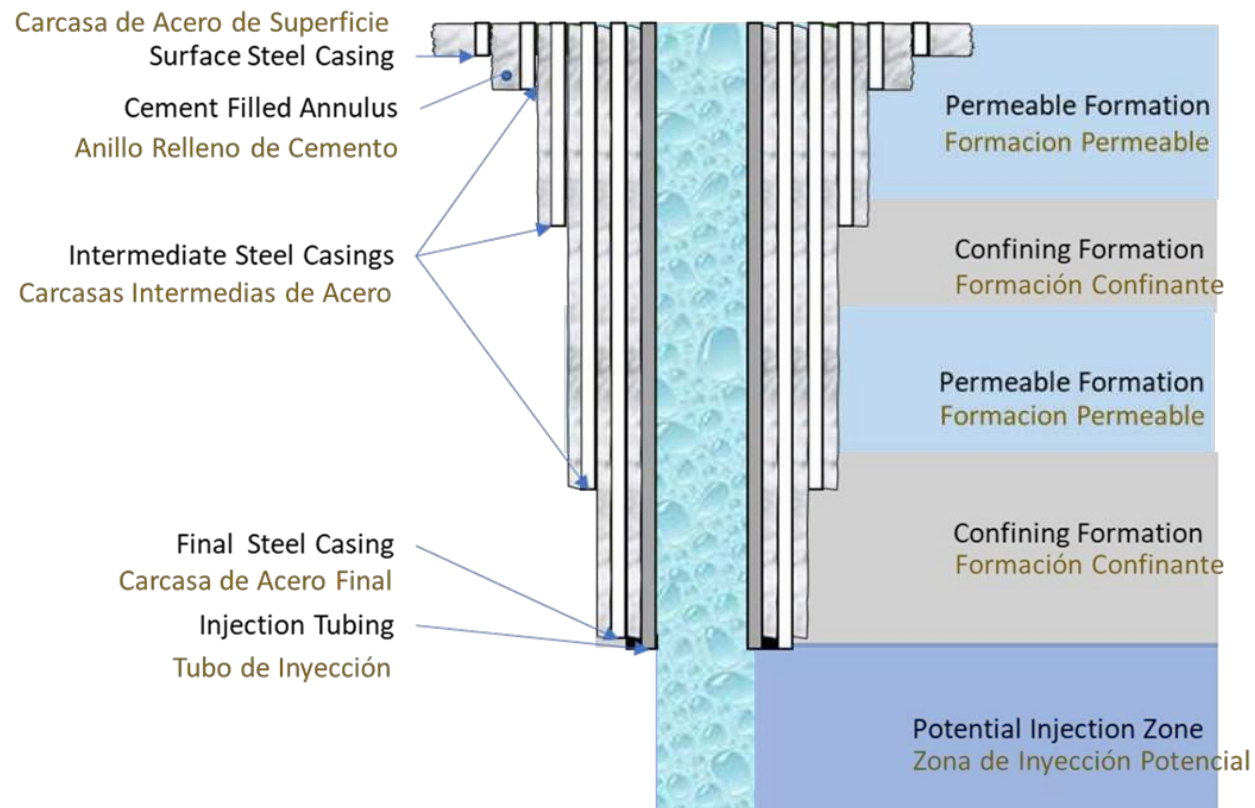
En los Estados Unidos, las descargas de los pozos de inyección profunda están reguladas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) bajo la Ley de Agua Potable Segura a través de las regulaciones 40 CFR 144. La EPA agrupa los pozos de inyección profunda en 6 grupos o clases principales, determinadas por el tipo de fluido a inyectar:

- Residuos industriales no peligrosos, concentrados y otros flujos de residuos subsidiarios de las instalaciones de desalinización
- Aguas residuales municipales (aguas residuales tratadas)
- Salmueras de yacimientos petrolíferos y otras aguas producidas por petróleo y gas.
- Fluidos utilizados para minería in situ y de soluciones de lixiviación.
- Residuos peligrosos y radiactivos
- Agua dulce como parte de proyectos gestionados de recarga de acuíferos
- Captura de carbono

Como lo demuestra la lista anterior, el mercado de pozos de inyección profunda es muy diverso. Los usuarios finales van desde dependencias de agua y aguas residuales (públicos y privados), operaciones industriales, productores de petróleo y gas, y operaciones mineras.

El concentrado de subproductos generado por un proceso de tratamiento de agua de desalinización se considera un residuo industrial no peligroso y debe eliminarse, en los Estados Unidos,

mediante una inyección de pozo de Clase I de la EPA según los estándares industriales. Este tipo de pozos de inyección están diseñados con tubería / revestimiento de inyección, típicamente hechos de fibra de vidrio, acero súper dúplex u otra carcasa de acero de alta calidad. El tubo se inserta en una carcasa de acero final llena de fluido (diseño de tubo y empacador) o se cementa en el anillo, como se muestra en la Figura 17.



**Figure/Figura 17** General schematic of an industrial injection well  
Esquema general de un pozo de inyección industrial

The key technical issues for industrial injection well systems are that they must reliably and economically provide the projected disposal capacity over the life of the membrane treatment plant, that injected fluids stay within the well and the intended injection zone, and that the injected fluids do not cause a public water system to violate EPA drinking water standards or otherwise adversely affect public health.

The largest designed, permitted, and constructed industrial injection well system in North America is located in Virginia Key, Florida and has a designed disposal capacity of 20 mgd per injection well. The injection wells are used to dispose of combined industrial non-hazardous waste streams, treated effluent from the wastewater treatment plant, and adjacent landfill groundwater remediation leachate. The injection wells were designed with a 36-inch diameter steel final casing installed to a depth of approximately 2,700 feet below land surface with a 24-inch diameter fiberglass reinforced plastic injection tubing installed and cemented inside final steel casing. Because of unique and highly transmissive geologic features in south Florida, the injection rate has an average injection pressure of approximately 50 pounds per square inch (psi).

In contrast, the west coast of North America generally lacks high-transmissivity carbonate aquifers that are used elsewhere as injection zones (Maliva, R. and Manahan, S., 2013). The City of Los Angeles Terminal Island Renewable Energy Project investigated the feasibility of injection of slurry mixtures of varying ratios of digested residuals, biosolids wetcake, and concentrated brine from alternative water supply systems into a deep sand formation. The wells are of oil-field design with perforated completions. The expected average injection rate is

Los problemas técnicos clave para los sistemas de pozos de inyección industriales son que deben proporcionar de manera confiable y económica la capacidad de desecho proyectada durante la vida útil de la planta de tratamiento por membrana, que los fluidos inyectados permanezcan dentro del pozo y en la zona de inyección prevista, y que los fluidos inyectados no infrinjan los estándares de agua potable de la EPA y afecten la salud pública.

El sistema de pozo de inyección industrial más grande diseñado, permitido, y construido en América del Norte se encuentra en Virginia Key, Florida, y tiene una capacidad de eliminación diseñada de 0.89 m<sup>3</sup>/s por pozo de inyección. Los pozos de inyección se utilizan para eliminar residuos industriales no peligrosos combinados, efluentes tratados de la planta de tratamiento de aguas residuales y lixiviados de remediación de aguas subterráneas de vertederos adyacentes. Los pozos de inyección se diseñaron con una carcasa final de acero de 900 milímetros de diámetro instalada a una profundidad de aproximadamente 823 metros con un tubo de inyección de plástico reforzado con fibra de vidrio de 600 milímetros de diámetro instalado y cementado dentro de la carcasa de acero final. Debido a las características geológicas únicas y altamente transmisivas en el sur de Florida, la tasa de inyección tiene una presión de inyección promedio de aproximadamente 345 kilopascales (kPa).

En contraste, la costa oeste de América del Norte generalmente carece de acuíferos de carbonato de alta transmisividad que se usan en otros lugares como zonas de inyección (Maliva, R. y Manahan, S., 2013). El Proyecto de Energía Renovable de la Isla Terminal de la Ciudad de Los Ángeles investigó la factibilidad de

420 gpm (0.6 mgd) and average injection pressure is 4,000 psi (Bruno et al., 2011). The geology of the receiving aquifers in the Los Angeles area is similar to that of Arizona and Sonora, in that there is low permeability.

There are no known existing injection well installations along the Sonoran Coast of Mexico between Puerto Peñasco and Puerto Libertad. In addition, this area is prone to earthquake activities and deep well injection has been attributed to an increase in seismic activity in similar areas.

Mexico does utilize injection well technology for aquifer recharge and disposal of highly saline water to induce fracking in the oil and gas industry and there are requirements that regulate these type of wells. Mexico City has used injection well technology to inject reclaimed water to recharge their aquifers for water supply. Yucatan Mexico also uses injection wells to dispose of their wastewater and medical waste (Geofísica International, 2000). Hydraulic fracturing disposal wells are another example of injection well use. Unfortunately, these wastewater wells are not recorded in the public registry of water rights (REPD) making it hard to find specific information on them (Alonso, 2015). Environmental contamination of groundwater has occurred from fracking injection wells creating a negative impression (Alonso, 2015).

The second potential project area is southern Arizona. The Arizona Department of Water Resources has traditionally had reservations about disposal of byproduct concentrate via injection wells, as all aquifers are considered potential groundwater sources for public water supply in this region (Arroyo et al., 2011). However, as saltwater intrusion caused by

la inyección de mezclas de lechada de proporciones variables de residuos digeridos, biosólidos húmedos y salmuera concentrada de sistemas alternativos de suministro de agua en una formación de arena profunda. Los pozos son de diseño de yacimientos petrolíferos con terminaciones perforadas. La tasa de inyección promedio esperada es de 0.026 m<sup>3</sup>/s y la presión de inyección promedio es de 27,580 kPa (Bruno et al., 2011). La geología de los acuíferos receptores en el área de Los Ángeles es similar a la de Arizona y Sonora, ya que hay una baja permeabilidad.

No se conocen instalaciones existentes de pozos de inyección a lo largo de la costa Mexicana en Sonora (entre Puerto Peñasco y Puerto Libertad). Además, esta área es propensa a las actividades sísmicas y la inyección en pozos profundos se ha atribuido a un aumento de la actividad sísmica en áreas similares.

México utiliza la tecnología de pozos de inyección para la recarga de acuíferos y la eliminación de agua altamente salina para inducir el fracking en la industria del petróleo y el gas, y existen requisitos que regulan este tipo de pozos. La Ciudad de México ha utilizado la tecnología de pozos de inyección para inyectar agua tratada para recargar sus acuíferos para el suministro de agua. Yucatán, México también utiliza pozos de inyección para eliminar sus aguas residuales y desechos médicos (Geofísica International, 2000). Los pozos de disposición de fracturación hidráulica son otro ejemplo del uso de pozos de inyección. Desafortunadamente, estos pozos de inyección de aguas residuales no están registrados en el registro público de derechos de agua (REPD), lo que dificulta encontrar información específica sobre ellos (Alonso, 2015). La contaminación ambiental

overdrawing water from the aquifer system increases the salinity of existing groundwater aquifers in Arizona and Mexico as water sources become increasingly depleted, regulatory agencies are now considering desalination. Due to Arizona's policies on groundwater, they have yet to permit a Class I or II injection well system for construction and operation. Arizona also would require an aquifer protection permit in addition to an injection well permit. Injection well systems in Arizona require a disposal zone that is sufficiently isolated from current groundwater drinking water sources or constructed in locations where the groundwater quality is not suitable for drinking.

### Cost Considerations

The capital cost per injection well (specifically the below ground portion of the construction activities) typically ranges between \$500,000 and \$8,000,000. Capital cost can vary drastically depending on depth to the target injection zone (from approximately 200 feet to 10,000 feet below land surface),

de las aguas subterráneas debido a los pozos de inyección de fracking, ha generado una impresión negativa (Alonso, 2015).

La segunda área potencial del proyecto es el sur de Arizona. El Departamento de Recursos Hídricos de Arizona tradicionalmente ha tenido reservas sobre la eliminación del concentrado de subproductos a través de pozos de inyección, ya que todos los acuíferos se consideran fuentes potenciales de agua subterránea para el suministro público de agua en esta región (Arroyo et al., 2011). Sin embargo, a medida que la intrusión de agua salada, causada por el exceso extracción de agua del sistema acuífero, aumenta la salinidad de los acuíferos subterráneos existentes en Arizona y México, las agencias reguladoras ahora están considerando la desalinización de estos, conforme las fuentes de abastecimiento se vuelvan escasas. Debido a las políticas de Arizona sobre aguas subterráneas, aún tienen que permitir un sistema de pozo de inyección Clase I o II para la construcción y operación. Arizona también requeriría un permiso de protección de acuíferos además de un permiso de pozo de inyección. Los sistemas de pozos de inyección en Arizona requieren una zona de desecho que esté lo suficientemente aislada de las fuentes de agua potable actuales o que estén construidas en lugares donde la calidad del agua subterránea no sea adecuada para beber.

### Consideraciones de Costos

El costo de capital por pozo de inyección (específicamente la porción subterránea de las actividades de construcción) generalmente oscila entre Mex\$9,700,000 y Mex\$155,000,000. El costo de capital puede variar drásticamente dependiendo de la profundidad a la zona de inyección objetivo (de

volume of byproduct concentrates to be disposed (from approximately 0.5 mgd to 20 mgd per injection well), current market conditions for materials (i.e. steel casing), the permeability of the receiving aquifer, and availability of qualified drilling contractors. The assumed performance for the injection well is based on the Los Angeles Terminal Island Renewable Energy Injection Well System Project as described earlier. Design assumptions to provide estimated capital and operating costs for the two design scenarios (45 and 180 mgd desalination facility) are provided in Table 10.

aproximadamente 61 metros a 3,050 metros debajo de la superficie terrestre), el volumen de los subproductos concentrados que se eliminarán (de aproximadamente 0.022 m<sup>3</sup>/s a 0.89 m<sup>3</sup>/s por pozo de inyección), las condiciones actuales del mercado para materiales (es decir, carcasa de acero), la permeabilidad del acuífero receptor, y disponibilidad de contratistas de perforación calificados. El rendimiento asumido para el pozo de inyección se basa en el Proyecto del Sistema de Pozos de Inyección de Energía Renovable de Los Angeles Terminal Island, como se describió anteriormente. Los supuestos de diseño para proporcionar el capital estimado y los costos operativos para los dos escenarios de diseño (instalaciones de desalinización de 170,344 y 681,374 m<sup>3</sup>/d) se proporcionan en la Tabla 10.



**Table/Tabla 10 Deep well injection planning level design assumptions**  
**Suposiciones de diseño del nivel de planificación de inyección en pozo profundo**

COMPONENT COMPONENTE	45 MGD DESALINATION FACILITY FACILIDAD DE DESALINACIÓN DE 2 M <sup>3</sup> /S	180 MGD DESALINATION FACILITY FACILIDAD DE DESALINACIÓN DE 8 M <sup>3</sup> /S
Estimated volume of brine Volumen estimado de salmuera	68 mgd 3 m <sup>3</sup> /s	270 mgd 12 m <sup>3</sup> /s
Total number of wells required Número total de pozos requeridos	125 wells 125 posos	495 wells 495 posos
Estimated well depth Profundidad estimada del pozo	4,500 feet 1,370 metros	4,500 feet 1,370 metros
Cost per injection well* Costo por inyección de pozos*	\$6,000,000 Mex\$116,209,920	\$6,000,000 Mex\$116,209,920
Estimated injection rate Tasa estimada de inyección	0.6 mgd 0.026 m <sup>3</sup> /s	0.6 mgd 0.026 m <sup>3</sup> /s
Minimum well setback Mínimo retroceso de pozo	300 feet 91 metros	300 feet 91 metros
Minimum area required Área mínima requerida	202 acres 82 hectáreas	803 acres 325 hectáreas
Electricity rate (Mexico) Tasa de electricidad (México)	\$0.25/kWh Mex\$4.84/kWh	\$0.25/kWh Mex\$4.84/kWh
Electricity rate (Arizona) Tarifa de electricidad (Arizona)	\$0.11/kWh Mex\$2.13/kWh	\$0.11/kWh Mex\$2.13/kWh
Head pressure Carga Hidráulica	4,000 psi 27,580 kPa	4,000 psi 27,580 kPa
Pump efficiency Eficiencia de la bomba	70%	70%
Additional wells for redundancy Pozos adicionales para redundancia	10%	10%

\*Note – Estimatet only includes downhole construction and testing. Costs assume U.S. construction.

\*Nota: este costo estimado solo incluye la construcción y las pruebas de fondo de pozo. Los costos asumen la construcción de los Estados Unidos.

As discussed previously, disposal of brine volumes between approximately 68 and 270 mgd will be required for the size range of the potential desalination plants (45 to 180 mgd of treated water). Based on the design assumptions discussed in Table 10, planning level construction and operating cost estimates are listed in Table 11.

Como se discutió anteriormente, se requerirá la eliminación de volúmenes de salmuera entre aproximadamente 3 y 12 m<sup>3</sup>/s para el rango de tamaño de las plantas potenciales de desalinización (170,344 a 681,374 m<sup>3</sup>/d de agua tratada). Sobre la base de los supuestos de diseño discutidos en la Tabla 10, las estimaciones de costos a nivel de planeación de construcción y operación se enumeran en la Tabla 11.

**Table/Tabla 11 Planning level construction and operational unit costs for deep well injection**  
**Nivel de planificación costo de construcción y unitarios operacional para inyección en pozo profundo**

COST COMPONENT COMPENETE DE COSTO	TOTAL COST PER MGD COSTO TOTAL POR M <sup>3</sup> /S
Construction cost for one well (Mexico and Arizona) Costo de construcción de un pozo (México y Arizona)	\$9,600,000 Mex\$41,817,600,000
Operating cost per year (Mexico) Costo de operación por año (México)	\$10,445 Mex\$4,549,842
Operating cost per year (Arizona) Costo de operación por año (Arizona)	\$4,020 Mex\$1,751,112

\*Note – This estimated cost only includes downhole construction and testing. Costs assume U.S. construction.

\*Nota: este costo estimado solo incluye la construcción y las pruebas de fondo de pozo. Los costos asumen la construcción de los Estados Unidos.

## Opportunities and Challenges of Injection Well Systems

Several advantages associated with disposal of byproduct concentrate using a deep injection well include:

- Proven technology with minimal maintenance. The disposal of liquid wastes using deep well injection has been performed reliably since about the 1930s.
- Low operational and maintenance costs (depending on the permeability of the injection zone) over the life cycle of the assets. Injection wells that are designed and maintained properly may have a life cycle of 50 years or more.
- Continuous flow capacity within permitted flow and pressure guidelines. With proper design and operational maintenance, continuous deep well injection into a sand-based aquifer has resulted in steady injection pressures at sustained flow rates.
- Back-up injection capacity if the primary injection well is unavailable due to testing or maintenance.
- Low risk to drinking water sources and public health.
- Minimal environmental impact.

Several challenges associated with disposal of reverse osmosis concentrate using deep injection wells include:

- Federal, state and other regulatory requirements. The permitting process can be lengthy.
- Large quantity of wells required for the proposed size of desalination facilities.

## Oportunidades y Desafíos de los Sistemas de Inyección de Pozos

Varias ventajas asociadas con la eliminación del concentrado de subproducto utilizando un pozo de inyección profunda incluyen:

- Tecnología probada con mínimo mantenimiento. La eliminación de desechos líquidos mediante la inyección en pozos profundos se ha realizado de manera confiable desde aproximadamente la década de 1930.
- Bajos costos de operación y mantenimiento (según la permeabilidad de la zona de inyección) durante el ciclo de vida de los activos. Los pozos de inyección diseñados y mantenidos adecuadamente pueden tener un ciclo de vida de 50 años o más.
- Capacidad de flujo continuo dentro de las pautas de flujo y presión permitidas. Con un diseño adecuado y un mantenimiento operativo, la inyección continua en pozos profundos en un acuífero a base de arena ha dado lugar a presiones de inyección constantes a caudales sostenidos.
- Capacidad de respaldo de inyección si el pozo de inyección primario no está disponible debido a pruebas o mantenimiento.
- Bajo riesgo para fuentes de agua potable y salud pública.
- Impacto ambiental mínimo.

Varios desafíos asociados con la eliminación del concentrado de ósmosis inversa usando pozos de inyección profunda incluyen:

- Requisitos reglamentarios federales y estatales. El proceso de permisos puede ser largo.

- High wellhead pressures likely based on subsurface conditions and geologic formations of the target injection zone.
- Geochemical subsurface reactions. Adverse fluid-rock interactions may result in mineral precipitation and alteration that can clog pores and reduce system capacity.
- Regulatory and local resident opinion of deep well injection and its potential environmental impacts.
- The potential for an increase in seismic activity due to deep well injection of the brine.

Due to the challenges described above and the scale of the proposed desalination facilities and associated volume of brine generation, deep well injection is not recommended as a brine management option for a desalination facility located along the coast. However, for inland desalination opportunities, deep well injection will be considered.

### Recommended Brine Management Options

Based on the evaluation presented in the sections above, ocean discharge via offshore outfall with diffusers is recommended for seawater desalination opportunities where the desalination

- Gran cantidad de pozos requeridos para el tamaño propuesto de las instalaciones de desalinización.
- Alta carga hidraulica del pozo debido a las condiciones del subsuelo y las formaciones geológicas de la zona de inyección objetivo.
- Reacciones geoquímicas subsuperficiales. Las interacciones adversas fluido-roca pueden dar como resultado una precipitación y alteración mineral que puede obstruir los poros y reducir la capacidad del sistema.
- Opinión de residentes locales y regulatorios sobre la inyección en pozos profundos y sus posibles impactos ambientales.
- El potencial de un aumento en la actividad sísmica debido a la inyección profunda de la salmuera.

Debido a los desafíos descritos anteriormente y la escala de las instalaciones de desalinización propuestas y el volumen asociado de generación de salmuera, no se recomienda la inyección en pozos profundos como una opción de gestión de salmuera para una instalación de desalinización ubicada a lo largo de la costa. Sin embargo, para oportunidades de desalinización tierra adentro, se considerará la inyección en pozos profundos.

### Opciones Recomendadas de Gestión de Salmuera

Basándose en la evaluación presentada en las secciones anteriores, se recomienda la descarga oceánica a través de emisores marinos con difusores para las oportunidades de desalinización de agua de mar donde la instalación de

facility is located along the coast of the Sea of Cortez for the following reasons:

- Evaporation ponds are not scalable to the size of desalination opportunity considered for this study, and are cost intensive.
- Near-shore ocean outfall does not provide adequate mixing capacity to ensure protection of the unique ecological nature of the Sea of Cortez.
- Offshore outfall with diffusers can be constructed in deep waters to allow for comprehensive mixing of brine and seawater in order to minimize potential environmental impacts.
- Deep well injection is expensive and subject to the availability of an adequate receiving aquifer below water supplies groundwater sources.

While more expensive than ocean discharge and dispersion, deep well injection is the recommended brine management option for desalination opportunities where the desalination facilities are located inland, as the cost associated with conveying brine back to the sea makes ocean discharge and dispersion not economically feasible.

desalinización se encuentra a lo largo de la costa del Mar de Cortés por los siguientes motivos:

- Los estanques de evaporación no son escalables al tamaño de la oportunidad de desalinización considerada para este estudio, y son costosos.
- El emisor marino cercano a la costa no proporciona una capacidad de mezcla adecuada para garantizar la protección de la naturaleza ecológica única del Mar de Cortés.
- El emisor submarino con difusores se puede construir en aguas profundas para permitir una mezcla completa de salmuera y agua de mar a fin de minimizar los posibles impactos ambientales.
- La inyección en pozos profundos es costosa y está sujeta a la disponibilidad de un acuífero receptor adecuado debajo de las fuentes de agua subterránea.

Si bien es más costosa que la descarga y dispersión en el océano, la inyección de pozo profundo es la opción recomendada para la gestión de la salmuera para las oportunidades de desalinización donde las instalaciones de desalinización están ubicadas tierra adentro, ya que el costo asociado con el transporte de salmuera al mar hace que la descarga y la dispersión del océano no sean económicamente factibles.

## Emerging Technologies

Three emerging technologies warrant investigation as part of this study. These include:

- Enhanced recovery
- Zero liquid discharge
- Seawater pumped-storage

Enhanced recovery and zero liquid discharge are additional processes that can be utilized to further concentrate brine. Enhanced recovery results in a smaller volume of disposal fluid that can be combined with another disposal option. Zero liquid discharge produces a solid byproduct that can be sold for industrial use.

Seawater pumped-storage is a power generation technology that can be co-located with a seawater desalination facility, assuming the appropriate site conditions, geology, and geography are present. Seawater pump storage can be used in combination with solar energy to offset the energy challenges associated with renewable resources. In particular, the availability of solar energy during daylight hours may not be adequate to meet peak energy demands. Furthermore, energy demands in the evening cannot be satisfied with solar power alone.

All of the emerging technologies described herein are limited to some degree by resource availability (e.g., arid land, energy availability, geography, etc.). The following describes these technologies in additional detail.

## Tecnologías Emergentes

Tres tecnologías emergentes merecen una investigación como parte de este estudio. Éstos incluyen:

- Recuperación mejorada
- Descarga cero líquido
- Almacenamiento de agua de mar por bombeo

La recuperación mejorada y la descarga cero líquido son procesos adicionales que pueden utilizarse para concentrar aún más la salmuera. La recuperación mejorada da como resultado un volumen más pequeño de líquido de desecho que se puede combinar con otra opción de desecho. La descarga cero líquido produce un subproducto sólido que puede venderse para uso industrial.

El almacenamiento de agua de mar por bombeo es una tecnología de generación de energía que se puede ubicar junto con una instalación de desalinización de agua de mar, suponiendo que las condiciones, la geología y la geografía del sitio estén presentes. El almacenamiento de agua de mar por bombeo se puede utilizar en combinación con la energía solar para compensar los desafíos energéticos asociados con los recursos renovables. En particular, la disponibilidad de energía solar durante el día puede no ser adecuada para satisfacer las demandas de energía pico. Además, las demandas de energía en la noche no se pueden satisfacer con la energía solar solamente.

Todas las tecnologías emergentes descritas en este documento están limitadas en cierta medida por la disponibilidad de recursos (por ejemplo, tierras áridas, disponibilidad de energía, geografía,

## Enhanced Recovery

Enhanced evaporation is typically achieved by utilizing convective (wind-aided intensified evaporators) or electric methods (ohmic evaporator) to increase evaporation rates. Enhanced evaporation ponds increase the evaporation of brine by 15 to 20 times compared to conventional evaporation ponds. This represents a possible viable option if used in concert with upstream brine minimization. Similar to conventional evaporation ponds, these technologies are land-intensive, require arid locations, and have the potential for groundwater pollution through imperfect pond lining. Additionally, successful wind-aided intensified evaporators implementation requires locations with high wind dryness.

Based on discussions with the equipment supplier (Lescico), at above 20-30% salt concentration in the brine, the reduced vapor pressure reduces evaporation rates considerably and the maintenance required to clean the vertical plates to remove salt deposits can be labor intensive. At the time of this report, a new generation wind-aided intensified evaporators process is under development to increase the allowable influent salt concentrations through the use of specially-developed hydrophilic plastic geotextiles to construct the vertical evaporators. Lescico is working with the Maricopa County Air Quality Department to obtain an air quality permit for a commercial wind-aided intensified evaporators pilot system in Chandler, Arizona.

etc.). A continuación se describen estas tecnologías en detalle adicional.

## Recuperación Mejorada

La evaporación mejorada se logra típicamente utilizando métodos convectivos (evaporadores intensificados asistidos por el viento) o eléctricos (evaporador óhmico) para aumentar las tasas de evaporación. Las lagunas de evaporación mejoradas aumentan la evaporación de salmuera de 15 a 20 veces en comparación con las lagunas de evaporación convencionales. Esto representa una posible opción viable si se usa en conjunto con la minimización de salmuera corriente arriba. Al igual que las lagunas de evaporación convencionales, estas tecnologías son intensivas en el terreno, requieren ubicaciones áridas y tienen el potencial de contaminación de las aguas subterráneas a través del revestimiento imperfecto del estanque. Además, la implementación exitosa de evaporadores intensificados asistidos por el viento requiere ubicaciones con una alta sequedad del viento.

En base a conversaciones con el proveedor del equipo (Lescico), a una concentración de sal por encima del 20-30% en la salmuera, la presión reducida de vapor reduce considerablemente las tasas de evaporación y el mantenimiento requerido para limpiar las placas verticales para eliminar los depósitos de sal puede requerir mucha mano de obra. Al momento de este informe, se está desarrollando un proceso de evaporación intensificada asistida por viento de nueva generación para aumentar las concentraciones permisibles de sal influente mediante el uso de

Enhanced recovery is not considered viable for further consideration in this study based on the preliminary stage of development of the technology and the size of the desalination facilities proposed.

### Zero-Liquid Discharge

There have been various attempts to extract beneficial products from seawater brine. While sodium chloride can be extracted through evaporation ponds as has been done for centuries, extraction of other minerals is expensive. They require selective processes such as electrodialysis, membrane distillation, sorption/desorption processes.

Brine crystallizers promote salt crystallization through evaporation (evaporative crystallization) or freezing (eutectic freeze crystallization). For a typical brine crystallizer, the energy consumption is about 21 kWh for every cubic meter of concentrate to be precipitated. Hence, it is a highly expensive option of concentrate disposal. Typically, these processes can treat the concentrate only to a certain level (typically up to salinity of 250,000 ppm), before the chloride concentration in the seawater prevents further treatment due to high corrosivity. The water can then be further treated by evaporation ponds. Given

geotextiles de plástico hidrofílicos especialmente desarrollados para construir los evaporadores verticales. Lescico está trabajando con el Departamento de Calidad del Aire del Condado de Maricopa para obtener un permiso de calidad del aire para un sistema piloto comercial de evaporadores intensificados asistidos por el viento en Chandler, Arizona.

La recuperación mejorada no se considera viable para una mayor consideración en este estudio en base a la etapa preliminar de desarrollo de la tecnología y el tamaño de las instalaciones de desalinización propuestas.

### Descarga Cero Líquidos

Ha habido varios intentos de extraer productos beneficiosos de salmuera de agua de mar. Si bien el cloruro de sodio se puede extraer a través de lagunas de evaporación, como se ha hecho durante siglos, la extracción de otros minerales es costosa. Requieren procesos selectivos como electrodiálisis, destilación de membrana, procesos de sorción/desorción.

Los cristalizadores de salmuera promueven la cristalización de la sal por evaporación (cristalización por evaporación) o por congelación (cristalización por congelación eutéctica). Para un cristalizador de salmuera típico, el consumo de energía es de aproximadamente 21 kWh/m<sup>3</sup> por cada metro cúbico de concentrado que se precipitará. Por lo tanto, es una opción muy costosa de eliminación de concentrado. Típicamente, estos procesos pueden tratar el concentrado solo a cierto nivel (generalmente hasta una salinidad de 250,000 ppm), antes de que la concentración de cloruro en el agua de mar impida un



the high salinity of the seawater desalination brine and the scale of the proposed desalination facilities, the zero liquid discharge process is not considered viable.

### Seawater Pumped-Storage

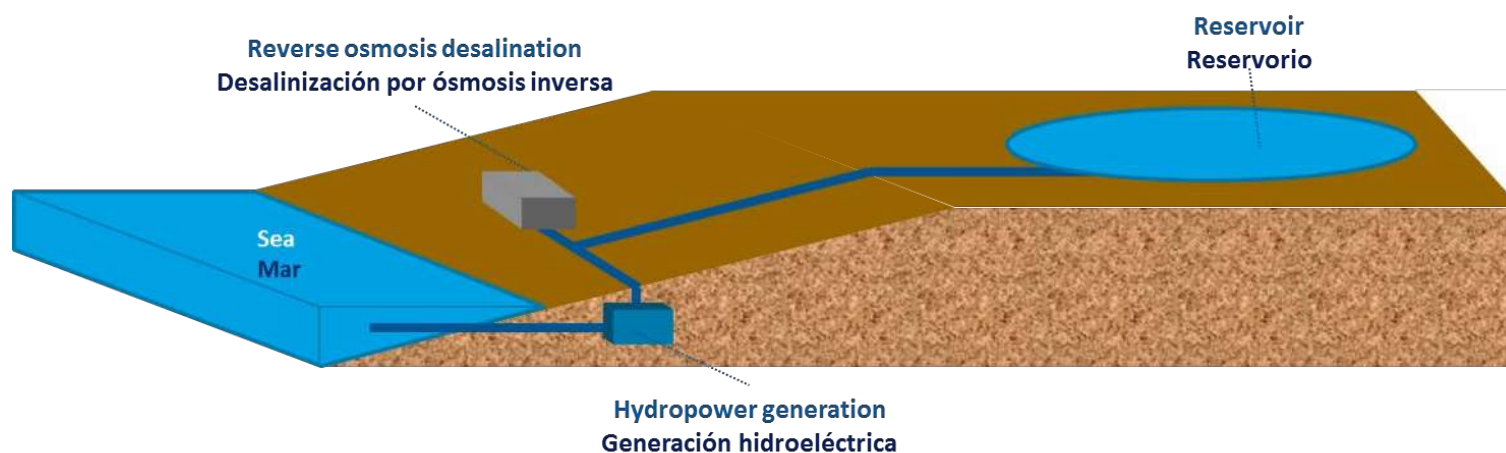
As shown in Figure 18, the concept of seawater pumped-storage involves the use of low-cost energy (often using solar or wind power) to pump seawater up to an elevated storage reservoir during off-peak hours. During peak energy consumption hours, when energy rates are higher, seawater is released from the elevated storage reservoir back to sea level, generating hydropower that can be sold to the power grid at a high margin. By lifting the seawater during off-peak times, the energy cost to run the pumps can be offset by the more profitable generation of hydropower during peak times. In addition, by timing the pumping/release cycle properly, the stored water can be used to generate additional power when solar is either unable to meet peak demands or not available due to lack of sunlight. Effectively, the stored seawater acts as a natural battery in which the energy is stored (pumped up to higher elevation) when low-cost and abundant sunlight is available, and energy is recovered/generated during peak times when sunlight cannot meet the higher demands.

tratamiento adicional debido a la alta corrosividad. El agua puede luego ser tratada por lagunas de evaporación. Dada la alta salinidad de la salmuera de desalinización de agua de mar y la escala de las instalaciones de desalinización propuestas, el proceso de descarga cero líquido no se considera viable.

### Almacenaje de Agua de Mar por Bombeo

Como se muestra en la Figura 18, el concepto de almacenamiento de agua de mar por bombeo implica el uso de energía de bajo costo (a menudo con energía solar o eólica) para bombear el agua de mar hasta un depósito de almacenamiento elevado durante las horas de menor actividad. Durante las horas pico de consumo de energía, cuando las tasas de energía son más altas, el agua de mar se libera desde el depósito de almacenamiento elevado hasta el nivel del mar, generando energía hidroeléctrica que se puede vender a la red eléctrica con un alto margen. Al elevar el agua de mar durante las horas de menor actividad, el costo de energía para hacer funcionar las bombas se puede compensar con la generación más rentable de energía hidroeléctrica durante las horas pico. Además, al cronometrar adecuadamente el ciclo de bombeo / liberación, el agua almacenada se puede usar para generar energía adicional cuando la energía solar no puede satisfacer las demandas máximas o no está disponible debido a la falta de luz solar. Efectivamente, el agua de mar almacenada actúa como una batería natural en la que se almacena la energía (bombeada hasta una elevación más alta) cuando hay disponibilidad de luz solar abundante y de bajo

costo, y la energía se recupera / genera durante las horas pico cuando la luz solar no puede satisfacer las demandas más altas.



**Figure/Figura 18** Schematic of a potential pumped-storage concept  
Esquema del concepto de almacenamiento de la bomba

The size of the elevated storage reservoir is dependent on a number of factors, including the local climate throughout the year and the operational scheme associated with the power generation facility. The elevated storage area for a pumped storage concept near the study area is estimated to be approximately 20,000 AF to produce 45 mgd of desalinated water (Oceanus, 2019).

There are significant advantages of adding the seawater pump-storage concept to a seawater reverse osmosis plant. A single seawater intake pipeline can be used to feed the desalination

El tamaño del depósito de almacenamiento elevado depende de una serie de factores, incluyendo el clima local durante todo el año y el esquema de operación asociado con la instalación de generación de energía. El área de almacenamiento elevado para un concepto de almacenamiento por bombeo cerca del área de estudio se estima en aproximadamente 24.7 Mm<sup>3</sup> para producir 2 m<sup>3</sup>/s de agua desalinizada (Oceanus, 2019).

Hay ventajas significativas de agregar el concepto de almacenamiento de agua de mar por bombeo a una planta de ósmosis inversa de agua de mar. Se puede utilizar una sola tubería

plant and lift and release the seawater between sea level and the elevated storage reservoir, thereby eliminating the need for separate intake structures. In doing so, the desalination facility can use either the energy from the lift station pumps or the hydrostatic energy generated from the release of the seawater to create the necessary pressure against the reverse osmosis membranes. Additionally, the brine concentrate from the desalination plant can be blended into the released seawater stream from the power generation to assist in diluting the concentrate prior to ocean discharge.

However, as mentioned earlier, the site configuration for both the desalination facility and the seawater pumped-storage power plant must be appropriate for this application. First, the geography of the area needs to provide a suitable site for both the desalination plant and the hydropower plant along the coastline, while still providing significant elevation gain (as much as 1,000 feet) within a few miles of the coastline. In addition, seawater pumped-storage requires a large-scale storage reservoir located at the higher elevation, so the geography and geology of the area must be configured in a way to allow for a lined off-channel reservoir to be constructed. Even though this structure will be lined to prevent seawater from affecting native groundwater, habitat, and species, it is beneficial if the geology provides additional protections to seepage and leaking. Finally, the geology of the elevated area must be suitable for installation of a dam to create the large-scale off-channel reservoir.

The feasibility of incorporating seawater pumped-storage will be considered for all of the potential opportunities identified in this

de toma de agua de mar para alimentar la planta de desalinización y elevar y liberar el agua de mar entre el nivel del mar y el depósito de almacenamiento elevado, eliminando así la necesidad de estructuras de toma separadas. Al hacerlo, la instalación de desalinización puede utilizar la energía de las estaciones de bombeo o la energía hidrostática generada por la liberación del agua de mar para crear la presión necesaria contra las membranas de ósmosis inversa. Además, el concentrado de salmuera de la planta de desalinización se puede mezclar con la corriente de agua de mar liberada de la generación de energía para ayudar a diluir el concentrado antes de la descarga del océano.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la configuración del sitio para la instalación de desalinización y la planta de energía de almacenamiento de agua de mar por bombeo debe ser apropiada para esta aplicación. En primer lugar, la geografía del área debe proporcionar un sitio adecuado tanto para la planta de desalinización como para la central hidroeléctrica a lo largo de la costa, a la vez que proporciona una ganancia de elevación significativa (hasta 300 metros) a unos pocos kilómetros de la costa. Además, el almacenamiento por bombeo de agua de mar requiere un reservorio de almacenamiento a gran escala ubicado en la elevación más alta, por lo que la geografía y la geología del área deben configurarse de manera que permitan la construcción de un reservorio revestido fuera del canal. Aunque esta estructura se alineará para evitar que el agua de mar afecte el agua subterránea, el hábitat y las especies nativas, es beneficioso si la geología proporciona protecciones adicionales para la filtración y la filtración. Finalmente, la geología del área elevada

study in which the local geology and geography meet the requirements of the pumped storage concept.

## Recommendations

Based on the information presented in this technical memorandum, it is recommended that the following concepts be carried forward in the development of potential desalination opportunities:

- Desalination technologies:
  - Seawater reverse osmosis
  - For desalination opportunities co-located with an existing power plant, thermal desalination (multiple effect distillation or multi-stage flash distillation) may be considered
- Brine management options:
  - Ocean discharge and dispersion was recommended for opportunities where desalination facilities are located along the coast of the Sea of Cortez
  - Deep well injection was determined to be an appropriate technology for inland desalination facilities. However, no inland opportunities were

debe ser adecuada para la instalación de una presa para crear el depósito a gran escala fuera del canal.

Se considerará la posibilidad de incorporar el almacenamiento por bombeo de agua de mar para todas las oportunidades potenciales identificadas en este estudio, en las cuales la geología local y la geografía cumplan con los requisitos del concepto de almacenamiento por bombeo.

## Recomendaciones

Sobre la base de la información presentada en este memorándum técnico, se recomienda llevar adelante los siguientes conceptos en el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización:

- Tecnologías de desalinización:
  - Osmosis inversa de agua marina
  - Para las oportunidades de desalinización ubicadas en una planta de energía existente, se puede considerar la desalinización térmica (destilación de efectos múltiples o destilación flash multietapa)
- Opciones para el manejo de la salmuera:
  - La descarga y dispersión en el océano se recomendó para las oportunidades donde las instalaciones de desalinización se encuentran a lo largo de la costa del Mar de Cortés
  - Se determinó que la inyección en pozos profundos es una tecnología apropiada para instalaciones de

carried forward in the evaluation as documented within TM3.

- The feasibility of incorporating seawater pumped-storage was considered for the potential opportunities identified in this study when appropriate site conditions exist.

desalinización tierra adentro. Sin embargo, oportunidades tierra adentro no se llevaron a cabo en la evaluación como se documenta en el TM3.

- La posibilidad de incorporar el almacenamiento de agua de mar por bombeo se consideró para las oportunidades potenciales identificadas en este estudio, cuando existan las condiciones del sitio apropiadas.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM3: Identification of Potential  
Desalination Opportunities

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM3: Identificación de  
Oportunidades Potenciales de  
Desalinización

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Executive Summary

This technical memorandum (TM3) documents the results of the identification and development of potential desalination opportunities located along the Sonoran coast of the Sea of Cortez in Mexico generally between Puerto Peñasco and Puerto Libertad. The following information was developed for each potential opportunity, where applicable:

- End user water quality considerations
- Land availability, including the identification of communal lands, potential easements, and the ability for future expansion
- Power availability and the opportunity to utilize alternative energy sources such as solar
- Delivery locations and conveyance mechanisms, including installation restrictions
- Potential environmental impacts to land and marine flora and fauna, particularly to sensitive species and areas
- Potential social and economic impacts to industries such as fisheries and tourism
- Intake/outfall options and marine life impacts
- Brine disposal and/or elimination options
- Local, regional, state, and federal permitting requirements
- Capital, operational and maintenance, and life cycle costs

## Resumen Ejecutivo

Este memorándum técnico (TM3) documenta los resultados de la identificación y el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización ubicadas a lo largo de la costa de Sonora en el Mar de Cortés en México, generalmente entre Puerto Peñasco y Puerto Libertad. La siguiente información se desarrolló para cada oportunidad potencial, donde corresponda:

- Consideraciones sobre la calidad del agua del usuario final
- Disponibilidad de tierras, incluida la identificación de tierras comunales, posibles servidumbres y la capacidad de desarrollo en un futuro
- Disponibilidad de energía y la oportunidad de utilizar fuentes de energía alternas, como la solar
- Ubicaciones de puntos de entrega y mecanismos de transporte, incluyendo las restricciones de su instalación
- Posibles impactos ambientales para la flora y fauna terrestres y marinas, en particular para las especies y áreas sensibles
- Posibles impactos sociales y económicos en industrias como la pesca y el turismo
- Opciones de captación/descarga e impactos en la vida marina
- Opciones de disposición y/o eliminación de salmuera
- Requisitos de permisos locales, regionales, estatales y federales
- Costos de capital, operativos y de mantenimiento, y de ciclo de vida

- Constructability considerations (e.g. workforce and material availability, site access, schedule constraints)
- Official opinion of Mexico's National Institute of Anthropology and History

Conceptual engineering was conducted to define the preliminary sizing, alignment and location of the marine works, desalination plant, conveyance system(s), and power transmission requirements. Information presented in the technical memorandum will be used to perform a comparative analysis of opportunities. This analysis, as well as recommendations moving forward, will be documented in a subsequent technical memorandum.

### Identification of Potential Desalination Opportunities

Identification of potential desalination opportunities began with the consultant team performing a high level desktop evaluation of potential desalination plant sites, desalination technologies, and water delivery locations using readily available data and information. Using the information developed by the consultant team and an interactive process, the Desalination Work Group members selected five desalination opportunities for evaluation through this study. The desalination opportunities presented herein are shown on Figure 1 and are defined as the following:

- **Opportunity 1** – Reverse osmosis desalination facility located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to the Northerly International Boundary (Morelos Dam) for exchange.

- Consideraciones de capacidad de construcción (por ejemplo, mano de obra y disponibilidad de material, acceso al sitio, restricciones en la planificación)
- Opinión oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México

La ingeniería conceptual se llevó a cabo para definir el dimensionamiento preliminar, la alineación y la ubicación de las obras marinas, la planta de desalinización, los sistemas de transporte y los requisitos de transmisión eléctrica. La información presentada en el memorándum técnico se utilizará para realizar un análisis comparativo de oportunidades. Este análisis, así como las recomendaciones a seguir, se documentarán en un memorándum técnico posterior.

### Identificación de Oportunidades Potenciales de Desalinización

La identificación de oportunidades potenciales de desalinización comenzó cuando el equipo de consultores realizó una evaluación de gabinete de alto nivel de los sitios potenciales para plantas de desalinización, tecnologías de desalinización, y ubicaciones de suministro de agua utilizando datos e información disponibles. En base a la información desarrollada por el equipo de consultores y un proceso interactivo, los miembros del Grupo de Trabajo de Desalinización seleccionaron cinco oportunidades de desalinización para evaluar a través de este estudio. Las oportunidades de desalinización presentadas en este documento se muestran en la Figura 1 y se definen de la siguiente manera:

- **Oportunidad 1** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera,



- **Opportunity 2** – Reverse osmosis desalination facility co-located with a pumped storage hydropower facility south of Puerto Libertad, utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 3** – Reverse osmosis desalination facility located near Playa Encanto utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 4** – Thermal distillation facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 5** – Reverse osmosis desalination facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

During the identification process, the consultant team offered the following additional recommendations, which were agreed to by the Work Group members:

- All potential opportunities be evaluated for a plant capacity size of 100,000 acre feet per year (AFY). This will allow for a consistent comparison of the opportunities.
- It was noted that the maximum size of any opportunity (or combination of opportunities) is 200,000 AFY. As such,

con entrega del agua tratada en la Presa de Morelos para su intercambio.

- **Oportunidad 2** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada junto a una instalación de energía hidroeléctrica por bombeo hidráulico al sur de Puerto Libertad, que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa de Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 3** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada cerca de Playa Encanto que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada a la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 4** – Planta de destilación térmica ubicada en conjunto con la planta de energía de Puerto Libertad utilizando la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 5** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada en conjunto con la planta de energía de Puerto Libertad utilizando la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa de Morelos para su intercambio.

Durante el proceso de identificación, el equipo de consultores ofreció las siguientes recomendaciones adicionales, que fueron acordadas por los miembros del Grupo de Trabajo:

conveyance facilities for treated water should be sized as appropriate to deliver 200,000 AFY.

- A treated water total dissolved solids concentration of 500 milligrams per liter (mg/L) be utilized for all of the evaluated opportunities, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

- Todas las oportunidades potenciales se evaluarán para un tamaño de capacidad de la planta desalinizadora de 3.9 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ). Esto permitirá una comparación consistente de las oportunidades.
- Se observó que el tamaño máximo de cualquier oportunidad (o combinación de oportunidades) es de  $7.8 m^3/s$ . Como tales, las instalaciones de transporte para el agua tratada deben dimensionarse según corresponda para entregar  $7.8 m^3/s$ .
- Se utilizará una concentración de sólidos disueltos totales de agua tratada de 500 miligramos por litro (mg/L) para todas las oportunidades evaluadas, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con el agua nativa del Río Colorado.



Figure 1/Figura 1

**General desalination opportunity locations selected for study**

**Lugares generales para la oportunidad de desalinización seleccionados para el estudio**

**Notes:** Project development may occur within Marine Priority Sites.

There are some sensitive environmental regions in the United States not presented on the figure.

**Notas:** Desarrollo de los proyectos puede ocurrir dentro de los Sitios Prioritarios Marinos.

Hay algunas regiones ambientalmente sensibles en los Estados Unidos no mostradas en la figura.

## Development of Potential Desalination Opportunities

The following information was developed for each of the opportunities, as available and appropriate:

- Land use mapping of the general location, including identification of communal land.
- Marine works conceptual design, including both plan and profile figures of the intakes and outfalls. These components were designed in accordance with the criteria from the draft Mexican regulation *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters*. Brine dispersion modeling was completed and documented in a separate technical memorandum (TM4), but the results are summarized in this TM3 as well.
- Desalination facilities conceptual design, including conceptual site layouts, process flow schematics, hydraulic profiles, and chemical use estimates.
- Treated water conveyance conceptual design, including potential alignments and hydraulic profiles identifying required pump stations and break tanks.
- Analysis of power availability to serve the proposed desalination and conveyance facilities and proposed alignments of new power transmission facilities.

## Desarrollo de Oportunidades Potenciales de Desalinización

La siguiente información se desarrolló para cada una de las oportunidades, según su disponibilidad y si es apropiada:

- Mapeo del uso del suelo de la ubicación general, incluida la identificación de ejidos.
- Diseño conceptual de obras marinas, que incluye figuras con vista de planta y perfil de la toma de entradas y descarga. Estos componentes fueron diseñados de acuerdo con los criterios del proyecto de norma mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en las plantas o procesos de desalinización que generan solución salina o salmuera aguas de rechazo*. El modelado de dispersión de salmuera se completó y documentó en un memorando técnico separado (TM4), pero los resultados también se resumen en este TM3.
- Diseño conceptual de instalaciones de desalinización, incluyendo la disposición conceptual de los sitios, diagramas de flujo del proceso, perfiles hidráulicos, y estimaciones de uso de productos químicos.
- Diseño conceptual de la línea de transporte de agua tratada, que incluye alineamientos potenciales y perfiles hidráulicos que identifican las estaciones de bombeo y tanques de cambio de régimen requeridos.
- Análisis de la disponibilidad de energía para atender las instalaciones de desalinización y conducción propuestas, así

- Analysis of the federal, state, and municipal permitting and regulatory considerations, as well as identification of the timing of such considerations.
- Analysis of environmental considerations, including the identification of conservation areas, sensitive species, potential construction impacts, and potential environmental impacts along with possible mitigation strategies.
- Analysis of socio-economic considerations, including population trends, identification of indigenous communities and nearby archaeological sites, local economic activities, marginalization and poverty. Potential socio-economic impacts were also identified, including job creation estimates and the impact on water resiliency.
- Constructability considerations.
- Capital and operation and maintenance costs. Costs were broken down by the major areas associated with the opportunity. The estimate was prepared at a Class 4 level as described in the American Association of Cost Engineers International's "Recommended Practice 18R-97, Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries." A Class 4 cost estimate has an accuracy range of -15% to -30% on the low end and +20% to +50% on the high end.

como las alineaciones propuestas de las nuevas instalaciones de transmisión de energía.

- Análisis de los permisos federales, estatales y municipales y las consideraciones regulatorias, así como la identificación del momento de tales consideraciones.
- Análisis de consideraciones ambientales, incluida la identificación de áreas de conservación, especies sensibles, posibles impactos en la construcción y posibles impactos ambientales junto con posibles estrategias de mitigación.
- Análisis de consideraciones socioeconómicas, incluidas las tendencias de la población, identificación de comunidades indígenas y sitios arqueológicos cercanos, actividades económicas locales, marginación y pobreza. También se identificaron posibles impactos socioeconómicos, incluidas las estimaciones de creación de empleo y el impacto sobre la resiliencia al agua.
- Consideraciones de constructibilidad.
- Capital, costos de operación y mantenimiento. Los costos se desglosaron por las principales áreas asociadas con la oportunidad. La estimación se preparó en un nivel de Clase 4 como se describe en la "Práctica recomendada 18R-97 de la Asociación Americana de Ingenieros de Costos Internacional, Sistema de Clasificación de Estimación de Costos - Aplicado en Ingeniería, Adquisiciones y Construcción para las Industrias de Procesos". Un costo de Clase 4 la estimación

During the development of information, it was determined that construction of the required marine works for Opportunity 3 was infeasible. Therefore, this opportunity was set aside from further development.

Opportunity 4 was developed as much as possible. Unfortunately, at the time of this report, fundamental information about the power plant was not made available. Therefore, the thermal desalination facility could not be conceptually designed and other aspects such as power availability and costs could not be developed/evaluated. Once this technical information is provided an addendum will be added to this report accounting for the design and cost of the thermal desalination facility.

### Conclusions

Capital and operation and maintenance costs for Opportunities 1, 2 and 5 are summarized in Tables 1 and 2. Two treated water conveyance alternatives were developed for Opportunity 2; upsizing the conveyance pipeline at Jagüey (Opportunity 1), and upsizing the conveyance pipeline at Puerto Libertad. It is important to note that the costs shown in Tables 1 and 2 assume treatment facilities sized to produce 100,000 AFY of treated water and treated water conveyance facilities sized to deliver 200,000 AFY to Morelos Dam.

tiene un rango de precisión de -15% a -30% en el extremo inferior y + 20% a + 50% en el extremo superior.

Durante el desarrollo de la información, se determinó que la construcción de las obras marinas requeridos para la Oportunidad 3 no era factible. Por lo tanto, esta oportunidad se dejó de lado para un mayor desarrollo.

La Oportunidad 4 se desarrolló lo más amplio posible. Desafortunadamente, en el momento de este informe, la información fundamental sobre la planta de energía no estaba disponible. Por lo tanto, la instalación de desalinización térmica no se pudo diseñar conceptualmente y otros aspectos como la disponibilidad de energía y los costos no se pudieron desarrollar/evaluar. Una vez que se proporcione esta información técnica, se agregará un anexo a este informe que tendrá en cuenta el diseño y el costo de la instalación de desalinización térmica.

### Conclusiones

Los costos de capital, operación y mantenimiento para las Oportunidades 1, 2 y 5 se resumen en las Tablas 1 y 2. Se desarrollaron dos alternativas de conducción de agua tratada para la Oportunidad 2; aumentar el tamaño de la tubería de conducción en Jagüey (Oportunidad 1), y aumentar el tamaño de la tubería de conducción en Puerto Libertad. Es importante tener en cuenta que los costos que se muestran en las Tablas 1 y 2 suponen instalaciones de tratamiento dimensionadas para producir 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua tratada e instalaciones de conducción de agua tratada dimensionadas para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s a la Presa Morelos.

**Table/Tabla 1 Capital cost summary for each opportunity**  
**Resumen del capital de costo para cada oportunidad**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Jagüey) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Jagüey)	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Puerto Libertad) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Puerto Libertad)	OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5
	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>
Marine Works Obras Marinas	\$376,529,834 (\$7,235,397,291)	\$73,183,826 (\$1,406,300,392)	\$73,183,826 (\$1,406,300,392)	\$113,049,444 (\$2,172,358,113)
Reservoir Embalse <sup>2</sup>	\$0 (\$0)	\$67,637,246 (\$1,299,717,313)	\$67,637,246 (\$1,299,717,313)	\$0 (\$0)
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	\$684,589,262 (\$13,155,067,262)	\$700,095,077 (\$13,453,026,999)	\$700,095,077 (\$13,453,026,999)	\$684,589,262 (\$13,155,067,262)
Brine Storage System Sistema de Almacenamiento de Salmuera	\$0 (\$0)	\$126,590,644 (\$2,432,565,818)	\$126,590,644 (\$2,432,565,818)	\$0 (\$0)
Conveyance System – Pipeline Sistema de Conducción - Tubería	\$993,069,591 (\$19,082,825,265)	\$1,256,017,281 (\$24,135,628,076)	\$1,303,385,871 (\$25,045,862,902)	\$1,207,884,484 (\$23,210,708,240)
Conveyance System – Pump Station Sistema de Conducción – Estación de Bombeo	\$302,500,889 (\$5,812,857,081)	\$583,349,869 (\$11,209,651,084)	\$674,284,371 (\$12,957,048,477)	\$485,386,145 (\$9,327,180,153)
High Voltage System – Treatment Sistema de Alta Tensión – Tratamiento	\$42,848,801 (\$823,382,560)	\$34,284,759 (\$658,815,929)	\$34,284,759 (\$658,815,929)	\$33,380,552 (\$641,440,687)
High Voltage System – Conveyance Sistema de Alta Tensión - Conducción	\$127,863,553 (\$2,457,026,034)	\$143,356,478 (\$2,754,738,081)	\$143,356,478 (\$2,754,738,081)	\$129,451,410 (\$2,487,538,295)
Owners Cost Costo de los Propietarios	Excluded (Excluido)	Excluded (Excluido)	Excluded (Excluido)	Excluded (Excluido)
<b>Direct + Indirect Directo + Indirecto</b>	<b>\$2,527,401,930 (\$48,566,555,493)</b>	<b>\$2,984,515,180 (\$57,350,443,692)</b>	<b>\$3,122,818,272 (\$60,008,075,911)</b>	<b>\$2,653,741,297 (\$50,994,292,750)</b>

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Jagüey) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Jagüey)	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Puerto Libertad) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Puerto Libertad)	OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5
	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>
Escalation Escalamiento	Excluded (Excluido)	Excluded (Excluido)	Excluded (Excluido)	Excluded (Excluido)
Contingency Contingencia	\$505,480,386 (\$9,713,311,099)	\$596,903,036 (\$11,470,088,737)	\$624,563,654 (\$12,001,615,182)	\$530,748,259 (\$10,198,858,550)
<b>Total Cost Costo Total</b>	\$3,032,882,316 (\$58,279,866,592)	\$3,581,418,216 (\$68,820,532,429)	\$3,747,381,926 (\$72,009,691,093)	\$3,184,489,556 (\$61,193,151,300)

<sup>1</sup> An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate. / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

<sup>2</sup> Cost shown for these components are one-third of the total cost (Opportunity 2 only). / El costo que se muestra para estos componentes es un tercio del costo total (solamente Oportunidad 2).



**Table/Tabla 2 Total anual operational and maintenance costs for each opportunity**  
**Costos anuales de operación y mantenimiento para cada oportunidad**

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO DE ARTÍCULO DURANTE LA OPERACIÓN ANUAL	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Jagüey) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Jagüey)	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Puerto Libertad) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Puerto Libertad)	OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5
	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>2</sup>	USD (MXN) <sup>2</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>
Desalination plant energy (including intake pumps) Energía de planta de desalinización (incluyendo bombas de la toma)	\$44,159,000 (\$848,559,000)	\$13,908,000 (\$267,256,000)	\$13,908,000 (\$267,256,000)	\$44,159,000 (\$848,559,000)
Treated water conveyance energy Energía para la conducción de agua tratada	\$24,528,000 (\$471,330,000)	\$24,966,000 (\$479,747,000)	\$31,976,000 (\$614,451,000)	\$42,048,000 (\$807,994,000)
Chemical costs Costos de químicos	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$18,130,000 (\$348,386,000)
Process consumables <sup>3</sup> Consumibles del proceso <sup>3</sup>	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$4,100,000 (\$78,786,000)
Spare parts Partes para repuesto	\$3,423,000 (\$65,776,000)	\$3,500,000 (\$67,256,000)	\$3,500,000 (\$67,256,000)	\$3,423,000 (\$65,776,000)
Labor cost Costo de mano de obra	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$1,282,000 (\$24,631,000)
Maintenance cost Costo de mantenimiento	\$5,306,000 (\$101,960,000)	\$4,357,000 (\$83,724,000)	\$4,357,000 (\$83,724,000)	\$5,306,000 (\$101,960,000)
Miscellaneous Misceláneos	\$350,000 (\$6,726,000)	\$350,000 (\$6,726,000)	\$350,000 (\$6,726,000)	\$350,000 (\$6,726,000)

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO DE ARTÍCULO DURANTE LA OPERACIÓN ANUAL	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Jagüey) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Jagüey)	OPPORTUNITY 2 (conveyance upsized at Puerto Libertad) OPORTUNIDAD 2 (conducción ampliada en Puerto Libertad)	OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5
	USD (MXN) <sup>1</sup>	USD (MXN) <sup>2</sup>	USD (MXN) <sup>2</sup>	USD (MXN) <sup>1</sup>
Contingency	\$505,000	\$513,000	\$513,000	\$505,000
Contingencia	(\$9,704,000)	(\$9,858,000)	(\$9,858,000)	(\$9,704,000)
<b>TOTAL</b>	<b>\$101,783,000</b> <b>(\$1,955,858,000)</b>	<b>\$71,106,000</b> <b>(\$1,366,370,000)</b>	<b>\$78,116,000</b> <b>(\$1,501,074,000)</b>	<b>\$119,303,000</b> <b>(\$2,292,522,000)</b>

<sup>1</sup>Based on average electricity cost of \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh)

<sup>2</sup>Based on average electricity cost of \$0.05 USD/kWh (\$0.96 MXN/kWh) / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh)

<sup>3</sup>Based on the following unit costs: /Basado en los siguientes costos unitarios:

- a. \$600 USD per seawater reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua de mar
- b. \$600 USD per brackish water reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua salobre
- c. \$1.70 USD per gallon anthracite media / \$32.67 MXN por galón de medios de antracita
- d. \$1.33 USD per gallon sand media / \$25.56 MXN por galón de medios de arena
- a. \$12 USD per cartridge filter / \$230.59 MXN por filtro de cartucho

Life cycle unit costs were not developed for the individual opportunities due to the difference in capacities between the desalination and treated water conveyance facilities. Therefore, opportunities were combined in order to present life cycle unit costs based on an overall exchange opportunity of 200,000 AFY.

Three combinations of opportunities could result in an overall exchange opportunity of 200,000 AFY. These combinations consist of two 100,000 AFY desalination facilities and a shared

Los costos unitarios del ciclo de vida no se desarrollaron para las oportunidades individuales debido a la diferencia de capacidades entre las instalaciones de desalinización y de conducción de agua tratada. Por lo tanto, las oportunidades se combinaron para presentar los costos unitarios del ciclo de vida basados en una oportunidad de intercambio general de 7.8 m<sup>3</sup>/s.

Tres combinaciones de oportunidades podrían dar como resultado una oportunidad de intercambio general de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Estas

treated transmission system to deliver treated water to Morelos Dam for exchange. Starting from the southern most opportunity, these combinations include:

- Opportunity 2 (Pitiquito) and Opportunity 5 (Puerto Libertad reverse osmosis)
- Opportunity 2 (Pitiquito) and Opportunity 1 (Jagüey)
- Opportunity 5 (Puerto Libertad reverse osmosis) and Opportunity 1 (Jagüey)

A net present value analysis was performed to determine the unit cost of each combination. The analysis assumed a nominal interest rate of 5%, an inflation rate of 3%, a real interest rate of 1.9%, and 30 years for both the amortization and life cycle periods. The results of this analysis are shown in Table 3.

As discussed previously, these opportunities have not been evaluated comparatively. This will be completed subsequently and the results will be presented in the next technical memorandum, along with recommendations for next steps.

combinaciones consisten en dos instalaciones de desalinización de 3.9 m<sup>3</sup>/s y un sistema de transmisión de agua tratada compartido para entregar el agua a la Presa Morelos para su intercambio. A partir de la oportunidad ubicada más al sur, estas combinaciones incluyen:

- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 5 (ósmosis inversa de Puerto Libertad)
- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 1 (Jagüey)
- Oportunidad 5 (ósmosis inversa de Puerto Libertad) y Oportunidad 1 (Jagüey)

Se realizó un análisis del valor presente neto para determinar el costo de la unidad de cada combinación. El análisis asumió una tasa de interés nominal del 5%, una tasa de inflación del 3%, una tasa de interés real del 1.9%, y 30 años tanto para el período de amortización como para el ciclo de vida. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 3.

Como se mencionó anteriormente, estas oportunidades no han sido evaluadas ni clasificadas. Esto se completará posteriormente con aportes del Grupo de Trabajo de Desalinización y los resultados se presentarán en el próximo memorando técnico, junto con recomendaciones para los próximos pasos.

**Table/Tabla 3 Unit cost evaluation for opportunity combinations**

**Evaluación del costo unitario para combinaciones de oportunidades**

COST COMPONENT	UNIT	OPPORTUNITIES 2 + 5 OPORTUNIDADES 2 + 5	OPPORTUNITIES 2 + 1 OPORTUNIDADES 2 + 1	OPPORTUNITIES 5 + 1 OPORTUNIDADES 5 + 1
Annual amortized capital cost – Treatment Costo anual de capital amortizado – Tratamiento	USD MXN	\$143,072,368 \$2,749,278,623	\$164,379,209 \$3,158,710,880	\$151,048,430 \$2,902,546,631
Annual amortized capital cost – Conveyance Costo anual de capital amortizado - Conducción	USD MXN	\$165,570,998 \$3,181,612,298	\$154,774,821 \$2,974,152,960	\$142,284,821 \$2,734,135,120
<b>Annual amortized capital cost – Total Costo anual de capital amortizado – Total</b>	<b>USD MXN</b>	<b>\$308,643,366 \$5,930,890,921</b>	<b>\$319,154,030 \$6,132,863,840</b>	<b>\$293,333,251 \$5,636,691,751</b>
Annual operational cost (2019) – Treatment Costo operativo anual (2019)– Tratamiento	USD MXN	\$123,395,000 \$2,371,158,320	\$123,395,000 \$2,371,158,320	\$154,510,000 \$2,969,064,160
Annual operational cost (2019) – Conveyance Costo operativo anual (2019) – Conducción	USD MXN	\$31,974,000 \$614,412,384	\$24,996,000 \$480,323,136	\$42,048,000 \$807,994,368
<b>Annual operational cost (2019) – Total Costo operativo anual (2019) – Total</b>	<b>USD MXN</b>	<b>\$155,369,000 \$2,985,570,704</b>	<b>\$148,391,000 \$2,851,481,456</b>	<b>\$196,558,000 \$3,777,058,528</b>
Net present value (2019) – Treatment Valor presente neto (2019) - Tratamiento	USD MXN	\$7,464,950,537 \$143,446,489,519	\$7,945,978,609 \$152,689,924,950	\$8,712,868,067 \$167,426,472,775
Net present value (2019) – Conveyance Valor presente neto (2019) - Conducción	USD MXN	\$4,835,401,212 \$92,917,069,690	\$4,351,147,935 \$83,611,658,719	\$4,655,403,697 \$89,458,237,442
<b>Net present value (2019) – Total Valor presente neto (2019) - Total</b>	<b>USD MXN</b>	<b>\$12,300,351,749 \$236,363,559,209</b>	<b>\$12,297,126,544 \$236,301,583,670</b>	<b>\$13,368,271,764 \$256,884,710,217</b>
<b>Net present value unit cost – Total Costo unitario del valor presente neto - Total</b>	<b>\$USD/AF \$MXN/m<sup>3</sup></b>	<b>\$2,050 \$31.94</b>	<b>\$2,050 \$31.94</b>	<b>\$2,228 \$34.71</b>

Assumes a nominal interest rate of 5%, an inflation rate of 3%, a real interest rate of 1.9%, and 30 years for both the amortization and life cycle periods /  
 Asume una tasa de interés nominal del 5%, una tasa de inflación del 3%, una tasa de interés real del 1.9%, y 30 años tanto para el período de amortización  
 como para el ciclo de vida

An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216  
 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD)

## Introduction and Background

On September 21, 2017, the Commissioners of the International Boundary and Water Commission signed Minute No. 323, “Extension of Cooperative Measures and Adoption of a Binational Water Scarcity Contingency Plan in the Colorado River Basin”. Minute 323 expressed a clear need for continued and additional actions due to the impacts on Colorado River storage resulting from various factors, including meeting system demands, the effects of hydrologic conditions, and increased temperatures. Section IX.B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Binational Desalination Plant at the Sea of Cortez
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent.

Minute 323 noted the need to evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for

## Introducción y Antecedentes

El 21 de septiembre de 2017, los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites y Aguas firmaron el Acta No. 323, “Extensión de medidas cooperativas y adopción de un Plan Binacional de contingencia por escasez de agua en la cuenca del Río Colorado”. El Acta 323 expresó una clara necesidad de acciones continuas y adicionales debido a los impactos en el almacenamiento del Río Colorado como resultado de diversos factores, entre los que se incluyen las demandas del sistema, los efectos de las condiciones hidrológicas y el aumento de las temperaturas. Sección IX.B de Acta 323, “Nuevos proyectos de fuentes de agua”, señala la existencia de oportunidades para proyectos de cooperación conjunta con el potencial de aumentar la distribución o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambas naciones, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta desalinizadora binacional en la costa del Océano Pacífico.
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo.
- Planta desalinizadora binacional en el Mar de Cortés
- Reutilización de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Valle de Mexicali en humedales o restauración ribereña del Río Colorado
- Reutilización en los Estados Unidos del efluente de la planta internacional de tratamiento de aguas residuales de South Bay.

El Acta 323 señaló la necesidad de evaluar todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluido el volumen de agua que se

exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information.

Following adoption of Minute 323, a binational Desalination Work Group was formed to develop a study of water desalination opportunities in the Sea of Cortez, as proposed by the Arizona-Mexico Commission. A scope of work was developed for the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez through the binational Desalination Work Group process and proposals were solicited and evaluated by the Study Management Team, which is a subset of the Desalination Work Group. The Study Management Team selected the engineering consulting team of Black & Veatch and Libra to undertake the study, with oversight of the Minute 323 Desalination Work Group and Minute Oversight Group. The results of this study will be compared to the investigations of the other four new water sources projects identified in Minute 323 once they are completed.

This technical memorandum (TM3) documents the results of the identification and development of potential desalination opportunities located along the Sonoran coast of the Sea of Cortez in Mexico generally between Puerto Peñasco and Puerto Libertad. The following information was developed for each potential opportunity, where applicable:

- End user water quality considerations
- Land availability, including the identification of communal lands, potential easements, and the ability for future expansion

generará, su costo y distribución entre los dos países, su potencial de intercambio y los beneficios que se generarán para ambos gobiernos, entre otras información.

Luego de la ejecución de la Acta 323, se formó un Grupo de Trabajo de Desalinización binacional para estudiar las posibles nuevas fuentes de agua enumeradas anteriormente, incluido el desarrollo de un estudio de oportunidades de desalinización del agua en el Mar de Cortés, según lo propuesto por la Comisión Sonora Arizona. Se desarrolló un alcance de Trabajo para el Estudio Binacional sobre Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés a través del proceso del Grupo de Trabajo de Desalinización y el Equipo de Gestión del Estudio solicitó y evaluó las propuestas, que es un subconjunto del Grupo de Trabajo de Desalinización binacional. El Equipo de Gestión del Estudio seleccionó el equipo de consultoría de ingeniería de Black & Veatch y Libra para realizar el estudio, supervisado por el Grupo Trabajo de Desalinización y de Grupo de Seguimiento del Acta 323. Los resultados de este estudio se compararán con las investigaciones de los otros cuatro nuevos proyectos de fuentes de agua identificados en el Acta 323.

Este memorándum técnico (TM3) documenta los resultados de la identificación y el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización ubicadas a lo largo de la costa de Sonora en el Mar de Cortés en México, generalmente entre Puerto Peñasco y Puerto Libertad. La siguiente información se desarrolló para cada oportunidad potencial, donde corresponda:

- Consideraciones sobre la calidad del agua del usuario final

- Power availability and the opportunity to utilize alternative energy sources such as solar
- Delivery locations and conveyance mechanisms, including installation restrictions
- Potential environmental impacts to land and marine flora and fauna, particularly to sensitive species and areas
- Potential social and economic impacts to industries such as fisheries and tourism
- Intake/outfall options and marine life impacts
- Brine disposal and/or elimination options
- Local, regional, state, and federal permitting requirements
- Capital, operational and maintenance, and life cycle costs
- Constructability considerations (e.g. workforce and material availability, site access, schedule constraints)
- Official opinion of Mexico's National Institute of Anthropology and History

Conceptual engineering was conducted to define the preliminary sizing, alignment and location of the marine works, desalination plant, conveyance system(s), and power transmission requirements. The scope of this task assumed the use of existing information was utilized for this effort. Field investigations were limited to one site visit.

Information presented in the technical memorandum will be used to perform a comparative analysis of alternatives. This analysis, as

- Disponibilidad de tierras, incluida la identificación de tierras comunales, posibles servidumbres y la capacidad de desarrollo en un futuro
- Disponibilidad de energía y la oportunidad de utilizar fuentes de energía alternas, como la solar
- Ubicaciones de puntos de entrega y mecanismos de transporte, incluyendo las restricciones de su instalación
- Posibles impactos ambientales para la flora y fauna terrestres y marinas, en particular para las especies y áreas sensibles
- Posibles impactos sociales y económicos en industrias como la pesca y el turismo
- Opciones de captación/descarga e impactos en la vida marina
- Opciones de disposición y/o eliminación de salmuera
- Requisitos de permisos locales, regionales, estatales y federales
- Costos de capital, operativos y de mantenimiento, y de ciclo de vida
- Consideraciones de capacidad de construcción (por ejemplo, mano de obra y disponibilidad de material, acceso al sitio, restricciones en la planificación)
- Opinión oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México

La ingeniería conceptual se llevó a cabo para definir el dimensionamiento preliminar, la alineación y la ubicación de las obras marinas, la planta de desalinización, los sistemas de transporte y los requisitos de transmisión de energía. El alcance de esta tarea asumió

well as recommendations moving forward, will be documented in a subsequent technical memorandum.

## Identification of Potential Desalination Opportunities

Identification of potential desalination opportunities began with the consultant team performing a high level desktop evaluation of potential desalination plant sites, desalination technologies, and water delivery locations using readily available data and information. Specific information that was utilized included aerial photography, contours, marine bathymetry, previously identified environmentally sensitive areas (marine priority areas, Ramsar sites, etc.), general information about electrical power facilities, tourist areas, and known commercial fishing areas. Based on this information, eight general desalination facility areas along the Sonoran coast of the Sea of Cortez were identified, along with four water delivery/exchange locations identified.

Based on the results of the desalination technology and brine management options evaluation (TM2), reverse osmosis and thermal distillation (multi-effect distillation) were identified as potentially feasible desalination technologies, and ocean

que el uso de la información existente se utilizó para este esfuerzo. Las investigaciones de campo se limitaron a una visita al sitio.

La información presentada en el memorándum técnico se utilizará para realizar un análisis comparativo de alternativas. Este análisis, así como las recomendaciones a seguir, se documentarán en un memorándum técnico posterior.

## Identificación de Oportunidades de Desalinización

La identificación de oportunidades potenciales de desalinización comenzó cuando el equipo de consultores realizó una evaluación de escritorio superficial de los sitios potenciales de plantas de desalinización, tecnologías de desalinización, y ubicaciones de suministro de agua utilizando datos e información disponibles. La información específica que se utilizó incluyó fotografía aérea, contornos, batimetría marina, áreas ambientalmente sensibles previamente identificadas (áreas prioritarias marinas, sitios Ramsar, etc.), información general sobre las instalaciones de energía eléctrica, áreas turísticas y áreas de pesca comercial conocidas. Con esta información, se identificaron ocho áreas de instalaciones de desalinización generales a lo largo de la costa de Sonora en el Mar de Cortés, junto con cuatro ubicaciones de suministro/intercambio de agua identificadas.

Sobre la base de los resultados de la tecnología de desalinización y la evaluación de las opciones de manejo de salmuera (TM2), se identificó la ósmosis inversa y la destilación térmica (destilación de efectos múltiples) como tecnologías de desalinización



discharge/dispersion and deep well injection were identified as potentially feasible brine management options.

Combinations of these four components (desalination facility areas, desalination technologies, brine management options, and water delivery/exchange locations) were used to define a potential desalination opportunity.

Using the information developed by the consultant team and an interactive process, the Desalination Work Group members identified nine potential opportunities during a workshop on April 11, 2019. These opportunities were compiled as shown in Table 4 and during a subsequent webinar with the Desalination Work Group members on April 29, 2019, five of these opportunities were selected for evaluation through this study. Table 4 presents the potential options that were identified at the workshop, as well as the results of the decisions made during the webinar. The opportunities that were selected for evaluation are highlighted yellow and listed first in the table alphabetically, and the opportunities were numbered from this list.

potencialmente factibles, y se identificó la descarga/dispersión en el océano y la inyección en pozos profundos como potencialmente factibles Opciones de gestión de salmuera.

Las combinaciones de estos cuatro componentes (áreas de instalaciones de desalinización, tecnologías de desalinización, opciones de manejo de salmuera y ubicaciones de entrega/ intercambio de agua) se utilizaron para definir una posible oportunidad de desalinización.

Utilizando la información desarrollada por el equipo de consultores y un proceso interactivo, los miembros del Grupo de Trabajo de Desalinización identificaron nueve oportunidades potenciales durante un taller el 11 de abril de 2019. Estas oportunidades se recopilaron como se muestra en la Tabla 4 y durante un seminario web posterior con los miembros del Grupo de Trabajo de Desalinización el 29 de abril de 2019, cinco de estas oportunidades fueron seleccionadas para evaluación a través de este estudio. La Tabla 4 presenta las opciones potenciales que se identificaron en el taller, así como los resultados de las decisiones tomadas durante el seminario web. Las oportunidades que se seleccionaron para la evaluación se resaltan en amarillo y se enumeran primero en la tabla alfabéticamente, y las oportunidades se enumeraron de esta lista.

**Table 4 Opportunity 1 – Potential desalination opportunities identified by the Desalination Work Group**

GENERAL DESALINATION FACILITY LOCATIONS	DESALINATION TECHNOLOGY	BRINE MANAGEMENT	DELIVERY/ EXCHANGE LOCATIONS	DELIVERY/ EXCHANGE ELEVATION	DESCRIPTION/CONSIDERATIONS	DETERMINATION
Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos	Reverse osmosis	Ocean discharge and dispersion	Morelos Dam exchange	~100 feet (ft)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facility could be sited in an area outside of a Marine Priority area</li> <li>Delivery for exchange by US and/or Mexico Colorado River water users</li> <li>~190 mile conveyance</li> <li>3 miles to reach 66 ft seawater depth</li> <li>Could provide water supply and water quality benefits to Mexico</li> </ul>	Opportunity selected for evaluation ( <b>Opportunity 1</b> )
Pitiquito	Reverse osmosis	Ocean discharge and dispersion	Morelos Dam exchange	~100 ft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Includes pumped storage concept</li> <li>Delivery for exchange by US and/or Mexico Colorado River water users</li> <li>~245 mile conveyance</li> <li>1.3 miles to reach 66 ft seawater depth</li> <li>Could provide water supply and water quality benefits to Mexico</li> </ul>	Opportunity selected for evaluation ( <b>Opportunity 2</b> )
Playa Encanto <sup>1</sup>	Reverse osmosis	Ocean discharge and dispersion	Morelos Dam exchange	~100 ft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delivery for exchange by US and/or Mexico Colorado River water users</li> <li>~130 mile conveyance</li> <li>4.4 miles to reach 66 ft seawater depth</li> <li>Could provide water supply and water quality benefits to Mexico</li> </ul>	Opportunity selected for evaluation ( <b>Opportunity 3</b> )
Puerto Libertad <sup>2</sup>	Thermal	Ocean discharge and dispersion	Morelos Dam exchange	~100 ft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Co-located with power plant using same inlet/outfall</li> <li>~240 mile conveyance</li> <li>1.2 miles to reach 66 ft seawater depth</li> <li>Delivery for exchange by US and/or Mexico Colorado River water users</li> <li>Could provide water supply and water quality benefits to Mexico</li> </ul>	Opportunity selected for evaluation ( <b>Opportunity 4</b> )

GENERAL DESALINATION FACILITY LOCATIONS	DESALINATION TECHNOLOGY	BRINE MANAGEMENT	DELIVERY/ EXCHANGE LOCATIONS	DELIVERY/ EXCHANGE ELEVATION	DESCRIPTION/CONSIDERATIONS	DETERMINATION
Puerto Libertad	Reverse osmosis	Ocean discharge and dispersion	Morelos Dam exchange	~100 ft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-located with power plant using same inlet/outfall</li> <li>• ~240 mile conveyance</li> <li>• 1.2 miles to reach 66 ft seawater depth</li> <li>• Delivery for exchange by US and/or Mexico Colorado River water users</li> <li>• Could provide water supply and water quality benefits to Mexico</li> </ul>	Opportunity selected for evaluation ( <b>Opportunity 5</b> )
Ajo	Reverse osmosis	Deep well injection	Morelos Dam exchange	~100 ft (does not include initial delivery to Ajo, elevation ~1,750 ft)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seawater pumped from Playa Encanto to Ajo for desalination</li> <li>• Minimum ~100 mile seawater conveyance</li> <li>• ~110 mile treated water conveyance</li> <li>• 4.4 miles to reach 66 ft seawater depth</li> <li>• Delivery for exchange by US and/or Mexico Colorado River water users</li> <li>• Could provide water supply and water quality benefits to Mexico</li> </ul>	Opportunity set aside from further evaluation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arizona and United States groundwater regulations may prevent or limit disposal of brine via deep well injection (rulemaking is underway)</li> <li>• Transportation of seawater across the international boundary may require amendment to the 1944 Water Treaty</li> <li>• Cannot convey water across Barry M. Goldwater bombing range</li> </ul>
Pitiquito	Reverse osmosis	Ocean discharge and dispersion	Hermosillo	~700 ft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Includes pumped storage concept</li> <li>• 1.3 miles to reach 66 ft seawater depth</li> </ul>	Opportunity set aside from further evaluation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deliveries do not provide a binational benefit</li> </ul>

GENERAL DESALINATION FACILITY LOCATIONS	DESALINATION TECHNOLOGY	BRINE MANAGEMENT	DELIVERY/ EXCHANGE LOCATIONS	DELIVERY/ EXCHANGE ELEVATION	DESCRIPTION/CONSIDERATIONS	DETERMINATION
Playa Encanto	Reverse osmosis	Ocean discharge and dispersion	Tucson, Arizona	~2,400 ft	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exchange would be with CAP in lieu of delivering Colorado River water from Phoenix</li> <li>~220 mile conveyance</li> <li>4.4 miles to reach 66 ft seawater depth</li> </ul>	Opportunity set aside from further evaluation: <ul style="list-style-type: none"> <li>Deliveries do not provide binational benefit</li> </ul>
Puerto Libertad	Thermal	Ocean discharge and dispersion	Morelos Dam exchange and Hermosillo	~100 ft (Morelos) ~700 ft (Hermosillo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>100,000 AFY delivered to Morelos Dam exchange, 100,000 AFY delivered to Hermosillo</li> <li>Delivery to Hermosillo via new aqueduct</li> <li>~240 mile conveyance to Morelos Dam exchange</li> <li>~120 mile conveyance to Hermosillo</li> <li>1.2 miles to reach 66 ft seawater depth</li> </ul>	Opportunity set aside from further evaluation: <ul style="list-style-type: none"> <li>Deliveries to Hermosillo do not provide binational benefit</li> </ul>

<sup>1</sup> Indicates all three teams identified this potential opportunity.

<sup>2</sup> Indicates two teams identified this potential opportunity.

**Tabla 4 Oportunidad 1 – Oportunidades potenciales de desalinización identificadas por El Grupo de Trabajo de Desalinización**

UBICACIONES DE INSTALACIONES DE DESALINIZACIÓN	TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN	GESTIÓN DE SALMUERA	UBICACIONES DE ENTREGA/ INTERCAMBIO	ELEVACIÓN DE UBICACIONES DE ENTREGA/ INTERCAMBIO	DESCRIPCIÓN/CONSIDERACIONES	LA RESOLUCIÓN
Entre Bahía San Jorge and Puerto Lobos	Ósmosis inversa	Descarga y dispersión en el océano	Intercambio de agua en la Presa Morelos	~30 meters (m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La instalación podría ubicarse en un área que no sea un sitio de Prioridad Marina</li> <li>• Entrega para el intercambio entre los usuarios de agua del Río Colorado de los EE. UU. y/o México</li> <li>• ~305 kilómetro (km) de distancia para entrega</li> <li>• 5 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> <li>• Podría proporcionar beneficios de oferta de agua y calidad del agua a México</li> </ul>	Oportunidad seleccionada para su evaluación ( <b>Oportunidad 1</b> )
Pitiquito	Ósmosis inversa	Descarga y dispersión en el océano	Intercambio de agua en la Presa Morelos	~30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye concepto de almacenamiento por bombeo</li> <li>• Entrega para el intercambio entre los usuarios de agua del Río Colorado de los EE. UU. y/o México</li> <li>• ~395 km de distancia para entrega</li> <li>• 2 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> <li>• Podría proporcionar beneficios de oferta de agua y calidad del agua a México</li> </ul>	Oportunidad seleccionada para su evaluación ( <b>Oportunidad 2</b> )

UBICACIONES DE INSTALACIONES DE DESALINIZACIÓN	TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN	GESTIÓN DE SALMUERA	UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	ELEVACIÓN DE UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	DESCRIPCIÓN/CONSIDERACIONES	LA RESOLUCIÓN
Playa Encanto <sup>1</sup>	Osmosis inversa	Descarga y dispersión en el océano	Intercambio de agua en la Presa Morelos	~30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega para el intercambio entre los usuarios de agua del Río Colorado de los EE. UU. y/o México</li> <li>~210 km de distancia para entrega</li> <li>7 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> <li>Podría proporcionar beneficios de oferta de agua y calidad del agua a México</li> </ul>	Oportunidad seleccionada para su evaluación ( <b>Oportunidad 3</b> )
Puerto Libertad <sup>2</sup>	Térmico	Descarga y dispersión en el océano	Intercambio de agua en la Presa Morelos	~30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>Co-ubicado con una central eléctrica usando la misma entrada/salida de agua</li> <li>~385 km de distancia para entrega</li> <li>2 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> <li>Entrega para el intercambio entre los usuarios de agua del Río Colorado de los EE. UU. y/o México</li> <li>Podría proporcionar beneficios de oferta de agua y calidad del agua a México</li> </ul>	Oportunidad seleccionada para su evaluación ( <b>Oportunidad 4</b> )

UBICACIONES DE INSTALACIONES DE DESALINIZACIÓN	TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN	GESTIÓN DE SALMUERA	UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	ELEVACIÓN DE UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	DESCRIPCIÓN/CONSIDERACIONES	LA RESOLUCIÓN
Puerto Libertad	Osmosis inversa	Descarga y dispersión en el océano	Intercambio de agua en la Presa Morelos	~30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Co-ubicado con una central eléctrica usando la misma entrada/salida</li> <li>• ~385 km de distancia para entrega</li> <li>• 2 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> <li>• Entrega para el intercambio entre los usuarios de agua del Río Colorado de los EE. UU. y/o México</li> <li>• Podría proporcionar beneficios de oferta de agua y calidad del agua a México</li> </ul>	Oportunidad seleccionada para su evaluación ( <b>Oportunidad 5</b> )

UBICACIONES DE INSTALACIONES DE DESALINIZACIÓN	TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN	GESTIÓN DE SALMUERA	UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	ELEVACIÓN DE UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	DESCRIPCIÓN/CONSIDERACIONES	LA RESOLUCIÓN
Ajo	Osmosis inversa	Inyección en pozos profundos	Intercambio de agua en la Presa Morelos	~30 m (no incluye entrega inicial a Ajo de agua salada, elevación ~535 m)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de mar bombeada desde Playa Encanto a Ajo para desalinización</li> <li>• Mínimo ~165 km de transporte de agua de mar</li> <li>• ~185 km de transporte de agua tratada</li> <li>• 7 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> <li>• Entrega para el intercambio entre los usuarios de agua del Río Colorado de los EE. UU. y/o México</li> <li>• Podría proporcionar beneficios oferta de agua y de calidad del agua a México</li> </ul>	Oportunidad aparte de una evaluación adicional: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las regulaciones de las aguas subterráneas en Arizona y Estados Unidos pueden impedir o limitar la descarga y disposición de la salmuera mediante la inyección en pozos profundos (la reglamentación está en marcha)</li> <li>• La entrega de agua de mar a través de la frontera internacional puede requerir una enmienda al Tratado del Agua de 1944</li> <li>• No se puede transportar agua a través del campo de bombardeo de Barry M. Goldwater</li> </ul>
Pitiquito	Osmosis inversa	Descarga y dispersión en el océano	Hermosillo	~215 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye concepto de almacenamiento por bombeo</li> <li>• 2 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> </ul>	Oportunidad aparte de una evaluación adicional: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las entregas no proporcionan un beneficio binacional</li> </ul>
Playa Encanto	Osmosis inversa	Descarga y dispersión en el océano	Tucson, Arizona	~730 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El intercambio sería con CAP en lugar de entregar el agua del Río Colorado desde Phoenix</li> <li>• ~365 km de distancia para entrega</li> <li>• 7 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> </ul>	Oportunidad aparte de una evaluación adicional: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las entregas no proporcionan un beneficio binacional</li> </ul>



UBICACIONES DE INSTALACIONES DE DESALINIZACIÓN	TECNOLOGÍA DE DESALINIZACIÓN	GESTIÓN DE SALMUERA	UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	ELEVACIÓN DE UBICACIONES DE ENTREGA/INTERCAMBIO	DESCRIPCIÓN/CONSIDERACIONES	LA RESOLUCIÓN
Puerto Libertad	Térmico	Descarga y dispersión en el océano	Intercambio de agua en la Presa Morelos y Hermosillo	~30 m (Morelos) ~215 m (Hermosillo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.9 m<sup>3</sup>/s entregados al intercambio de la Presa de Morelos, 3.9 m<sup>3</sup>/s entregados a Hermosillo</li> <li>• Entrega a Hermosillo vía nuevo acueducto</li> <li>• ~385 km de distancia a la presa de Morelos</li> <li>• ~195 km de distancia a Hermosillo</li> <li>• 2 km para alcanzar 20 m de profundidad en agua de mar</li> </ul>	Oportunidad aparte de una evaluación adicional: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las entregas a Hermosillo no proporcionan un beneficio binacional</li> </ul>

<sup>1</sup>Indica que los tres equipos identificaron esta oportunidad potencial.

<sup>2</sup>Indica que dos equipos identificaron esta oportunidad potencial.

The desalination opportunities presented herein are shown on Figure 2 and are defined as the following:

- **Opportunity 1** – Reverse osmosis desalination facility located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to the Northerly International Boundary (Morelos Dam) for exchange.
- **Opportunity 2** – Reverse osmosis desalination facility co-located with a pumped storage hydropower facility south of Puerto Libertad, utilizing ocean discharge/dispersion

Las oportunidades de desalinización presentadas en este documento se muestran en la Figura 2 y se definen de la siguiente manera:

- **Oportunidad 1** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos que utiliza descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada a la Frontera Internacional Norte (Presa de Morelos) para su intercambio.
- **Oportunidad 2** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada junto a una instalación de energía hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo al sur de Puerto Libertad, que utiliza descarga/dispersión oceánica para el manejo de

for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

- **Opportunity 3** – Reverse osmosis desalination facility located near Playa Encanto utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 4** – Thermal distillation facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 5** – Reverse osmosis desalination facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

During the webinar, the consultant team offered the following additional recommendations, which were agreed to by the Work Group members:

- All potential opportunities be evaluated for a plant capacity size of 100,000 acre feet per year (AFY). This will allow for a consistent comparison of the opportunities.
- It was noted that the maximum size of any opportunity (or combination of opportunities) is 200,000 AFY. As such, conveyance facilities for treated water should be sized as appropriate to deliver 200,000 AFY.

salmuera, con entrega de agua tratada a la Presa de Morelos para su intercambio.

- **Oportunidad 3** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada cerca de Playa Encanto que utiliza descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada a la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 4** – Planta de destilación térmica co-ubicada en la planta de energía en Puerto Libertad utilizando descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada a la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 5** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa co-ubicada en la planta de energía en Puerto Libertad utilizando descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada a la Presa de Morelos para su intercambio.

Durante el seminario web, el equipo de consultores ofreció las siguientes recomendaciones adicionales, que fueron acordadas por los miembros del Grupo de Trabajo:

- Todas las oportunidades potenciales se evaluarán para el tamaño de la capacidad de una planta de 3.9 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ). Esto permitirá una comparación consistente de las oportunidades.
- Se observó que el tamaño máximo de cualquier oportunidad (o combinación de oportunidades) es de  $7.8 m^3/s$ . Como

- A treated water total dissolved solids concentration of 500 milligrams per liter (mg/L) be utilized for all of the evaluated opportunities.

tales, las instalaciones de conducción para el agua tratada deben dimensionarse según corresponda para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s.

- Se utilizará una concentración de sólidos disueltos totales de agua tratada de 500 miligramos por litro (mg/L) para todas las oportunidades evaluadas.



Figure 2/Figura 2

**General desalination opportunity locations selected for study**

**Lugares generales para la oportunidad de desalinización seleccionados para el estudio**

**Notes:** Project development may occur within Marine Priority Sites.

There are some sensitive environmental regions in the United States not presented on the figure.

**Notas:** Desarrollo de los proyectos puede ocurrir dentro de los Sitios Prioritarios Marinos.

Hay algunas regiones ambientalmente sensibles en los Estados Unidos no mostradas en la figura.

## General Assumptions and Criteria

In the development of the conceptual design of the facilities for each opportunity, assumptions have had to be made in the absence of field information and other studies that may be carried out at later stages of the project.

In addition, it is necessary to apply certain criteria to key aspects of the engineering so that the opportunities can be compared. These assumptions and criteria apply to all the opportunities. Any that are particular to only one opportunity are discussed in the section specific to that opportunity.

### Assumptions

#### Marine Works

The following assumptions have been made with respect to the marine works for the purposes of this study:

- The marine works as described in this document are suitable to obtain environmental and other consents.
- Excavations will be in granular material and can be carried out without blasting.
- Sea bed material at intake velocity cap structures and intake screen pods will be capable of the accepting foundation loads that will arise.
- The marine works elements that are founded on the sea bed can be made stable under seismic loading without excessive engineering.

## Suposiciones y Criterios Generales

En el desarrollo del diseño conceptual de las instalaciones para cada oportunidad, se tuvieron que hacer suposiciones en ausencia de información de campo y otros estudios puedan llevarse a cabo en etapas posteriores del proyecto.

Además, es necesario aplicar ciertos criterios a aspectos clave de la ingeniería para poder comparar las oportunidades. Estos supuestos y criterios se aplican a todas las oportunidades. Cualquiera que sea particular a una sola oportunidad se discute en la sección específica de esa oportunidad.

### Suposiciones

#### Obras Marinas

Los siguientes supuestos se han hecho con respecto a las obras marinas para los fines de este estudio:

- Las obras marinas que se describen en este documento son adecuadas para obtener el consentimiento ambiental y de otro tipo.
- Las excavaciones se realizarán en material granular y se podrán realizar sin uso de explosivos.
- El material del lecho marino en las estructuras de tapa de velocidad de la toma y las cápsulas de las rejillas de la toma serán capaces de aceptar las cargas de cimientos que surgirán.

- Design storm wave heights will be such that it is feasible to locate intake velocity cap structures and intake screen pods at the water depths assumed (below lowest astronomical tide).
- The relative positions of intakes and diffusers will not cause any short-circuiting issues that could increase salinity at the intakes.
- The depths below the sea surface to the tops of the intakes are acceptable to maritime authorities.
- Design maximum water level run up due to tsunami will not exceed 16 ft and tsunami generated currents are not critical to the design.
- Jelly fish swarms are not frequent.
- Intake systems can be taken out of service during times of excessive wave action to avoid drawing in suspended sea bed material, jelly fish swarms, and cleaning of the intake systems.

### Desalination Plant

- Location along the east coast of the Sea of Cortez will not produce significantly different water quality beyond the average concentrations measured in third-party reports for Puerto Peñasco by the United States Trade and development Agency and HDR Engineering in 2009.
- Based on the reported 2018 measurements of algal cell counts by Resource Specialists Inc. in Puerto Libertad, algae blooms are a reasonable threat to the water quality (i.e., solids loading) for all the opportunities studied. Therefore, a conservative pretreatment design inclusive

- Los elementos de las obras marinas que se encuentran en el lecho marino se pueden estabilizar bajo cargas sísmicas sin ingeniería excesiva.
- Las alturas de las olas de tormenta de diseño serán tales que sea posible ubicar las estructuras de la tapa de velocidad de la toma y las cápsulas de rejillas de la toma en las profundidades del agua asumidas (por debajo de la marea astronómica más baja).
- Las posiciones relativas de las inmisores y los difusores no causarán ningún problema de cortocircuito que pueda aumentar la salinidad en las tomas.
- Las profundidades debajo de la superficie del mar hasta las cimas de las tomas son aceptables para las autoridades marítimas.
- El nivel máximo de agua en el diseño debido al tsunami no superará los 5 m, y las corrientes generadas por el tsunami no son críticas para el diseño.
- Los bancos de medusas no son frecuentes.
- Los sistemas de admisión se pueden dejar fuera de servicio en momentos de excesiva acción de las olas para evitar el arrastre del material del lecho marino suspendido, los bancos de medusas y la limpieza de los sistemas de admisión.

### Planta Desalinizadora

- La ubicación a lo largo de la costa este del Mar de Cortés no producirá una calidad de agua significativamente diferente, más allá de las concentraciones promedio medidas en informes de terceros para Puerto Peñasco por la Agencia de

of dissolved air flotation has been assumed for all desalination plants.

- The difference in intake pipeline depths of less than 5 m between Opportunities 1, 2, and 5 will not impact the expected water quality significantly. A detailed water quality evaluation is needed to better understand potential variations in water quality based on site location and depth within the Sea of Cortez.
- The plant will not be shut down more than 14 days a year for routine maintenance and repairs.
- A residence time of 3 hours in the finished water tank is sufficient to meet peak demand flows.

### Conveyance

- Sufficient right of way exists to accommodate the proposed treated water conveyance pipelines.
- A manifold concept was assumed to deliver a total of 200,000 AFY of treated water to Morelos Dam.
- A flow control valve is required at the discharge structure at Morelos Dam; additional flow control valves were included at select locations along the alignment to maintain the hydraulic grade line and/or avoid excessive velocities.

Comercio y Desarrollo de los Estados Unidos e Ingeniería HDR Engineering en 2009.

- En base a las mediciones reportadas en 2018 de los recuentos de células de algas por Resource Specialists Inc. en Puerto Libertad, la proliferación de algas es una amenaza razonable para la calidad del agua (es decir, la carga de sólidos) para todas las oportunidades estudiadas. Por lo tanto, se ha asumido un diseño de tratamiento previo conservador para todas las plantas de desalinización.
- La diferencia en las profundidades de la tubería de admisión de menos de 5 m entre las Oportunidades 1, 2 y 5 no afectará significativamente la calidad del agua esperada. Se necesita una evaluación detallada de la calidad del agua para comprender mejor las posibles variaciones en la calidad del agua según la ubicación y profundidad del sitio dentro del Mar de Cortés.
- La planta no se cerrará más de 14 días al año por mantenimiento y reparaciones de rutina.
- Un tiempo de residencia de 3 horas en el tanque de agua producto es suficiente para satisfacer los flujos de demanda máxima.

### Transporte

- Existe suficiente derecho de paso para acomodar las tuberías de conducción de agua tratadas propuestas.
- Se asumió que un concepto múltiple entregaría un total de 7.8 m<sup>3</sup>/s de agua tratada a la Presa Morelos.

## Criteria

### Marine Works

In configuring the conceptual design of the marine works for the opportunities, the following criteria have been applied, these are taken from the draft Mexican regulation *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters*. Additional criteria have been included where experience has shown them to be expected by SEMARNAT in the context of desalination projects.

#### Intakes:

- Velocity through the intake screens not greater than 0.5 ft/s, with deflectors included as necessary to prevent this velocity being increased by the effect of local currents.

#### Outfalls:

- Discharge devices arranged to provide mixing so that, at a distance of 330 ft from the discharge points, the resultant salinity is not more than 15% above local natural sea

- Se requiere una válvula de control de flujo en la estructura de descarga a la Presa Morelos; se incluyeron válvulas de control de flujo adicionales en ubicaciones seleccionadas a lo largo de la alineación para mantener la línea piezométrica y/o evitar velocidades excesivas.

## Criterios

### Obras Marinas

Al configurar el diseño conceptual de las obras marinas para las oportunidades, se han aplicado los siguientes criterios, tomados del borrador de la norma mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en las plantas de desalinización o procesos que generan aguas de rechazo salino o salmuera*. Se han incluido criterios adicionales donde la experiencia ha demostrado que la SEMARNAT los espera en el contexto de los proyectos de desalinización.

#### Toma de Agua:

- La velocidad a través de las pantallas de admisión no es mayor de 0.15 metros por segundo (m/s), con los deflectores incluidos según sea necesario para evitar que esta velocidad se incremente por el efecto de las corrientes locales.

#### Descarga:

- Dispositivos de descarga dispuestos para proporcionar mezcla de modo que, a una distancia de 100 m de los puntos de descarga, la salinidad resultante no esté más del 15% por encima de las condiciones locales del mar natural, y la



conditions, and the resultant temperature is not more than 2% above local natural sea conditions.

- Point of discharge is at least 20 ft lower than and at least 1,640 ft away from the point of intake.
- Point of discharge below the first thermocline and between 0.2 and 2.5 miles from the shore.
- Discharge devices are located at least 6 ft above the sea bed.

In addition to the above criteria, the following have been applied to the extent possible:

- Intake screens at least 16 ft below lowest astronomical tide to provide improved water quality, avoid surface layers rich in marine life, reduce wave forces, and reduce risk of impact by vessels.
- Intake screens at least 10 ft above the sea bed to minimize admission of sea bed material during strong wave action and avoid bottom layers rich in sea life.
- Screens of cupro-nickel material resistant to corrosion and marine fouling.
- Pipelines of high-density polyethylene, where available in the size, for easier assembly and installation. Larger pipes of concrete encased steel with internal corrosion allowance or of fiber reinforced plastic depending on method of construction.
- Stability of above sea bed pipelines provided by precast concrete weight blocks for high-density polyethylene and

temperatura resultante no esté más del 2% por encima de las condiciones locales.

- El punto de descarga es al menos 6 m por debajo y al menos a 500 m alejado de la toma.
- El punto de descarga por debajo de la primera termoclina y entre 300 y 4,000 m de la costa.
- Los dispositivos de descarga están situados al menos a 2 m sobre el fondo marino.

Además de los criterios anteriores, lo siguiente se ha aplicado en la medida de lo posible:

- Cribas de admisión al menos 5 m por debajo de la marea astronómica más baja para proporcionar una mejor calidad del agua, evitar capas superficiales ricas en vida marina, reducir las fuerzas de las olas y reducir el riesgo de impacto de los buques.
- Pantallas de admisión al menos 3 m por encima del lecho marino para minimizar el ingreso de material del lecho marino durante la acción de las olas fuertes y evitar las capas inferiores ricas en vida marina.
- Pantallas de material cuproníquel resistente a la corrosión y obstrucción marina.
- Tuberías de polietileno de alta densidad, cuando estén disponibles en el tamaño, para facilitar el montaje y la instalación. Tubos más grandes de concreto revestidos de acero con un margen de corrosión interna o de plástico reforzado con fibra según el método de construcción.

concrete encasement for steel. Pipes through surf zone buried below the sea bed.

- On-shore header tanks, pump stations and other structures sited away from the beach and dune areas.

### Desalination Plant

- The desalination facilities are sized based on producing 100,000 AFY. Assuming an annual availability of 96%, which includes 14 days of plant downtime for cleaning and maintenance per year, 92.7 million gallons per day (mgd) of treated water is required for distribution as well as an additional volume for internal service water needs, such as plant maintenance and emergency response (assumed to be 3%).
- Finished water quality will be in compliance with current national and state drinking water regulations in both Mexico and the United States.
- A finished water boron concentration of 0.75 mg/L was targeted to match the concentration of the receiving water body (i.e., Colorado River).

### Conveyance

- The American Water Works Association (AWWA) M11 Steel Pipe Guide for Design and Installation (5th Ed) was used as guide for pipeline design.
- A target velocity of 7 feet per second (fps) was used to determine pipe diameter.

- Estabilidad de las tuberías sobre el lecho marino proporcionadas por bloques de peso de hormigón prefabricado para polietileno de alta densidad y revestimiento de concreto para acero. Tuberías a través de la zona de surf enterradas debajo del lecho marino.
- Tanques, estaciones de bombeo y otras estructuras situadas lejos de la playa y áreas de dunas.

### Planta Desalinizadora

- El tamaño de las instalaciones de desalinización se basa en la producción de 3.9 m<sup>3</sup>/s. Suponiendo una disponibilidad anual del 96%, que incluye 14 días de inactividad de la planta para limpieza y mantenimiento por año, se requieren 351 millones de litros por día (MLD) de agua tratada para distribución, así como un volumen adicional para las necesidades de agua del servicio interno, como el mantenimiento de la planta y la respuesta de emergencia (se supone que es del 3%).
- La calidad del agua producto cumplirá con las regulaciones nacionales y estatales vigentes en materia de agua potable tanto en México como en Estados Unidos.
- Se apuntó una concentración final de boro en el agua de 0.75 mg/L para igualar la concentración del cuerpo de agua receptor (es decir, el Río Colorado).

### Transporte

- La Guía de Diseño e Instalación de Tuberías de Acero M11 de la American Water Works Association (5ª Ed.) se utilizó como guía para el diseño de tuberías.

- A maximum system pressure of 250 pounds per square inch (psi) was used to determine pipe wall thickness as well as spacing of intermediate pump stations and hydraulic break tanks.
- Pumps are assumed to be vertical turbine type and the maximum power required for pumping was set at 3,500 horsepower (hp) to determine the number of pumps required at each pump station.
- All storage tanks are assumed to be ground storage tanks sized for 0.5 hour of maximum system flow split between two tanks.

- Se usó una velocidad objetivo de 2.1 m/s para determinar el diámetro de la tubería.
- Se usó una presión máxima del sistema de 176 metros columna de agua (m.c.a.) para determinar el espesor de la pared de la tubería, así como la separación de las estaciones de bombeo intermedias y los tanques de cambio de régimen.
- Se supone que las bombas son del tipo de turbina vertical y la potencia máxima requerida para el bombeo se estableció en 3,500 caballos de fuerza (hp) para determinar el número de bombas requeridas en cada estación de bombeo.
- Se supone que todos los tanques de almacenamiento son tanques de almacenamiento en tierra dimensionados para 0.5 horas de flujo máximo del sistema dividido entre dos tanques.

## Desalination Opportunity 1

Opportunity 1 is located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos, about 10.6 miles south of Jaquay and 53 miles southeast of Puerto Peñasco. This desalination opportunity consists of an 92.7 mgd seawater reverse osmosis desalination plant and associated marine works, with delivery of treated water to Morelos Dam in Algodonoes, Baja California, via a buried conveyance pipeline.

It is envisioned that the end users of the water produced by Opportunity 1 will be Coloardo River water users, located within Baja California and Sonora, Mexico, downstream of Morelos Dam. The treated water will have a maximum total dissolved solids concentration of 500 mg/L, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

The selected site is located approximately 1.9 miles north of Martín Encizo, a small community with just 1 inhabitant registered by the 2010 National Institute of Statistics and Geography (INEGI) Census, this being the last point of access by recognized road. There is little to no infrastructure, with the exception of some abandoned houses in the area. Access to this area is through a dirt road that originates on Highway 44 at a distance of 4.7 miles.

The nearest towns to the site are, to the northwest, Alvaro Obregón at a distance of 9 miles with 707 inhabitants according to the National Institute of Statistics and Geography (2010), the town of Ures to 7 miles to the east with 337 inhabitants, and to

## Oportunidad de Desalinización 1

La Oportunidad 1 se encuentra entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos, a unos 17 km al sur de Jaquay y 85 km al sureste de Puerto Peñasco. Esta oportunidad de desalinización consiste en una planta de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar de 351 MLD y obras marinas asociadas, con entrega de agua tratada a la Presa de Morelos en Algodonoes, Baja California, a través de una tubería de transporte enterrada.

Se prevé que los usuarios finales del agua producida por la Oportunidad 1 serán los usuarios del agua del río Coloardo, ubicados en Baja California y Sonora, México, aguas abajo de la Presa Morelos. El agua tratada tendrá una concentración máxima total de sólidos disueltos de 500 mg/L, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con agua nativa del Río Colorado.

El sitio seleccionado se encuentra aproximadamente 3 km al norte de la Comunidad Martín Encizo, una pequeña comunidad con apenas 1 habitante registrado por el Censo de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010 siendo este el último punto de acceso de camino reconocido. No cuenta con infraestructura y en el recorrido al sitio se observaron solo algunas casas abandonadas. A esta zona el acceso se da a través de un camino de terracería que se origina en la carretera No 44 a una distancia de 7.5 km.

Las localidades más cercanas al sitio son, al noroeste, la de Álvaro Obregón a una distancia de 15 km con 707 habitantes de acuerdo a Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010), el poblado de Ures a 11 km al este, con 337 habitantes y al sur, el poblado de Desemboque a 21 km, con 733 habitantes registrados el 2010.

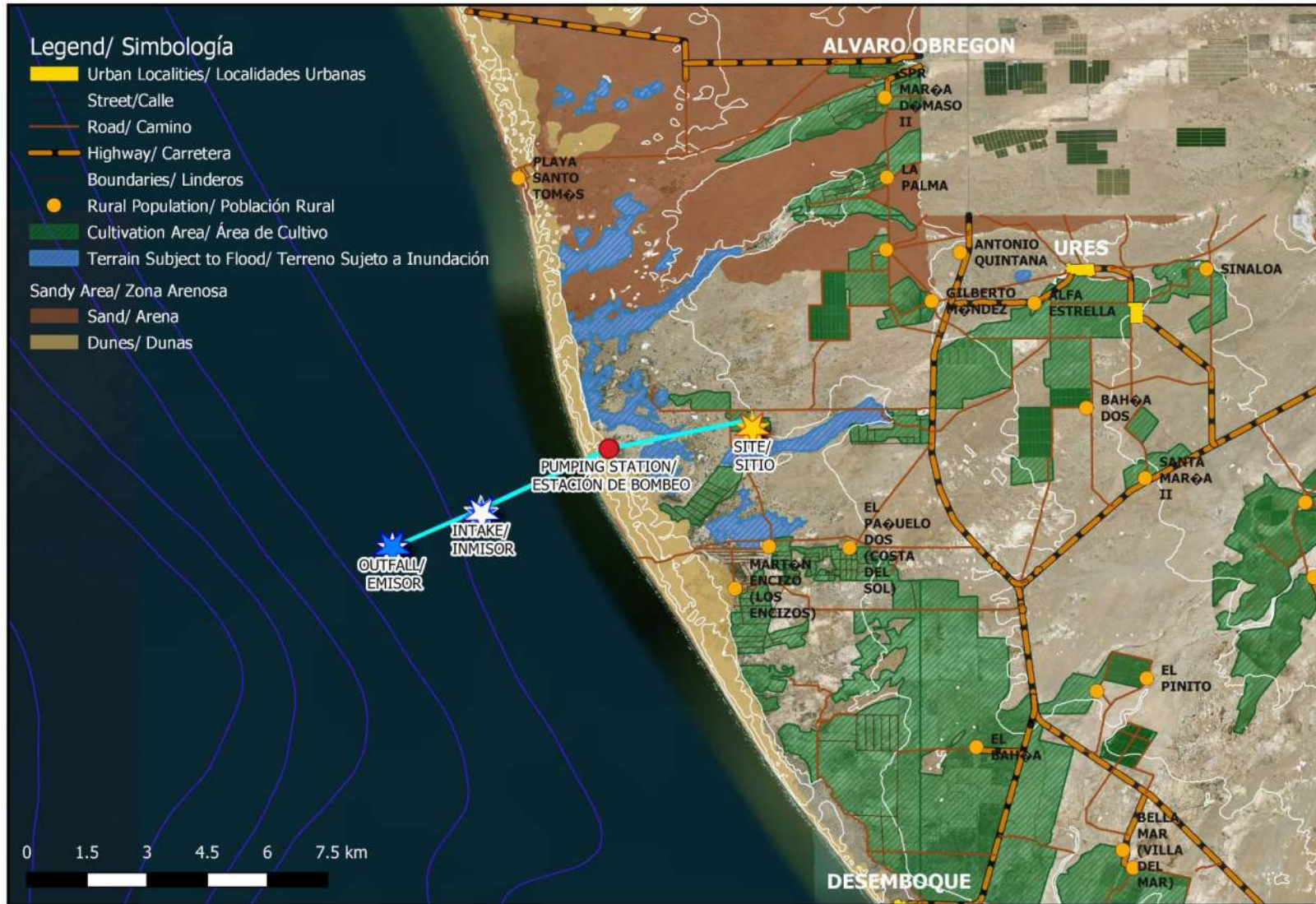
the south, the town of Desemboque at 13 miles with 733 registered inhabitants in 2010.

As for the physical characteristics of the selected site, it is adjacent to the west with the Sea of Cortez, in a sandy area and dunes with elevations between 33 and 66 ft above sea level. The beach is wide and gently shelving, with some low areas that are subject to flooding, as shown on Figure 3.

The location selected for the desalination plant and associated marine works avoids nearby Marine Priority areas and is situated where the width and height of the coastal dune strips are less obstructive. The plant location is about 2.5 miles inland to avoid low-lying areas at risk of flooding and providing a suitable elevation for gravity discharge of the brine. The seawater intake and brine waste outfall are 1.9 miles and 3.4 miles offshore, respectively, where water depths at lowest tide are 33 feet and 66 feet, respectively.

En cuanto a las características físicas del sitio seleccionado, este se encuentra en colindancia en el oeste con el Mar de Cortez, en una zona arenosa y dunas con elevaciones entre los 10 y 20 m sobre el nivel del mar. La playa es ancha y poco profunda, con algunas áreas bajas que están sujetas a inundaciones, como se muestra en la Figura 3.

La ubicación seleccionada para la planta de desalinización y las obras marinas asociadas evita las áreas prioritarias marinas cercanas y se encuentra donde el ancho y la altura de las franjas costeras de dunas son menos obstructivas. La ubicación de la planta es de unos 4 km tierra adentro para evitar áreas bajas en riesgo de inundación y proporcionar una elevación adecuada para la descarga por gravedad de la salmuera. La toma de agua de mar y la descarga de salmuera son 3.1 km y 5.5 km costa adentro, respectivamente, donde las profundidades de agua en la marea más baja son 10 m y 20 m, respectivamente.



**Figure/Figura 3** Opportunity 1 – General location map (INEGI,2015)  
 Oportunidad 1 - Mapa de ubicación general (INEGI,2015)

A site visit of the area between Bahía San Jorge and Puerto Lobos was conducted in May 2019. Specific sites visited as part of this vast area included Los Tanques, Desemboque, Martín Encizo, and Puerto Lobos. Information pertaining to these sites is included as Appendix A. Of these four, Martín Encizo is the closest location to the Jagüey site and therefore provides information most consistent with Jagüey. Photos of this area are included as Figure 4.

En mayo de 2019 se llevó a cabo una visita al área entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos. Los sitios específicos visitados como parte de esta gran área incluyeron Los Tanques, Desemboque, Martín Encizo y Puerto Lobos. La información relativa a estos sitios se incluye en el Apéndice A. De estos cuatro, Martín Encizo es el lugar más cercano al sitio de Jagüey y, por lo tanto, proporciona la información más consistente con Jagüey. Las fotos de esta área se incluyen en la Figura 4.





**Figure/Figura 4**      **Opportunity 1 – Representative site photos**  
**Oportunidad 1 – Fotos representativas del sitio**

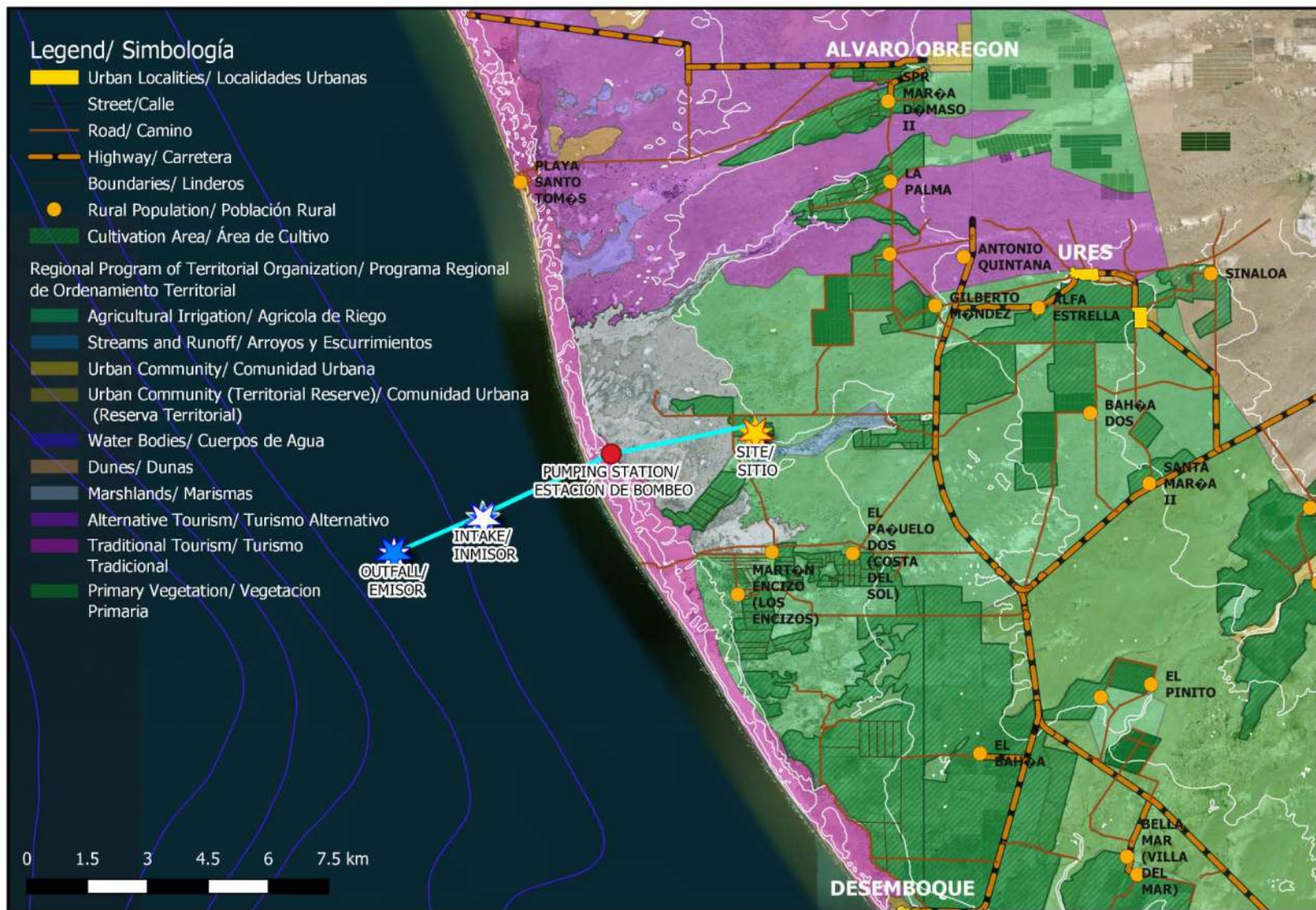
### Land Use Considerations

The proposed site is not occupied by human habitats and there is not currently activity in the immediate area. In an approximate radius of 1.2 miles, agricultural activity is observed and it increases inland. According to the Territorial Planning Program of Caborca 2017, the zone to the east is a marsh area and the sandy strip of the coast and beaches are zoned for traditional tourist use, but have not been developed yet, as shown on Figure 5.

### Consideraciones de Uso de Suelo

El sitio seleccionado no se encuentra ocupado por hábitat humano y actualmente no se ve actividad en el área inmediata. En un radio aproximado de 2 km se observa actividad agrícola y esta incrementa tierra adentro. De acuerdo al Programa de Ordenamiento Territorial de Caborca 2017, esta zona al Este del predio es área de Marismas y la franja arenosa de la costa y playas están destinadas al uso turístico tradicional, sin haberse desarrollado aun, como se observa en la Figura 5.





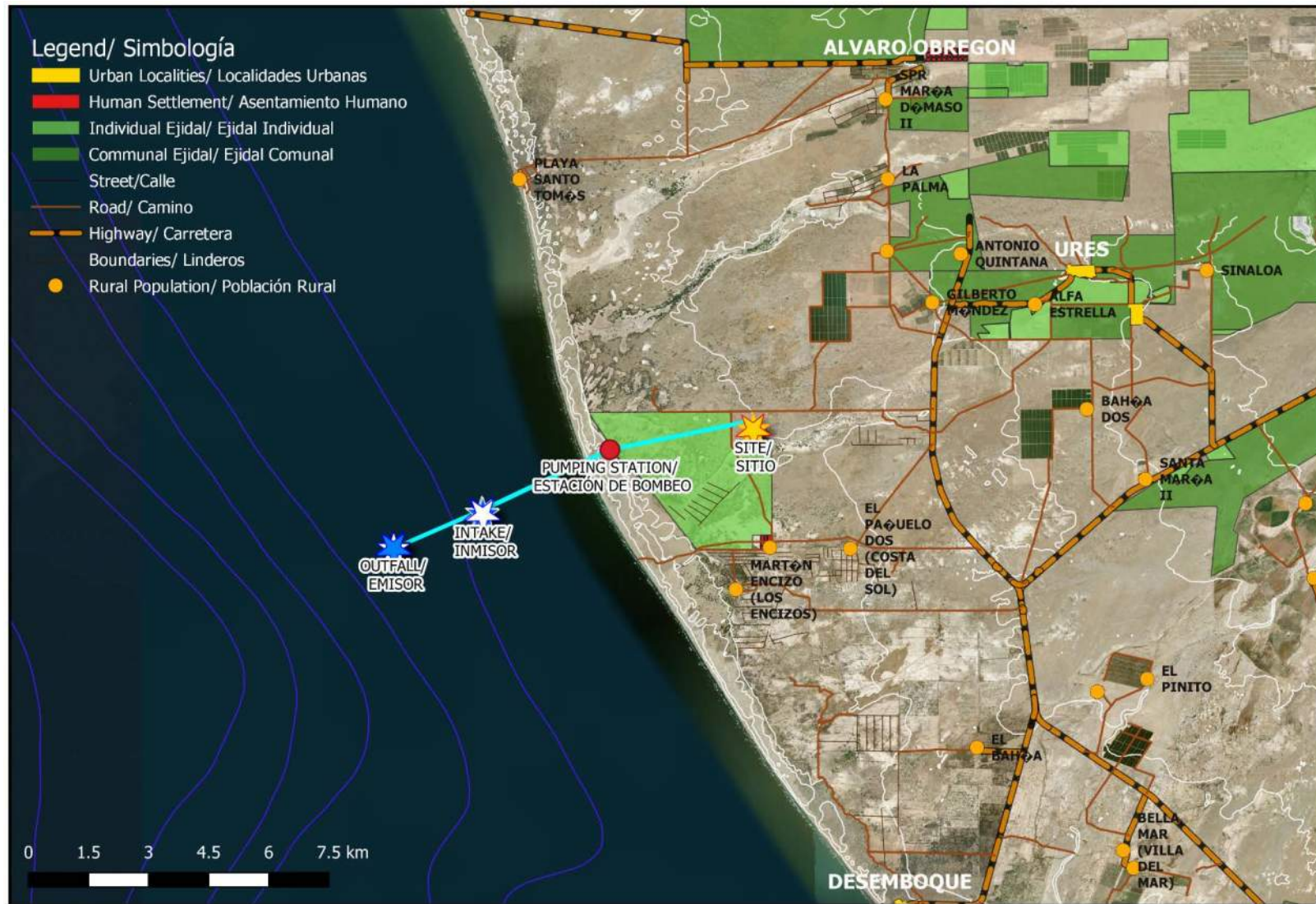
**Figure/Figura 5** Opportunity 1 – Land use (Territorial Planning Program of Caborca, 2017)  
 Oportunidad 1 – Usos de suelos (Programa de Ordenamiento Territorial de Caborca, 2017)

According to the National Agrarian Registry 2019, and as shown on Figure 6, the site is adjacent to an ejido parcel that corresponds to the ejido "Los Dorados de Villa" and the intake pipeline crosses this parcel. The parcel is individually managed, that is to say, it has been divided and distributed among the members of the ejido for its use. Use of the land would require approval by the ejido members.

There is sufficient area for the installation of the proposed desalination plant (25-30 acres), as well as space to provide a buffer and for future expansions if necessary. It is worth mentioning that along the roads leading to this area are signs that promote the sale of land in front of the beach; suggesting that there is land available.

Según el Registro Nacional Agrario 2019, y como se muestra en la Figura 6, el sitio está adyacente a una parcela ejidal que corresponde al ejido "Los Dorados de Villa" y la tubería de entrada cruza esta parcela. La parcela se gestiona individualmente, es decir, se ha dividido y distribuido entre los miembros del ejido para su uso. El uso de la tierra requeriría la aprobación de los miembros del ejido.

Hay suficiente espacio para la instalación de la planta de desalinización propuesta (10-12 hectáreas), así como espacio para proporcionar un amortiguador y para futuras expansiones si es necesario. Vale la pena mencionar que a lo largo de los caminos que conducen a esta área hay señales que promueven la venta de terrenos frente a la playa; sugiriendo que hay tierra disponible.



Figure/Figura 6 Opportunity 1 – Ejido locations (National Agrarian Registry, 2019)  
 Oportunidad 1 – Ubicaciones ejido (Registro Agrario Nacional, 2019)

## Marine Works

Several intake options were explored for Opportunity 1, including:

- (a) Subsurface extraction by means of inclined sea bed wells.
- (b) Offshore above sea bed intake with Johnson-type fine screens with small openings and low through velocities to minimize fish entrainment and impingement.
- (c) Offshore intake utilizing velocity caps, with coarse screens and low through velocities and a geometry that prevents entry of larger fish and mammals and discourages entrainment of smaller fish into the intake; fine screening by traveling band screens on shore.
- (d) Surface intake with a channel formed between breakwaters; coarse and fine screens on shore.

Option (a) was determined to not be economical for a total intake flow of 345 ft<sup>3</sup>/s. In addition, even if the ground conditions were ideal, it would require a large number of wells covering a very large length of beach. Option (b) was discarded due to the difficulty of keeping such large screens clear at a location too far off shore for the use of air burst methods. Option (d) was discarded since it does not meet the requirements of *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate*

## Obras Marinas

Se exploraron varias opciones de obra de toma para la Oportunidad 1, que incluyen:

- (a) Extracción subsuperficial mediante pozos de fondo marino inclinado.
- (b) La obra de toma en alta mar sobre el lecho marino con pantallas finas tipo Johnson con pequeñas aberturas y velocidades bajas para minimizar el arrastre y el impacto de los peces.
- (c) La obra de toma en alta mar utilizando topes de velocidad, con pantallas gruesas y velocidades bajas y una geometría que impide la entrada de peces y mamíferos más grandes y desalienta el arrastre de peces más pequeños en la toma; Proyección fina por pantallas de banda viajera en tierra.
- (d) La obra de toma de superficie con un canal formado entre rompeolas; Pantallas gruesas y finas en tierra.

Se determinó que la opción (a) no es económica para un flujo de admisión total de 9.78 m<sup>3</sup>/s. Además, incluso si las condiciones del terreno fueran ideales, requeriría una gran cantidad de pozos que cubren una gran extensión de playa. La opción (b) se descartó debido a la dificultad de mantener despejadas pantallas tan grandes en un lugar demasiado lejos de la costa para el uso de métodos de explosión de aire. La opción (d) se descartó debido a que no cumple con los requisitos de *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en las plantas de desalinización o los procesos*

*saline or brine rejection waters*. In addition, it is not appropriate for locations that are important for marine life.

Therefore, the intake design for Opportunity 1 entails an off-shore intake utilizing velocity caps, similar to the one shown in Figure 7.

*que generan solución salina o Agua de rechazo de salmuera*. Además, no es apropiado para lugares que son importantes para la vida marina.

Por lo tanto, el diseño de admisión para la Oportunidad 1 implica una toma en alta mar que utiliza límites de velocidad, similar al que se muestra en la Figura 7.



**Figure/Figura 7**

**Velocity cap intake structure**

**Estructura de admisión de la tapa de velocidad**

**(Source: [www.increa.eu/es/gestor/recursos/archivos/sea\\_water\\_intake\\_structures.pdf](http://www.increa.eu/es/gestor/recursos/archivos/sea_water_intake_structures.pdf))**

Table 5 lists the key elements of the intake system for Opportunity 1.

La Tabla 5 enumera los elementos clave del sistema de admisión para la Oportunidad 1.

**Table/Tabla 5**      **Opportunity 1 – Intake facilities**  
**Opportunidad 1 – Facilidades de la toma**

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NUMERO	DESCRIPTION DESCRIPCION
Intake pipeline Tubería de aducción	2	High density polyethylene; 98-inch outside diameter; precast concrete weight blocks; 2.4 miles total length (1.9 miles of which are offshore). Polietileno de alta densidad; 2.5 m diámetro exterior; lastres de hormigón prefabricado; longitud total de 3.8 km (3.1 km de los cuales son costa afuera).
Intake structure Estructura de toma	2 (one per pipeline) (una para cada tubería)	Velocity cap type; wide concrete-filled steel base and steel riser with an octagonal or circular intake head; located 33 ft below lowest astronomical tide. Tipo “velocity cap”; base ancho de acero rellena de hormigón y tubo vertical de acero con un cabezal de admisión octagonal o circular; situado a 10 m por debajo de la marea astronómica más baja
Coarse screens Reja gruesa	1	Cupro-nickel bar screen with 75 mm spacing; bottom of opening 10 ft above sea bed; opening height 5 ft. Reja de barras de cuproníquel con espaciado de 75 mm; parte inferior de la abertura 3 m sobre el fondo del mar; altura de apertura 1.5 m.
Intake pump station Estacion de bombeo de toma	1	Two in-line wet wells; facilities for cleaning intake pipelines. Dos pozos para bombas sumergidas en línea; Instalaciones para la limpieza de tuberías de admisión.

The outfall for Opportunity 1 is intended to meet the requirements of draft Mexican regulation *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine*

La obra de descarga para la Oportunidad 1 está destinada a cumplir con los requisitos del borrador de la norma mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en las plantas de desalinización o procesos que generan solución salina o Agua de*

*rejection waters.* However, in order to locate the diffusers at sufficient depth, they are located at a distance of 3.4 miles off shore. This is more than the 2.5 mile limit stated in the draft regulation, but compliance would risk short circuiting of the brine back into the intakes. This can be optimized through subsequent studies. The key design elements associated with the outfall for Opportunity 1 include a header tank, pipeline, and diffusers, as described in Table 6. Basic schematics of the diffuser system are shown in Figure 8. Brine would flow by gravity to the outfall header tank from a brine tank located at the reverse osmosis plant.

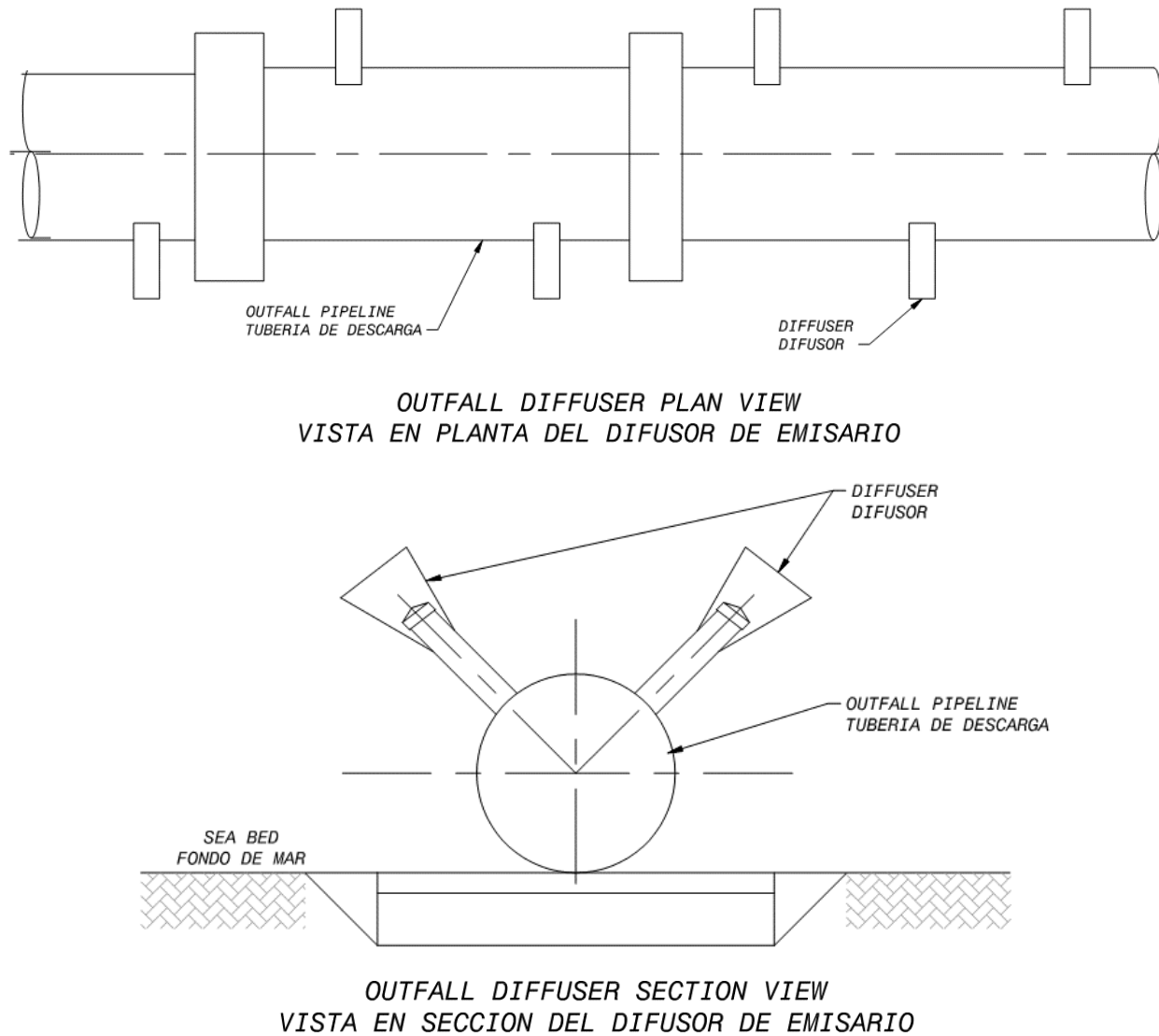
*rechazo de salmuera.* Sin embargo, para ubicar los difusores a una profundidad suficiente, están ubicados a una distancia de 5.5 km de la costa. Esto es más que el límite de 4 km establecido en el proyecto de reglamento, pero el cumplimiento podría provocar un cortocircuito de la salmuera en las tomas. Esto se puede optimizar a través de estudios posteriores. Los elementos de diseño clave asociados con el emisor para la Oportunidad 1 incluyen un tanque de cabecera, tubería y difusores, como se describe en la Tabla 6. Los esquemas básicos del sistema difusor se muestran en la Figura 8. La salmuera fluiría por gravedad al tanque de cabecera del emisor desde un tanque de salmuera ubicado en la planta de ósmosis inversa.

**Table/Tabla 6**      **Opportunity 1 - Outfall facilities**  
**Opportunidad 1 – Facilidades de la descarga**

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NUMERO	DESCRIPTION DESCRIPCION
Outfall header tank Estructura de carga	1	Single outfall header tank and drop shaft, integral with intake pump station and inlet weir and drop energy dissipator trough. Tanque cabecera único con pozo de caída, integrado con la estación de bombeo de admisión, y con vertedero de entrada y canal de dissipador de energía de caída.
Outfall pipeline Tubería de descarga	2	High density polyethylene pipeline, outside diameter of 2.3 m; precast concrete weight blocks; total length 3.9 miles (3.4 miles of which is offshore). Tubería de polietileno de alta densidad, diámetro exterior de 2.3 m; lastres de hormigón prefabricado; longitud total de 6.2 km (5.5 km de los cuales son costa afuera).

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NUMERO	DESCRIPTION DESCRIPCION
Diffuser Difusor	2	<p>High density polyethylene pipe; 90-inch outside diameter; 330 ft length; located 66 ft below lowest astronomical tide; 10-inch outside diameter nozzles at 20 ft spacings, facing in different directions and at 45 degrees to vertical.</p> <p>Tubería de polietileno de alta densidad; 2.3 m de diámetro exterior; 100 m de longitud; ubicado a 20 m por debajo de la marea astronómica más baja; boquillas de 250 mm de diámetro exterior a 6 m) de separación, orientadas en diferentes direcciones y en 45 grados a la vertical.</p>





Figure/Figura 8

Opportunity 1 – Basic schematics of the diffuser system  
Oportunidad 1 - Los esquemas básicos del sistema difusor

Figure 9 shows a plan view of the key elements of the marine works for Opportunity 1 in relation to the site selected for the reverse osmosis plant. The intakes are well separated from the brine diffusers to minimize the risk of increased salinity at the intakes due to discharge from the diffusers.

The bathymetry on the Sonora coast north of Puerto Lobos is very flat. In order to keep the length of the intake and outfall pipelines for Opportunity 1 as short as possible, the intakes and diffusers are located in shallower water than for the other opportunities. This increases risks associated with waves, navigation and suspended sediment.

The marine works for Opportunity 1 are about 9.4 miles away from the nearest limits of Marine Priority Sites which lie to the north and south of the project area. However, they are within a proposed Biological Fisheries Corridor along the Sonora coast, which extends 16 miles south of Puerto Lobos.

La Figura 9 muestra una vista en planta de los elementos clave de las obras marinas para la Oportunidad 1 en relación con el sitio seleccionado para la planta de ósmosis inversa. Las obras de tomas están lo suficientemente separadas de los difusores de salmuera para minimizar el riesgo de mayor salinidad en las tomas debido a la descarga de los difusores.

La batimetría en la costa de Sonora, al norte de Puerto Lobos, es muy plana. Para mantener la longitud de las tuberías de entrada y salida para la Oportunidad 1 lo más corta posible, las tomas y los difusores están ubicados en aguas menos profundas que en las otras oportunidades. Esto aumenta los riesgos asociados con las olas, la navegación y los sedimentos suspendidos.

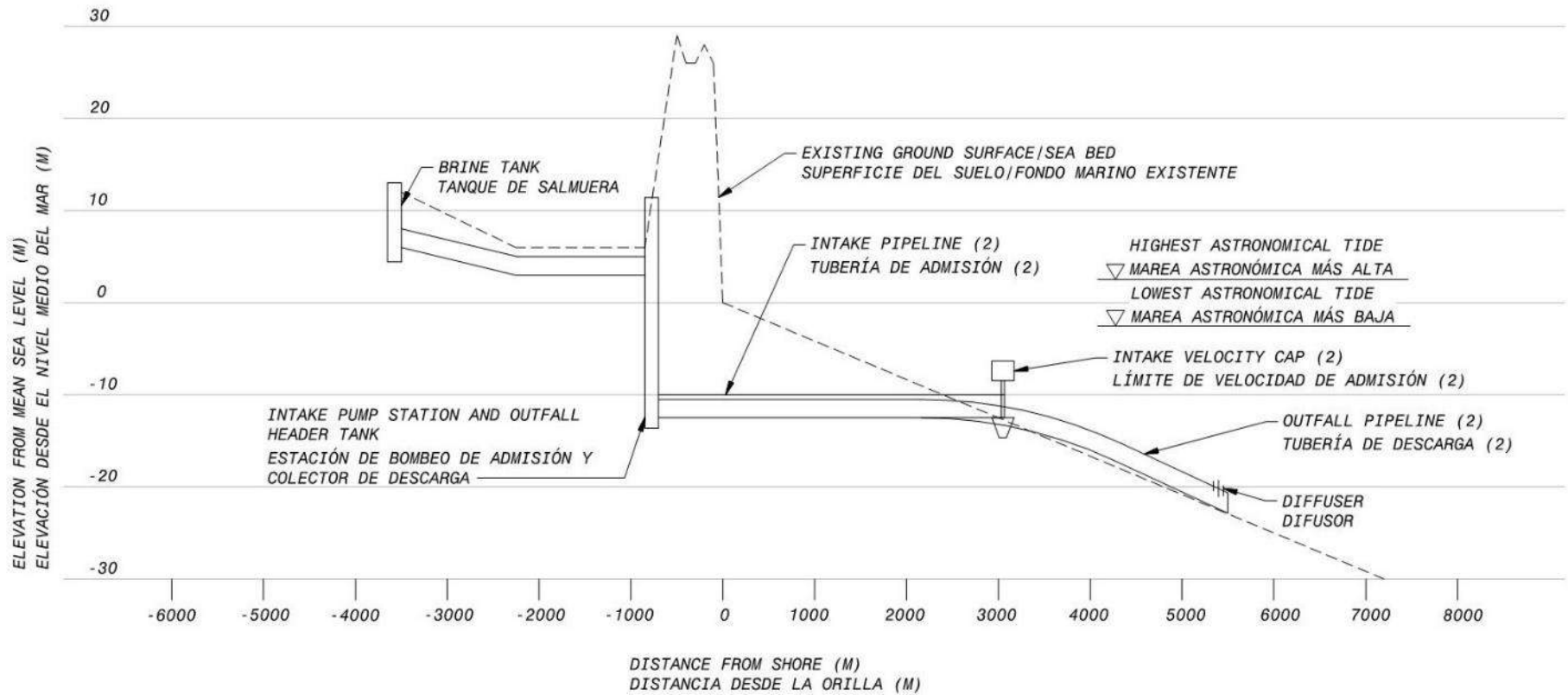
Los obras marinas para la Oportunidad 1 están a unos 15 km de los límites más cercanos de los Sitios Prioritarios Marinos que se encuentran al norte y al sur del área del proyecto. Sin embargo, se encuentran dentro de un Corredor Biológico y Pesquero propuesto; que se extiende a 25 km al sur de Puerto Lobos.



**Figure/Figura 9**      **Opportunity 1 – Marine works plan**  
**Oportunidad 1 - Plan de obras marinas**

Figure 10 shows a profile of the intake and outfall systems.

La Figura 10 muestra un perfil de los sistemas de admisión y descarga.



**Figure/Figura 10**      **Opportunity 1 – Marine works profile**  
**Opportunida 1 - Perfil de obras marinas**

As demonstrated in the brine dispersion modeling technical memorandum (TM4), the outfall design for Opportunity 1 will meet the draft Mexican regulation of salinity concentrations of no more than 15% above ambient conditions within 100 m (328 ft) from the point of discharge for all modeled current speeds except for the minimum winter and summer current condition of 0.16 ft/s. This minimum current condition is likely to occur only a few days a year. It is worth mentioning that compliance with the draft regulations is for current speeds other than the minimum condition is achieved at distance far less than the 100 m (328 ft) limit.

Any potential increase in salinity at the intakes should be determined through 3D modeling as part of a future phase or work, preferably using a time history (historical or simulated) of the variables that may be expected over one winter month and one summer month; winter and summer having underlying currents in different directions.

## Desalination Facilities

A preliminary evaluation of Opportunity 1 resulted in the selection of seawater reverse osmosis membrane desalination with pretreatment and finished water conditioning as the best available technology, with respect to economic viability and system reliability. The following conceptual design describes the recommended treatment components as well as their expected

Como se demostró en el memorando técnico de modelado de dispersión de salmuera (TM4), el diseño del emisor para la Oportunidad 1 cumplirá con el borrador de la norma mexicana de concentraciones de salinidad de no más del 15% por encima de las condiciones ambientales dentro de 100 m desde el punto de descarga para todas las velocidades de corriente modeladas, excepto la condición de corriente mínima de invierno y verano de 0.05 m/s. Es probable que esta condición mínima actual ocurra solo unos pocos días al año. Vale la pena mencionar que el cumplimiento con el borrador de las regulaciones es para velocidades actuales distintas de la condición mínima que se logra a una distancia mucho menor que el límite de 100 m.

Cualquier aumento potencial en la salinidad en las tomas debe determinarse a través del modelado 3D como parte de una fase o trabajo futuro, preferiblemente utilizando un historial de tiempo (histórico o simulado) de las variables que pueden extenderse durante un mes de invierno y un mes de verano; invierno y verano con corrientes subyacentes en diferentes direcciones.

## Instalaciones de Desalinización

Una evaluación preliminar de la Oportunidad 1 resultó en la selección de la desalinización por membranas de ósmosis inversa de agua de mar con pretratamiento y acondicionamiento de agua producto como la mejor tecnología disponible, con respecto a la viabilidad económica y la confiabilidad del sistema. El siguiente diseño conceptual describe los componentes de tratamiento recomendados, así como su rendimiento esperado y los costos de operación

performance and costs of operation considering average feed water quality and finished water demands.

As discussed previously, the facilities described herein are sized based on producing 92.7 mgd of treated water. The desalination facilities include the following major infrastructure:

- Desalination plant including pretreatment, seawater reverse osmosis, post-treatment, and product water storage
- Waste treatment including solids handling
- Chemical and process water storage
- Electrical distribution and controls within the desalination plant
- Administrative facilities within the desalination plant site such as administrative offices and control rooms.

### Water Quality

Understanding raw water quality is critical for process selection and characterizing discharge water quality. Due to lack of results from a formal water quality monitoring program, this study relied upon an analysis of the water quality data from third-party reports for Puerto Peñasco by the United States Trade and Development Agency and HDR Engineering in 2009. For most inorganic parameters, the water quality is within the typical range of values expected for seawater. Average water quality for the Sea of Cortez was chosen as the design basis to determine

considerando la calidad promedio del agua de alimentación y las demandas de agua terminada.

Como se discutió anteriormente, las instalaciones descritas en este documento tienen un tamaño basado en la producción de 351 MLD de agua tratada. Las instalaciones de desalinización incluyen la siguiente infraestructura principal:

- Planta de desalinización que incluye pretratamiento, ósmosis inversa de agua de mar, postratamiento y almacenamiento de agua del producto
- Tratamiento de residuos, incluido el manejo de sólidos
- Almacenamiento de químicos y agua de proceso
- Distribución eléctrica dentro de la planta de desalinización
- Instalaciones administrativas dentro del sitio de la planta de desalinización, tales como oficinas administrativas y cuartos de control

### Calidad del Agua

Comprender la calidad del agua cruda es fundamental para la selección del proceso y caracterizar la calidad del agua de descarga. Sin los resultados de un programa formal de monitoreo de la calidad del agua, este estudio se basó en un análisis de los datos de calidad del agua de informes de terceros para Puerto Peñasco por la Agencia de Comercio y Desarrollo de los Unidos e Ingeniería HDR en 2009. Para la mayoría de los parámetros inorgánicos, la calidad del agua está dentro del rango típico de valores esperados para el agua de mar. La calidad promedio del agua para el Mar de Cortés se eligió

optimum operational conditions, such as the membrane flux and recovery.

Table 7 provides a summary of the design basis and expected water quality of all process streams under average feed water conditions. Under the design specifications chosen for this study, and described in greater detail within the following sections, the proposed desalination system will produce product water and brine that meet their respective regulatory specifications.

Limited data is available regarding organic, microbiological and suspended solids content in the raw seawater. A single dataset was found from a joint report written by Resource Specialists Inc. and Oceanus Power & Water for an investigation of a site just south of Puerto Libertad, Sonora, Mexico during the week of April 5, 2018. In this study, two water samples were collected at depths of 3.3 and 33 feet. Both depths showed significant concentrations of algae, mostly Cyanophytes, in concentrations well above 35,000 cells per milliliter. Additionally, the shallow intake depth for Opportunity 1 suggests that the feed water quality will be particularly susceptible to high feed water suspended solids, especially during an algae bloom. For this reason, this study assumes that algae blooms occur in this area and the pretreatment system is designed accordingly to ensure reliable operation of the desalination plant.

como base de diseño para determinar las condiciones operativas óptimas, como el flujo y la recuperación de la membrana.

La Tabla 7 proporciona un resumen de la base de diseño y la calidad de agua esperada de todas las corrientes de proceso bajo las condiciones promedio de agua de alimentación. Según las especificaciones de diseño elegidas para este estudio, y descritas con mayor detalle en las siguientes secciones, el sistema de desalinización propuesto producirá agua y salmuera que cumplen con sus respectivas especificaciones regulatorias.

Se dispone de datos limitados sobre el contenido de sólidos orgánicos, microbiológicos y en suspensión en el agua de mar cruda. Se encontró un único conjunto de datos de un informe conjunto escrito por Resource Specialists Inc. y Oceanus Power & Water para una investigación de un sitio al sur de Puerto Libertad, Sonora, México, durante la semana del 5 de abril de 2018. En este estudio, se recogieron dos muestras de agua en profundidades de 1 y 10 metros. Ambas profundidades mostraron concentraciones significativas de algas, principalmente cianofitas, en concentraciones muy superiores a 35,000 células por mililitro. Además, la poca profundidad de entrada para la Oportunidad 1 sugiere que la calidad del agua de alimentación será particularmente susceptible a los sólidos suspendidos en el agua de alimentación, especialmente durante una floración de algas. Por esta razón, este estudio supone que las floraciones de algas se producen en esta área y el sistema de pretratamiento está diseñado en consecuencia para garantizar un funcionamiento confiable de la planta de desalinización.

**Table/Tabla 7**

**Water quality and target goals for desalination plant feed, brine, and finished water**

**Calidad del agua y objetivos específicos para la alimentación de la plantas desalinizadoras, salmueras y agua producto**

PARAMETER PARÁMETRO	UNITS UNIDADES	DESIGN BASIS – AVERAGE FEED BASE DEL DISEÑO - ALIMENTACIÓN PROMEDIO	REVERSE OSMOSIS BRINE SALMUERA DE ÓSMOSIS INVERSA	REVERSE OSMOSIS PERMEATE <sup>1</sup> PERMEADO DE ÓSMOSIS INVERSA <sup>1</sup>	FINISHED WATER AFTER POST-TREATMENT <sup>2</sup> AGUA PRODUCTO DESPUÉS DEL POST-TRATAMIENTO <sup>2</sup>	TARGET FINISHED WATER QUALITY OBJETIVO DE CALIDAD DEL AGUA PRODUCTO
Alkalinity/ Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	114	257	0.4	38	>30
Barium/ Bario	mg/L	0.021	0.04	0	0	Not applicable/ No aplica
Boron/ Boro	mg/L	3.9	7.1	0.37	0.37	<0.75 <sup>(1)</sup>
Bromide/ Bromuro	mg/L	73	140	0.084	0.084	Not applicable/ No aplica
Calcium/ Calcio	mg/L	400	770	0.069	17.5	Not applicable/ No aplica
Calcium carbonate precipitation potential/ Potencial de precipitación de carbonato de calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	30	130	-5.7	4.3	4-10
Chloride/ Cloruro	mg/L	18,710	35,960	15.9	17	<250
Iron/Hierro	mg/L	Not available/ No disponible	Not available/ No disponible	Not available/ No disponible	Not available/ No disponible	0.3
Magnesium/ Magnesio	mg/L	1,250	2,400	0.22	0.22	Not applicable/ No aplica
Manganese/ Manganeso	mg/L	Not available/ No disponible	Not available/ No disponible	Not available/ No disponible	Not available/ No disponible	0.05
Nitrate/ Nitrato	mg/L N	0.50	0.95	0.005	0.005	<10
Nitrite/ Nitrito	mg/L N	0	0	0	0	1
pH		7.9	7.1	5.5	8.5	6.5-8.5



PARAMETER PARÁMETRO	UNITS UNIDADES	DESIGN BASIS – AVERAGE FEED BASE DEL DISEÑO - ALIMENTACIÓN PROMEDIO	REVERSE OSMOSIS BRINE SALMUERA DE ÓSMOSIS INVERSA	REVERSE OSMOSIS PERMEATE <sup>1</sup> PERMEADO DE ÓSMOSIS INVERSA <sup>1</sup>	FINISHED WATER AFTER POST-TREATMENT <sup>2</sup> AGUA PRODUCTO DESPUÉS DEL POST-TRATAMIENTO <sup>2</sup>	TARGET FINISHED WATER QUALITY OBJETIVO DE CALIDAD DEL AGUA PRODUCTO
Phosphate/ Fosfato	mg/L as P	0.28	0.53	0	0	Not applicable/ No aplica
Potassium/ Potasio	mg/L	377	720	0.47	0.47	Not applicable/ No aplica
Silica, dissolved/ Sílice, disuelta	mg/L	3.0	5.8	0.002	0.002	Not applicable/ No aplica
Sodium/ Sodio	mg/L	10,400	20,000	9.99	11	<200
Strontium/ Estroncio	mg/L	13	24	0.002	0.002	Not applicable/ No aplica
Sulfate/ Sulfato	mg/L	2,610	5,050	0.49	0.49	Not applicable/ No aplica
Temperature/ Temperatura	°F	75	75	75	75	Not applicable/ No aplica
	°C	24	24	24	24	
Total dissolved solids/ Sólidos disueltos totales	mg/L	34,000	65,400	28	120	<500

PARAMETER PARÁMETRO	UNITS UNIDADES	DESIGN BASIS – AVERAGE FEED BASE DEL DISEÑO - ALIMENTACIÓN PROMEDIO	REVERSE OSMOSIS BRINE SALMUERA DE ÓSMOSIS INVERSA	REVERSE OSMOSIS PERMEATE <sup>1</sup> PERMEADO DE ÓSMOSIS INVERSA <sup>1</sup>	FINISHED WATER AFTER POST-TREATMENT <sup>2</sup> AGUA PRODUCTO DESPUÉS DEL POST-TRATAMIENTO <sup>2</sup>	TARGET FINISHED WATER QUALITY OBJETIVO DE CALIDAD DEL AGUA PRODUCTO
------------------------	-------------------	--	--	---	---	--

<sup>1</sup> Permeate and finished water quality presented for average feed water quality and with an average membrane age of 3 years. The configuration of the reverse osmosis system was designed to achieve maximum target finished water concentrations (i.e., 0.75 mg/L boron) under worst-case boron, total dissolved solids, and temperature conditions of 5 mg/L, 37,000 mg/L, and 90° F, respectively. The concentrations of secondary dissolved solids were scaled in coordination with the increase in overall total dissolved solids (i.e., 9% increase) since seawater concentrations at the worst-case temperature were not available.

Permeado y calidad del agua producto presentada para la calidad promedio del agua de alimentación y con una edad promedio de membrana de 3 años La configuración del sistema de ósmosis inversa se diseñó para alcanzar las concentraciones máximas de agua producto deseadas (es decir, 0.75 mg / L de boro) en el peor de los casos, condiciones totales de boro disuelto y temperatura de 5 mg / L, 37,000 mg / L, y 90° Fahrenheit, respectivamente. Las concentraciones de sólidos disueltos secundarios se escalaron en coordinación con el aumento de los sólidos disueltos totales (es decir, un aumento del 9%) ya que las concentraciones de agua de mar a la peor temperatura no estaban disponibles.

<sup>2</sup> The target boron concentration of 0.75 mg/L was chosen to match average boron concentrations in the receiving water body (i.e., the Colorado River).

La concentración objetivo de boro de 0.75 mg/L se eligió para igualar las concentraciones promedio de boro en el cuerpo de agua receptor (es decir, el Río Colorado).

<sup>3</sup> Post-treatment conditioning of the reverse osmosis permeate water consists of the addition of up to 3 mg/L sodium hypochlorite (primary disinfection), up to 4 mg/L liquid ammonium sulfate (to form chloramines for secondary disinfection), 31 mg/L carbon dioxide (prevent corrosion during distribution), and 32 mg/L lime (prevent corrosion during distribution).

El acondicionamiento posterior al tratamiento del agua permeada de ósmosis inversa consiste en la adición de hasta 3 mg/L de hipoclorito de sodio (desinfección), de hasta 4 mg/L de sulfato de amonio líquido (desinfección), 31 mg/L de dióxido de carbono (prevenir la corrosión durante la distribución), y 32 mg/L de cal (previene la corrosión durante la distribución).

### Conceptual Site Plan

Figure 11 illustrates the general site layout for the proposed seawater desalination plant. The site includes accommodations for process equipment, pumping, waste handling, storage tanks, chemical dosing, electrical, and administrative buildings.

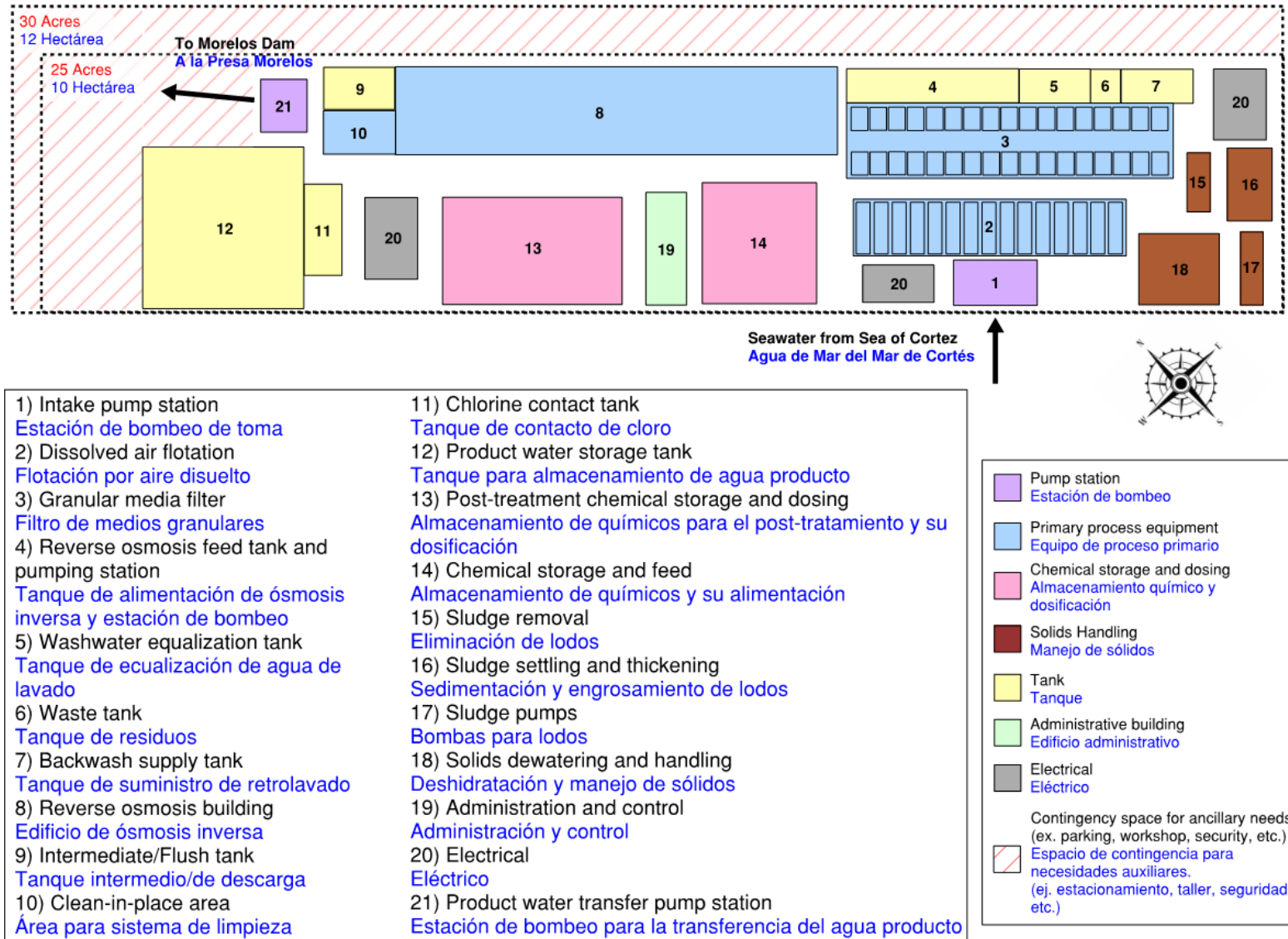
Additionally, contingency space is reserved for ancillary uses such as employee parking, workshops, and security buildings. Inter-building spacing has been designed to allow truck and employee

### Plan Conceptual del Sitio

La Figura 11 ilustra el diseño general del sitio para la planta de desalinización de agua de mar propuesta. El sitio incluye alojamiento para equipos de proceso, bombeo, manejo de desechos, tanques de almacenamiento, dosificación de químicos, edificios eléctricos y administrativos. Además, el espacio para contingencias está reservado para usos auxiliares, como estacionamiento para empleados, talleres y edificios de seguridad. El espacio entre edificios

access throughout the plant for operational and maintenance activities such as chemical delivery, solids hauling, etc. In all, the projected site footprint is between 25 and 30 acres.

se ha diseñado para permitir el acceso de camiones y empleados en toda la planta para actividades operativas y de mantenimiento, como entrega de productos químicos, transporte de sólidos, etc. En total, la huella proyectada del sitio es de entre 10 y 12 hectáreas.



**Figure/Figura 11**      **Opportunity 1 – Preliminary reverse osmosis desalination plant layout**  
**Oportunidad 1 – Arreglo preliminar de la planta de desalinización por ósmosis inversa**

### Treatment Process Description

Figure 12 shows the proposed process flow diagram for the desalination plant for Opportunity 1. The plant schematic consists of the following unit processes: dissolved air flotation with coagulant addition, granular media filtration, two-pass reverse osmosis membrane desalination, product water chemical addition, solids handling, and product water storage. These processes are discussed in detail below.

### Descripción del Proceso de Tratamiento

La Figura 1 muestra el diagrama de flujo del proceso propuesto para la planta de desalinización para la Oportunidad 1. El esquema de la planta consta de los siguientes procesos unitarios: flotación por aire disuelto con adición de coagulante, filtración por medios granulares, desalinización por membrana de ósmosis inversa de dos pasos, adición química al agua producto, y manejo de sólidos. Estos procesos se analizan en detalle a continuación.

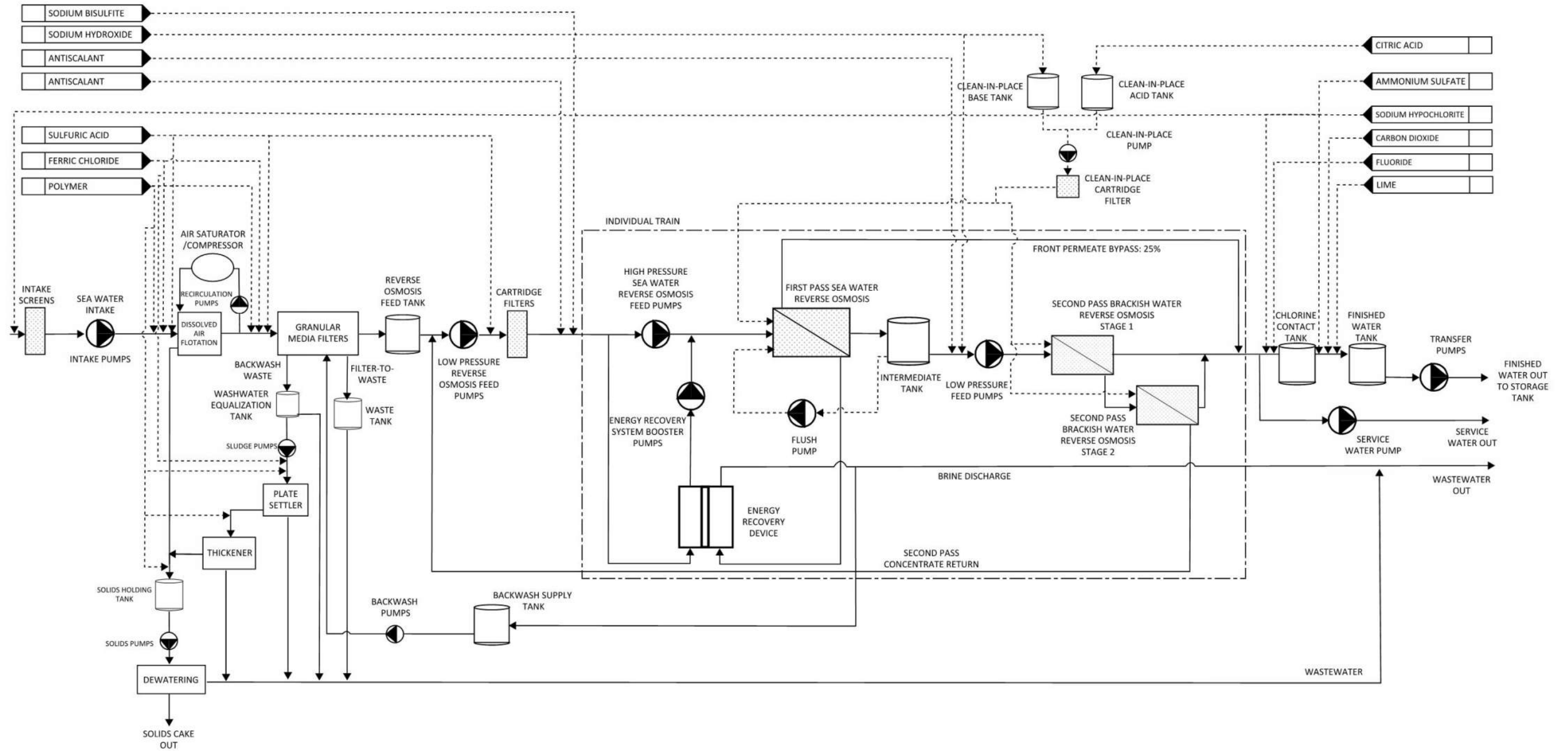


Figure 12 Opportunity 1 – Desalination facility process schematic

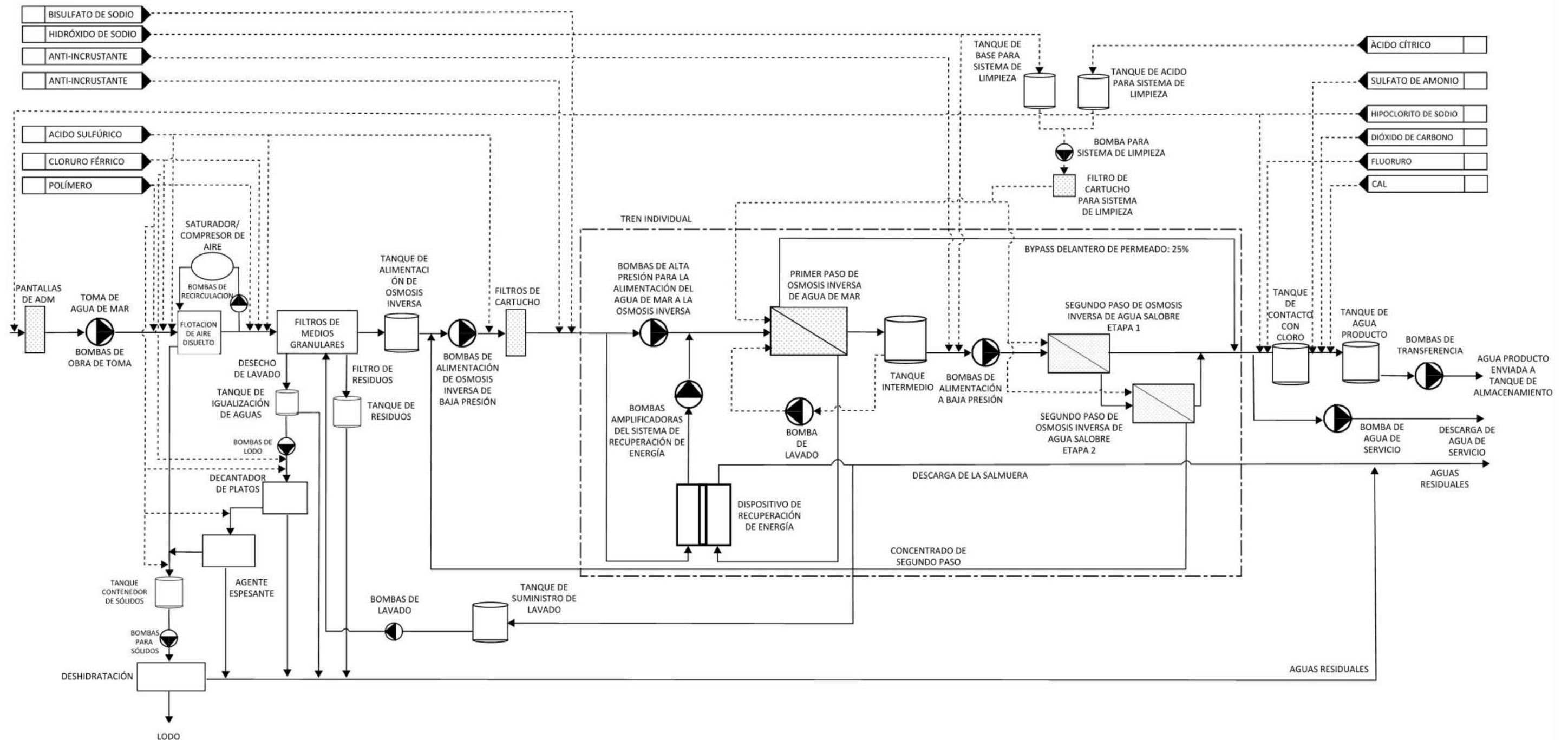


Figura 12 Oportunidad 1 – Esquema de la instalación del proceso de desalinización

## Pretreatment

The objective of the pretreatment system is to remove foulants that adversely affect performance of the reverse osmosis membrane and to minimize fouling potential. Pretreatment typically targets the removal of colloidal and suspended solids, oil and grease (if present), algae, and natural organic matter.

The pretreatment design developed in this evaluation consists of dissolved air flotation clarification followed by granular media filtration. The dissolved air flotation process is commonly implemented upstream of the filtration process in seawater desalination plants where there is potential for frequent occurrences of high concentration of algae or suspended solids. The dissolved air flotation process is effective in removing algae, as it utilizes microbubbles to float low density algae and other solids to the water surface, forming a sludge layer that can be periodically removed.

A static mixer is provided upstream of the dissolved air flotation influent channel for sulphuric acid and coagulant addition. Ferric chloride coagulant is added for particle charge neutralization and floc formation. Polymer (optional) is added as a coagulant aid to promote floc formation and settling.

From the static mixer, flow is distributed into the dissolved air flotation influent channel and subsequently into the individual flocculation basins associated with each dissolved air flotation unit. The flocculation basins allow for agglomeration of particles and floc formation upstream of the dissolved air flotation basin.

## Pretratamiento

El objetivo del sistema de pretratamiento es eliminar los líquidos que afectan negativamente el rendimiento de la membrana de ósmosis inversa y minimizar el potencial de ensuciamiento. El pretratamiento generalmente tiene como meta la eliminación de sólidos coloidales y en suspensión, aceites y grasas (si están presentes), algas y materia orgánica natural.

El diseño del pretratamiento desarrollado en esta evaluación consiste en la clarificación por flotación por aire disuelto seguida por filtración con medios granulares. El proceso de flotación por aire disuelto se implementa comúnmente aguas arriba del proceso de filtración en las plantas de desalinización de agua de mar donde existe la posibilidad de que ocurran frecuentes concentraciones altas de algas o sólidos en suspensión. El proceso de flotación por aire disuelto es efectivo para eliminar las algas, ya que utiliza microburbujas para hacer flotar las algas de baja densidad y otros sólidos en la superficie del agua, formando una capa de lodo que se puede eliminar periódicamente.

Se proporciona un mezclador estático aguas arriba al canal afluente de la flotación por aire disuelto para la adición de ácido sulfúrico y coagulante. Se agrega coagulante de cloruro férrico para neutralizar la carga de partículas y formar flóculos. El polímero (opcional) se agrega como un coagulante ayudante para motivar la formación de flóculos y la sedimentación.

Desde el mezclador estático, el flujo se distribuye en el canal afluente a la flotación por aire disuelto y, posteriormente, a las cuencas de floculación individuales asociadas con cada unidad de flotación con aire disuelto. Los depósitos de floculación permiten la aglomeración



Flocculated water enters the dissolved air flotation unit under a baffle wall at the inlet riser. Recycled water that has been saturated with compressed air is introduced at the inlet of the basin via an array of distribution nozzles. The pressure drop across the recycle nozzles causes the air to come out of solution in the form of fine microbubbles (20 to 100  $\mu\text{m}$  in diameter).

The clarified water flows down to the filtration section in the lower part of the dissolved air flotation structure. The dissolved air flotation system is expected to remove 85 to more than 95 percent of suspended solids. Provisions to bypass the dissolved air flotation system should be included for periods when raw seawater quality has reasonably low concentrations of suspended solids and algae and can be directly treated by granular media filtration, after coagulation.

Dissolved air flotation solids are removed mechanically and pumped to the brine and waste collection tank for solids concentration and dewatering before off-site disposal.

Design details for the dissolved air flotation system are provided in Table 8.

de partículas y la formación de flóculos aguas arriba del depósito de flotación con aire disuelto. El agua floculada ingresa a la unidad de flotación con aire disuelto debajo de una pared deflectora en el tubo de entrada. El agua reciclada que se ha saturado con aire comprimido se introduce en la entrada de la cuenca a través de una serie de boquillas de distribución. La caída de presión a través de las boquillas de reciclaje hace que el aire salga de la solución en forma de microburbujas finas (20 a 100  $\mu\text{m}$  en diámetro).

El agua clarificada fluye hacia la sección de filtración en la parte inferior de la estructura de flotación por aire disuelto. Se espera que el sistema de flotación por aire disuelto retire del 85 a más del 95 por ciento de los sólidos suspendidos. Deben incluirse disposiciones para evitar el sistema de flotación por aire disuelto durante los períodos en que la calidad del agua de mar en bruto tiene concentraciones razonablemente bajas de sólidos en suspensión y algas, y puede tratarse directamente mediante filtración de medios granulares, después de la coagulación.

Los sólidos de la flotación por aire disueltos se eliminan mecánicamente y se bombean a la salmuera y al tanque de recolección de residuos para la concentración de sólidos y la deshidratación antes de su eliminación fuera del sitio.

Los detalles de diseño para el sistema de flotación por aire disuelto se proporcionan en la Tabla 8.

**Table/Tabla 8 Dissolved air flotation system design parameters**  
**Parámetros de diseño del sistema de flotación por aire disuelto**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Number of units Número de unidades	-	15 (duty) 15 (deber)
Maximum effluent flow rate Caudal máximo de efluentes	gpm (lps)	143,988 (9,083)
Nominal effluent flow rate Caudal nominal de efluentes	gpm (lps)	141,073 (8,899)
<b>Flotation basins / Cuencas de flotación</b>		
Loading rate with all units online (N) Tarifa de carga con todas las unidades en línea (N)	gpm/ft <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr )	10.4 (25.5 )
Loading rate with one unit offline (N-1) Velocidad de carga con una unidad sin conexión (N-1)	gpm/ft <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr )	11.2 (27.3)
Basin length Longitud de la cuenca	ft (m)	35 (10.8)
Basin width Ancho de la cuenca	ft (m)	26 (8.0)
Side water depth Profundidad del agua en la pared lateral	ft (m)	13 (4.0)
<b>Flocculation basins / Cuencas de floculación</b>		
Number of flocculation stages per dissolved air flotation unit Número de etapas de floculación por unidad de flotación de aire disuelto	-	2

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Number of flocculation cells per stage Número de células de floculación por etapa	-	2
Basin cell length Longitud de celda de cuenca	ft (m)	19 (5.8)
Basin cell width Ancho de celda de cuenca	ft (m)	12 (3.8)
Detention time per stage Tiempo de detención por etapa	min	10
Total detention time per dissolved air flotation unit Tiempo total de detención por unidad de flotación de aire disuelto	min	20
Total number of flocculators per unit Número total de floculadores por unidad	-	4 (duty) 4 (deber)
Flocculator type Tipo de floculador	Vertical axial flow Flujo axial vertical	
1 <sup>st</sup> stage mixing intensity Intensidad de la mezcla de la primera etapa	1/sec 1/seg	100
2 <sup>nd</sup> stage mixing intensity Intensidad de la mezcla de la segunda etapa	1/sec 1/seg	80
Material of wetted parts Material de las piezas mojadas	Super duplex stainless steel Acero inoxidable superdúplex	

Granular media filters further remove colloidal and suspended solids from the clarified water to provide high quality feed water to the reverse osmosis system. Dissolved air flotation effluent will flow into a filter influent channel and be distributed into the individual filter basins. The gravity media filters consist of a filter underdrain, gravel base layer, sand, and anthracite. The sand layer provides effective removal of fine particles, and the anthracite layer provides deeper solids penetration into the filter bed, enabling higher filter loading rates and longer filter runs. A static mixer downstream of the dissolved air flotation effluent channel allows for additional dosing of ferric chloride and polymer to improve granular media filter performance.

Design details for the granular media filtration system is provided in Table 9.

Los filtros de medios granulares eliminan aún más los sólidos coloidales y suspendidos del agua clarificada para proporcionar agua de alimentación de alta calidad al sistema de ósmosis inversa. El efluente de flotación por aire disuelto fluirá hacia un canal influente del filtro y se distribuirá en las cuencas de filtro individuales. Los filtros de medios de gravedad consisten en un filtro de drenaje inferior, capa base de grava, arena y antracita. La capa de arena proporciona una eliminación efectiva de partículas finas, y la capa de antracita proporciona una penetración de sólidos más profunda en el lecho del filtro, lo que permite tasas de carga de filtro más altas y ciclos de filtro más largos. Un mezclador estático aguas abajo del canal de efluente de flotación con aire disuelto permite una dosificación adicional de cloruro férrico y polímero para mejorar el rendimiento del filtro de medios granulares.

Los detalles de diseño para el sistema de filtración por medios granulares se proporcionan en la Tabla 9.

**Table/Tabla 9 Granular media filter design parameters**  
**Parámetros de diseño de filtro de medios granulares**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Number of units Número de unidades	-	34
Loading rate with all filters in service (N) Velocidad de carga con todos los filtros en servicio (N)	gpm/ft <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr )	3.8 (9.3)
Loading rate with one filter out of service (N-1) Velocidad de carga con un filtro fuera de servicio (N-1)	gpm/ft <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr )	3.9 (9.6)

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Filter unit length Longitud del filtro de unidad	ft (m)	33 (10)
Filter unit width Ancho del filtro de unidad	ft (m)	33 (10)
Total filter loading area (all units) Superficie total de la carga del filtro (todas las unidades)	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	80,760 (7,503)
Media Medio	-	Anthracite, sand, gravel Anthracita, arena, grava
Filter basin material Material de la cuenca filtrante	-	Concrete Hormigón

Filter backwash can be triggered based on a pre-set value for headloss across the filter, filter run time, volume of water filtered, or filter effluent turbidity. The filter backwash will use reject stream water from the primary seawater reverse osmosis trains to minimize raw seawater intake flow. The filter backwashing process will consist of low and high rate backwashing with air scour. The filter backwash tank is designed to store sufficient volume for a minimum of two backwashes.

Filter effluent will be collected in a common header and delivered to the filtered water tank. The filtered water pumps will deliver water from the filtered water tanks to the reverse osmosis building.

El lavado a contracorriente del filtro se puede activar en función de un valor preestablecido para la pérdida de carga en el filtro, el tiempo de funcionamiento del filtro, el volumen de agua filtrada o la turbidez del efluente del filtro. El lavado a contracorriente del filtro utilizará el agua de la corriente de rechazo de los trenes primarios de ósmosis inversa del agua de mar para minimizar el flujo de agua cruda de mar. El proceso de lavado a contracorriente del filtro consistirá en lavado a contracorriente de baja y alta velocidad con lavado con aire. El tanque de retrolavado del filtro está diseñado para almacenar el volumen suficiente para un mínimo de dos retrolavados.

El efluente del filtro se recogerá en un colector común y se entregará al tanque de agua filtrada. Las bombas de agua filtrada entregarán agua desde los tanques de agua filtrada al edificio de ósmosis inversa.

## Reverse Osmosis Desalination

Reverse osmosis feed water will be pumped from the filtered water storage tank through cartridge filters and supplied to the reverse osmosis system. The pressurized stream is split, with some of the flow being directed to the reverse osmosis high pressure feed pumps (one dedicated for each reverse osmosis unit) and the remaining flow directed to the energy recovery devices (one dedicated for each reverse osmosis unit). Flow entering the energy recovery device is pressurized by hydraulic energy recovered from the concentrate and by a booster pump (as needed to supply the incremental pressure required) to combine with the other half of the flow entering the reverse osmosis modules.

The high-pressure reverse osmosis feed pumps and energy recovery system booster pumps will be equipped with variable frequency drives. These vary the reverse osmosis feed pressure to produce the required permeate flow in response to changes in operating conditions such as water quality (salinity and temperature) and membrane age. Within the reverse osmosis train, the pressurized feed is evenly distributed among the pressure vessels. Part of the feed water passes through the membrane elements and exits the system as reverse osmosis permeate. The remaining feed water, which leaves the system as a concentrate brine, is manifolded and routed to the energy recovery system.

A fraction of the permeate from the high-pressure reverse osmosis units (considered as the first “pass”) will be split. The higher quality permeate from the front few elements will be sent

## Desalinización por Ósmosis Inversa

El agua de alimentación de ósmosis inversa se bombeará desde el tanque de almacenamiento de agua filtrada a través de filtros de cartucho y se suministrará al sistema de ósmosis inversa. La corriente presurizada se divide, y parte del flujo se dirige a las bombas de alimentación de alta presión de ósmosis inversa (una dedicada para cada unidad de ósmosis inversa) y el flujo restante se dirige a los dispositivos de recuperación de energía (uno dedicado a cada unidad de ósmosis inversa). El flujo que ingresa al dispositivo de recuperación de energía es presurizado por la energía hidráulica recuperada del concentrado y por una bomba de refuerzo (según sea necesario para suministrar la presión incremental requerida) para combinar con la otra mitad del flujo que ingresa a los módulos de ósmosis inversa.

Las bombas de alimentación de ósmosis inversa de alta presión y las bombas de refuerzo del sistema de recuperación de energía estarán equipadas con variadores de frecuencia. Estos varían la presión de alimentación de ósmosis inversa para producir el flujo de permeado requerido en respuesta a los cambios en las condiciones de funcionamiento, como la calidad del agua (salinidad y temperatura) y la edad de la membrana. Dentro del tren de ósmosis inversa, la alimentación a presión se distribuye uniformemente entre los recipientes a presión. Parte del agua de alimentación pasa a través de los elementos de la membrana y sale del sistema a medida que penetra la ósmosis inversa. El agua de alimentación restante, que sale del sistema como una salmuera concentrada, se distribuye y dirige al sistema de recuperación de energía.

Una fracción del permeado de las unidades de ósmosis inversa de alta presión (considerado como el primer "paso") se dividirá. El permeado

to the product water tank while the lower quality permeate from the tail elements will be sent to a second set of low-pressure reverse osmosis units for further treatment (considered the second pass). This configuration is typically called a “split-partial bypass” arrangement and is adopted to improve boron rejection of the final water. Intermediate pH adjustment is targeted to maximize boron rejection by increasing the pH of the second pass feed to 10 and converting boron, as uncharged boric acid at low pH, to charged borate, which is more readily rejected by the reverse osmosis membrane.

Membrane permeate flux and recovery are important design parameters in optimizing reverse osmosis system size, performance, and, ultimately, cost. Flux is defined as the flow rate of permeate produced per unit surface area of membrane. At higher design permeate flux, the number of installed reverse osmosis elements decreases for a plant with a fixed production capacity. However, the operating pressure, and the potential for fouling, increases. This requires more frequent cleaning and will reduce the life of the membrane. At lower permeate flux, although the number of membranes required will be higher, the operating pressures and fouling potential will be lower to produce the same amount of water.

Recovery is defined as the volume of water produced divided by the volume of water fed. Typical seawater reverse osmosis recoveries range from 35 to 60 percent, depending on the seawater quality (salinity and temperature) and treated water quality goals. The benefit of maximizing recovery is to minimize the amount of feed water required and, thus, reduce the size and cost of intake and pretreatment equipment. Additionally, the

de mayor calidad de los pocos elementos frontales se enviará al tanque de agua producto, mientras que el permeado de menor calidad de los elementos traseros se enviará a un segundo conjunto de unidades de ósmosis inversa de baja presión para un tratamiento adicional (considerado el segundo paso). Esta configuración se denomina típicamente arreglo de "derivación parcial-dividida" y se adopta para mejorar el rechazo de boro del agua final. El ajuste intermedio del pH está dirigido a maximizar el rechazo de boro al aumentar el pH de la alimentación del segundo paso a 10 y convertir el boro, como ácido bórico sin carga a pH bajo, en borato cargado, que es rechazado más fácilmente por la membrana de ósmosis inversa.

El flujo y la recuperación del permeado de membrana son parámetros de diseño importantes para optimizar el tamaño, el rendimiento y, en última instancia, el costo del sistema de ósmosis inversa. El flujo se define como la velocidad de flujo del permeado producido por unidad de superficie de membrana. Con un flujo de permeado de diseño más alto, el número de elementos de ósmosis inversa instalados disminuye para una planta con una capacidad de producción fija. Sin embargo, la presión de operación y el potencial de ensuciamiento aumentan. Esto requiere una limpieza más frecuente y reducirá la vida útil de la membrana. A un flujo de permeado más bajo, aunque el número de membranas requeridas sea mayor, las presiones de operación y el potencial de incrustación serán menores para producir la misma cantidad de agua.

La recuperación se define como el volumen de agua producida dividido por el volumen de agua alimentada. Las recuperaciones típicas de ósmosis inversa en agua de mar varían de 35 a 60 por ciento, dependiendo de la calidad del agua de mar (salinidad y temperatura) y los objetivos de calidad del agua tratada. El beneficio

volume of brine or concentrate generated is reduced as recovery is increased. However, as more desalinated water is extracted from the feed, the concentration of retained dissolved material increases. This results in higher osmotic pressure and, therefore, higher applied pressures to achieve the same permeate production. In addition, a more concentrated brine is more likely to foul the membrane surface and, in severe cases, induce precipitation of sparingly soluble salts, also known as “scaling.” Scaling can cause dramatic and, at times, irreversible membrane failure, requiring greater membrane cleaning and/or replacement.

In this study, a sensitivity analysis was performed around the flux and recoveries for both passes to determine the optimum values with respect to treated water cost. In general, most major design parameters, such as product water flow rate and feed water quality, were held constant to determine the impact of varying either permeate flux or recovery on overall water cost. Average salinity and temperature were chosen to model the seawater feed. Flux was varied between 6 and 12 gallons per square foot per day (gfd) and recovery was varied between 45 and 60 percent. Results from the sensitivity analysis along with other relevant reverse osmosis design parameters are presented in Table 10.

de maximizar la recuperación es minimizar la cantidad de agua de alimentación requerida y, por lo tanto, reducir el tamaño y el costo de la toma y el equipo de pretratamiento. Además, el volumen de salmuera o concentrado generado se reduce a medida que aumenta la recuperación. Sin embargo, a medida que se extrae más agua desalinizada de la alimentación, aumenta la concentración de material disuelto retenido. Esto da como resultado una mayor presión osmótica y, por lo tanto, mayores presiones aplicadas para lograr la misma producción de permeado. Además, es más probable que una salmuera más concentrada ensucie la superficie de la membrana y, en casos severos, induzca la precipitación de sales escasamente solubles, también conocidas como "incrustaciones". La incrustación puede causar fallas dramáticas de membrana, y en ocasiones, irreversible, requiriendo una mayor limpieza y/o reemplazo de membranas.

En este estudio, se realizó un análisis de sensibilidad alrededor del flujo y las recuperaciones para ambos pasos para determinar los valores óptimos con respecto al costo del agua tratada. En general, la mayoría de los principales parámetros de diseño, como el caudal de agua del producto y la calidad del agua de alimentación, se mantuvieron constantes para determinar el impacto de variar el flujo de permeado o la recuperación en el costo global del agua. Se eligió la salinidad y temperatura promedio para modelar la alimentación de agua de mar. El flujo varió entre 10 y 20 litros por metro cuadrado por hora ( $\text{lm}^2\text{h}$ ) y la recuperación varió entre 45 y 60 por ciento. Los resultados del análisis de sensibilidad junto con otros parámetros de diseño relevantes de la ósmosis inversa se presentan en la Tabla 10.

En el caso de que se requiera una limpieza o reparación de mantenimiento regular en uno de los trenes de ósmosis inversa, el tren único se desconectará mientras que la capacidad unitaria de los



In the event that a regular maintenance clean or repair is required on one of the reverse osmosis trains, the single train will be taken offline while the unit capacity of the remaining trains will be increased proportionally to ensure that the target 92.7 mgd production is maintained. The operating parameters that will be adjusted to increase per train productivity will be the permeate flux, which may marginally increase the fouling and cleaning rate during this time, but which is expected to not dramatically reduce overall performance stability.

trenes restantes se incrementará proporcionalmente para garantizar que se mantenga la producción objetivo de 351 MLD. Los parámetros operativos que se ajustarán para aumentar la productividad por tren serán el flujo de permeado, que puede aumentar marginalmente la tasa de ensuciamiento y limpieza durante este tiempo, pero que se espera que no reduzca drásticamente la estabilidad general del rendimiento.

**Table/Tabla 10**      **Reverse osmosis system design parameters**  
**Parámetros de diseño del sistema de ósmosis inversa**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
<b>Cartridge filter / Filtro de cartucho</b>		
Loading rate with all vessels online (N) Velocidad de carga con todos los recipientes en línea (N)	gpm/cartridge (lps/cartucho)	20 (1.3)
Number of cartridge filter vessels Número de recipientes de filtro de cartuchos	-	28
Number of cartridge filters per vessel Número de filtros de cartucho por recipiente	-	260
Influent flow rate per vessel Caudal de fluidez por recipiente	gpm (lps)	5,200 (328)
Cartridge filter micron rating Clasificación del recipiente de filtro de cartucho	micron micrones	5-20

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Cartridge filter vessel material Clasificación de micras de filtro de cartucho	Reinforced plastic or lined carbon steel Plástico reforzado o acero al carbono revestido	
<b>First-pass seawater reverse osmosis membrane system / Sistema de membrana del primer paso de ósmosis inversa de agua de mar</b>		
Number of reverse osmosis trains Número de trenes de ósmosis inversos	-	16
Design per train permeate flow with all trains online (N) Diseño por tren del flujo de permeado con todos los trenes en línea (N)	mgd (MLD)	6.5 (24.6)
Design per train permeate flow with one train offline (N-1) Diseño por tren impregna el flujo con un tren fuera de línea (N-1)	mgd (MLD)	6.9 (26.1)
Membrane element description Descripción del elemento d membrana	-	8 inches (203 mm) diameter/diámetro, 40 inches (1.02 m) length/longitud
Optimum recovery Recuperación optima	%	50
Optimum design flux at normal permeate flow (N) Flujo de diseño óptimo bajo flujo de permeado normal (N)	gallons per foot per day (gfd) litros por metro cuadrado por hora (lmh)	8.0 (14)
Optimum design flux at maximum permeate flow (N-1) El flujo de diseño óptimo en el máximo impregna el flujo (N-1)	gfd (lmh)	8.6 (15)
Active area per membrane element Área activa por elemento de la membrana	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	400 (37.2)
Number of elements per vessel Número de elementos por recipiente	-	7
Number of pressure vessels per train Número de recipientes de presión por tren	-	286

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Number of energy recovery systems Número de sistemas de recuperación de energía	-	16
Energy recovery device type Tipo de dispositivo de recuperación de energía	-	Pressure exchanger Intercambiador de presión
<b>Second-pass brackish water reverse osmosis system / Sistema de segundo paso de agua salobre de ósmosis inversa</b>		
Number of reverse osmosis trains Número de trenes de ósmosis inversa	-	16
Design per train permeate flow with all trains online (N) Diseño por tren del flujo permeado con todos los trenes en línea (N)	mgd (MLD)	4.4 (16.6)
Design per train permeate flow with one train offline (N-1) Diseño por tren del flujo permeado con un tren fuera de línea (N-1)	mgd (MLD)	4.7 (17.8)
Membrane element description Descripción del elemento de la membrana	-	8" (203 mm) diameter/diámetro, 40" (1.02 m) length/longitud
Optimum recovery Recuperación óptima	%	90
Optimum design flux at normal permeate flow (N) Flujo de diseño óptimo bajo flujo de permeado normal (N)	gfd (lmh)	18 (31)
Optimum design flux at maximum permeate flow (N-1) Flujo de diseño óptimo bajo flujo de permeado máximo (N-1)	gfd (lmh)	19 (33)
Active area per membrane element Área activa por elemento de la membrana	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	400 (37.2)
Number of elements per vessel Número de elementos por recipiente	-	7

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Number of pressure vessels per train - Stage 1 Número de recipientes de presión por tren - Etapa 1	-	58
Number of pressure vessels per train - Stage 2 Número de recipientes de presión por tren - Etapa 2	-	28

### Chemical Systems and Permeate Stabilization Post-Treatment

Chemicals are required to maintain optimal performance of treatment equipment and condition the water prior to distribution. Without stabilization, reverse osmosis permeate can be aggressive towards downstream equipment such as pumps, valves and conveyance piping due to its low pH, low alkalinity and elevated chloride levels. Post-treatment stabilization includes both the addition of alkalinity in the form of carbon dioxide or bicarbonate, pH adjustment and hardness in the form of lime to help form a layer of calcium carbonate on the pipeline to prevent corrosion. Microbial growth in the conveyance pipelines will be controlled by chlorination with sodium hypochlorite and liquid ammonium sulfate for chloramine formation. Disinfectant chemical doses and contact times designed to achieve virus and giardia inactivation.

Table 11 lists the chemical addition points as well as the purpose of chemical addition and projected average doses.

### Sistemas Químicos y Estabilización de Permeado Postratamiento

Se requieren productos químicos para mantener un rendimiento óptimo del equipo de tratamiento y acondicionar el agua antes de la distribución. Sin estabilización, el permeado de ósmosis inversa puede ser agresivo aguas abajo hacia equipos como bombas, válvulas y tuberías de conducción debido a su bajo pH, baja alcalinidad y niveles elevados de cloruro. La estabilización posterior al tratamiento incluye tanto la adición de alcalinidad en forma de dióxido de carbono o bicarbonato como el ajuste del pH. También se agrega dureza al agua en forma de cal para ayudar a formar una capa de carbonato de calcio en la tubería con el fin de prevenir la corrosión. El crecimiento microbiano en las tuberías de conducción se controlará mediante cloración con hipoclorito de sodio y sulfato de amonio líquido para la formación de cloramina. Dosis químicas desinfectantes y tiempos de contacto diseñados para lograr la inactivación de virus y giardia.

La Tabla 11 enumera los puntos de adición química, así como el propósito de la adición química y las dosis promedio proyectadas.

**Table/Tabla 11 Post-treatment chemical doses for average feed water conditions**  
**Dosis de químicos en el postratamiento para condiciones de agua de alimentación promedio**

FEED POINT PUNTO DE ALIMENTACIÓN	CHEMICAL QUÍMICA	PURPOSE PROPÓSITO	FEED TYPE TIPO DE ALIMENTO	DOSE AS 100% DOSIS COMO 100%
Seawater intake Toma de agua de mar	Sodium hypochlorite Hipoclorito de sodio	Biofouling control Control de bioincrustación	Intermittent Intermitente	10 mg/L
Upstream of dissolved air flotation basin Aguas arriba de la cuenca de flotación por aire disuelto	Sulfuric acid Acido sulfúrico	pH adjustment for coagulation Ajuste del pH para la coagulación	Continuous Continua	12 mg/L
Upstream of dissolved air flotation basin Aguas arriba de la cuenca de flotación por aire disuelto	Ferric chloride Cloruro férrico	Coagulation Coagulación	Continuous Continua	8.0 mg/L
Upstream of dissolved air flotation basin Aguas arriba de la cuenca de flotación por aire disuelto	Polymer Polímero	Coagulant aid Coagulante auxiliar	Continuous Continua	0.5 mg/L
Upstream of granular media filter Aguas arriba del filtro de medios granulares	Ferric chloride Cloruro férrico	Coagulation Coagulación	Continuous Continua	3.0 mg/L
Upstream of granular media filter Aguas arriba del filtro de medios granulares	Polymer Polímero	Coagulant aid Coagulante auxiliar	Continuous Continua	0.1 mg/L
Upstream or downstream of cartridge filters Aguas arriba o aguas abajo de los filtros de cartucho	Sodium bisulfite Bisulfito de sodio	Dechlorination Decloración	Intermittent Intermitente	10 mg/L
Upstream or downstream of cartridge filters Aguas arriba o aguas abajo de los filtros de cartucho	Antiscalant Antiescalante	Scale control Control de escalamiento	Continuous Continua	1 mg/L
Upstream of second pass feed pump Aguas arriba de la bomba de alimentación del segundo paso	Antiscalant Antiescalante	Scale control Control de escalamiento	Continuous Continua	4 mg/L

FEED POINT PUNTO DE ALIMENTACIÓN	CHEMICAL QUÍMICA	PURPOSE PROPÓSITO	FEED TYPE TIPO DE ALIMENTO	DOSE AS 100% DOSIS COMO 100%
Upstream of second pass feed pump Aguas arriba de la bomba de alimentación del segundo paso	Sodium hydroxide Hidróxido de sodio	Boron removal Eliminación de boro	Continuous Continua	12 mg/L
Reverse osmosis permeate Permeado de ósmosis inversa	Carbon dioxide Dióxido de carbono	Increase alkalinity Aumentar la alcalinidad	Continuous Continua	31 mg/L
Reverse osmosis permeate Permeado de ósmosis inversa	Lime Cal	Increase alkalinity and raise pH Aumentar la alcalinidad y pH	Continuous Continua	32.2 mg/L
Desalinated water Agua desalinizada	Sodium hypochlorite Hipoclorito de sodio	Primary disinfection Desinfección primaria	Continuous Continua	1.2 mg/L
Desalinated water Agua desalinizada	Liquid ammonium sulfate Sulfato de amonio líquido	Secondary disinfection to form chloramines Desinfección secundaria para formar cloraminas	Continuous Continua	2 mg/L

### Desalinated Water Storage

After post-treatment chemical addition, the desalinated water will be delivered to the desalinated water storage tank. The storage tank is designed to provide a detention time of 3 hours. The desalinated water storage tank is designed to provide storage volume for fire water, sufficient volume for operation of the conveyance system, and time for operators to adjust plant production rates and conveyance system rates to meet demands.

### Almacenamiento de Agua Desalinizada

Después de la adición química del postratamiento, el agua desalinizada se enviará al tanque de almacenamiento de agua desalinizada. El tanque de almacenamiento está diseñado para proporcionar un tiempo de retención de 3 horas. El tanque de almacenamiento de agua desalinizada está diseñado para proporcionar un volumen de almacenamiento para el en caso de emergencia, un volumen suficiente para la operación del sistema de conducción y el tiempo necesario para que los operadores ajusten las

Table 12 lists the design parameters for the desalinated water storage tank, as well as other treatment process storage tanks.

tasas de producción de la planta y las velocidades del sistema de conducción para satisfacer las demandas. La Tabla 12 enumera los parámetros de diseño para el tanque de almacenamiento de agua desalinizada, así como otros tanques de almacenamiento de proceso de tratamiento.

**Table/Tabla 12 Storage tank design parameters**  
**Parámetros de diseño del tanque de almacenamiento**

TANK NAME NOMBRE DEL TANQUE	VOLUME VOLUMEN	RESIDENCE TIME TIEMPO DE RESIDENCIA
Reverse osmosis feed tank Tanque de alimentación de ósmosis inversa	2,093,620 gallons 7,924 m <sup>3</sup>	15 minutes/minutos
Intermediate tank Tanque intermedio	552,552 gallons 2,091 m <sup>3</sup>	10 minutes/minutos
Finished water chlorine tank Tanque de cloro de agua producto	965,625 gallons 3,655 m <sup>3</sup>	15 minutes/minutos
Finished water storage tank Tanque de almacenamiento de agua producto	11,587,500 gallons 43,859 m <sup>3</sup>	3 hours/horas
Media filter backwash supply tank Tanque de suministro de retrolavado del filtro de medios	774,901 gallons 2,933 m <sup>3</sup>	36 minutes/minutos

### Brine and Waste Disposal

The desalination plant will generate the following process waste flows:

- Reverse osmosis concentrate (liquid)

### Eliminación de Residuos y Salmuera

La planta de desalinización generará los siguientes flujos de residuos del proceso:

- Concentrado de ósmosis inversa (líquido)

- Dissolved air flotation solids blowdown (solids and liquid)
- Granular media filter backwash waste (solids and liquid)
- Granular media filter-to-waste (liquid)
- Reverse osmosis cleaning chemicals
- Lime sludge

Solids will be separated from the dissolved air flotation blowdown and granular media filter backwash waste using plate settling, gravity thickening, and centrifugation to increase the solids content from approximately 0.1% and 2% as granular media filtration and dissolved air flotation waste and lime sludge, respectively, to a final waste stream of 30%. These solids will be hauled off-site for landfilling. Design parameters for solids handling are presented in Table 13.

Liquid waste will be consolidated and discharged through a dedicated ocean outfall designed to ensure maximum mixing and diffusion into the receiving waters, as described previously.

- Purga de sólidos de flotación por aire disuelto (sólidos y líquidos)
- Residuos de lavado de filtro de medios granulares (sólidos y líquidos)
- Granular medio filtro a desecho (líquido)
- Productos químicos de limpieza por ósmosis inversa
- Lodo de cal

Los sólidos se separarán del depurado de flotación por aire disuelto y el residuo del lavado del filtro de medios granulares mediante un lavado de platos, engrosamiento por gravedad y centrifugación, para aumentar el contenido de sólidos de aproximadamente 0.1% y 2% como residuos de la filtración de medios granulares y de flotación por aire disuelto, respectivamente, a una corriente final de residuos del 30%. Estos sólidos serán transportados fuera del sitio a vertederos. Los parámetros de diseño para el manejo de sólidos se presentan en la Tabla 13.

Los desechos líquidos se consolidarán y descargarán a través de un emisor oceánico definido diseñado para garantizar la máxima mezcla y difusión en las aguas receptoras, como se describió anteriormente.



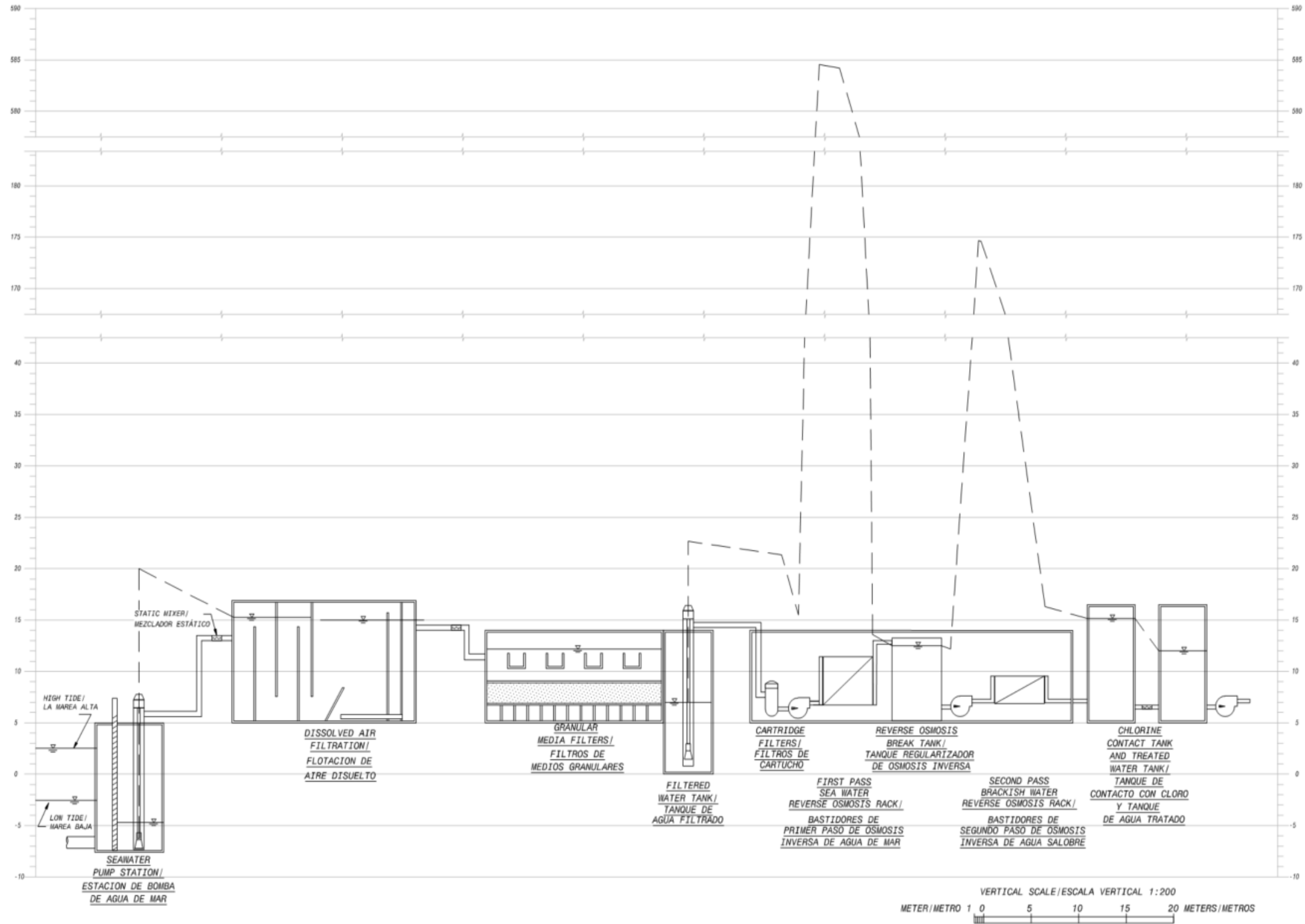
**Table/Tabla 13 Solids handling design parameters  
 Parámetros de diseño de manejo de sólidos**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
<b>Plate settler / Arreglo de platos</b>		
Number of units Número de unidades	-	2 (1 standby/colocarse)
Hydraulic loading rate (projected horizontal area) Velocidad de carga hidráulica (área horizontal proyectada)	gpm/ft <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr)	0.35 (0.86)
Unit width Ancho de unidad	ft (m)	11.5 (3.5)
Unit length Longitud de la unidad	ft (m)	90 (27)
Total surface area Superficie total	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	1,031 (96)
<b>Gravity thickener / Espesante de gravedad</b>		
Number of units Número de unidades	-	2 (1 standby/colocarse)
Solids loading rate Tasa de carga de sólidos	lb/ft <sup>2</sup> /d (kg/m <sup>2</sup> /d)	10 (49)
Hydraulic overflow rate Tasa de desbordamiento hidráulico	gpm/ft <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /hr)	0.14 (0.34)
Diameter of unit Diámetro de la unidad	ft (m)	39 (11.7)
Total surface área Superficie total	ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	1,167 (108)

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
<b>Centrifugal dewatering / Desagüe centrífugo</b>		
Influent solids content Contenido de sólidos de la alimentación	%	2.0
Effluent cake solids content Contenido de sólidos de los lodos de efluentes	%	30
Specific energy consumption Consumo de energía específico	kWh/m <sup>3</sup>	0.8

The hydraulic profile through the desalination treatment plant for Opportunity 1 is presented in Figure 13. The significant majority of the head developed within the plant is during pressurization of the seawater and brackish water membranes in the first and second pass desalination trains, respectively. Additional head is required for conveyance from the intake to the desalination facility, which is a reflection of the plant elevation relative to the location of the intake pipeline.

El perfil hidráulico a través de la planta de tratamiento de desalinización para la Oportunidad 1 se presenta en la Figura 13. La mayoría significativa de la cabeza desarrollada dentro de la planta es presurizada a las membranas de agua de mar y de agua salobre en los trenes de desalinización de primer y segundo paso, respectivamente. Se requiere una cabeza adicional para la conducción desde la toma a la instalación de desalinización, que es un reflejo de la elevación de la planta en relación con la ubicación de la tubería de la toma.



Figure/Figura 13 Opportunity 1 – Desalination treatment plant hydraulic profile  
 Oportunidad 1 – Perfil hidráulico de la planta de desalinización de tratamiento

## Conveyance of Treated Water

Opportunity 1 includes conveyance of treated water from the desalination plant near Jagüey to the delivery location at Morelos Dam. The design flow rate for the conveyance pipeline was assumed to be 185 mgd, which corresponds to the treated water flow associated from two desalination opportunities. It is assumed that the pipeline would have a diameter of 84-inches and be constructed of steel pipe with cement mortar lining and polyurethane outside coating, which is a widely used pipe material/coating/lining selection for large diameter water transmission pipelines. Two pump stations and a stand-alone hydraulic break tank are required along the 225-mile pipeline alignment, which generally follows the existing coastal road and other existing roadways to the north. Representative pictures of the roadways are shown on Figure 14. The exception is where the alignment follows an existing railroad track.

Figure 15 shows the proposed pipeline alignment for Opportunity 1 from Jagüey to Morelos Dam as well as the locations of the proposed pump stations.

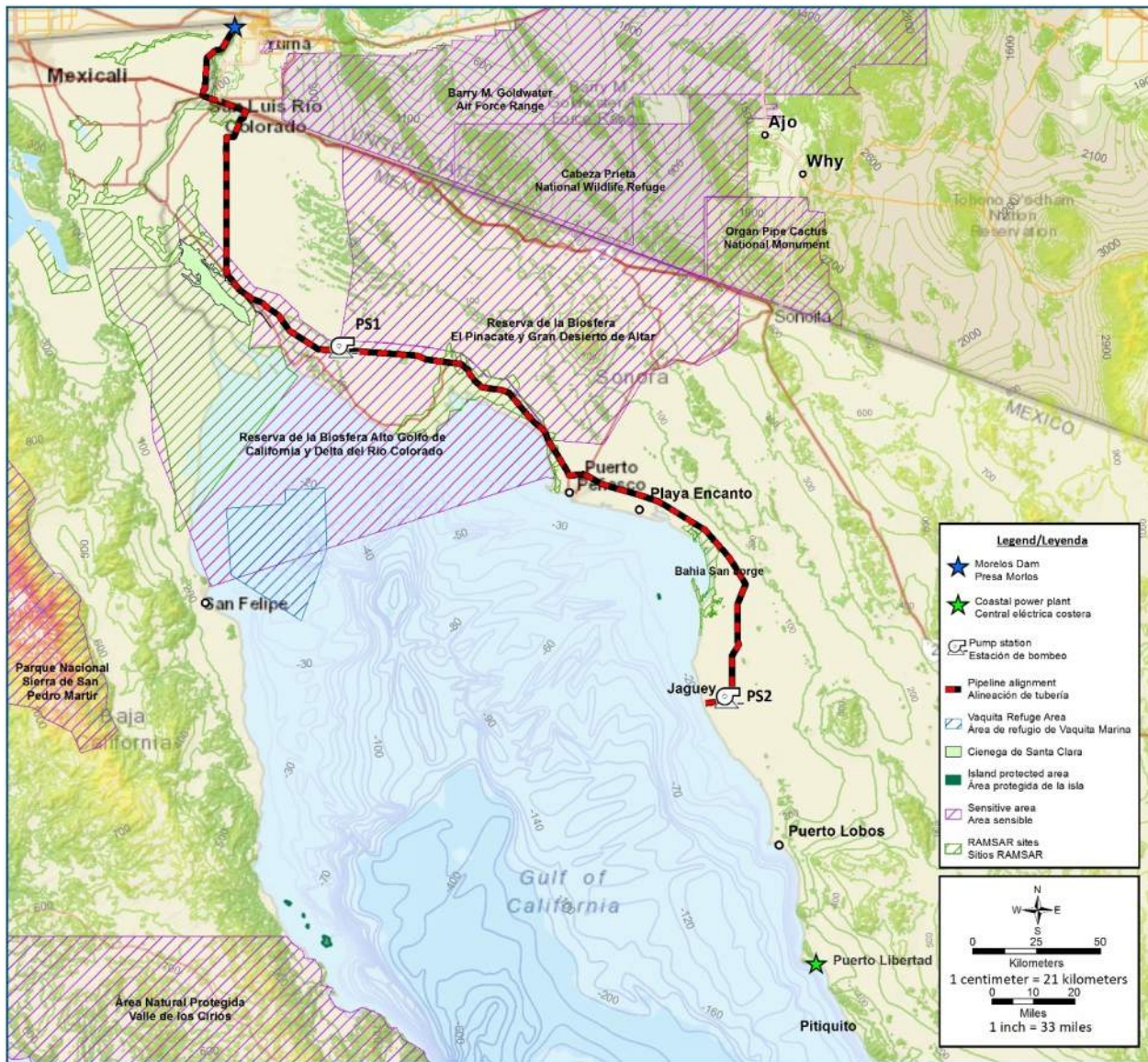
## Conducción de Agua Tratada

La Oportunidad 1 incluye la conducción de agua tratada desde la planta de desalinización cerca de Jagüey hasta el lugar de entrega en la Presa Morelos. Se asumió que el caudal de diseño para la tubería de conducción era de 702 MLD, que corresponde al flujo de agua tratada asociado a dos oportunidades de desalinización. Se supone que la tubería tendría un diámetro de 2100-milímetros y se construiría una tubería de acero con revestimiento de mortero de cemento y recubrimiento de poliuretano, que es una selección de material de tubería/revestimiento/revestimiento usado ampliamente para tuberías de transporte de agua de gran diámetro. Se requerían dos estaciones de bombeo y un tanque de cambio de régimen independiente a lo largo de la alineación de la tubería de 360 km, que generalmente sigue la carretera costera existente y otras carreteras existentes hacia el norte. Las imágenes representativas de las carreteras se muestran en la Figura 14. La excepción es cuando la alineación sigue una vía de ferrocarril existente.

La Figura 15 muestra la alineación propuesta del ducto para la Oportunidad 1 desde Jagüey hasta la Presa de Morelos, así como las ubicaciones de las estaciones de bombeo propuestas.



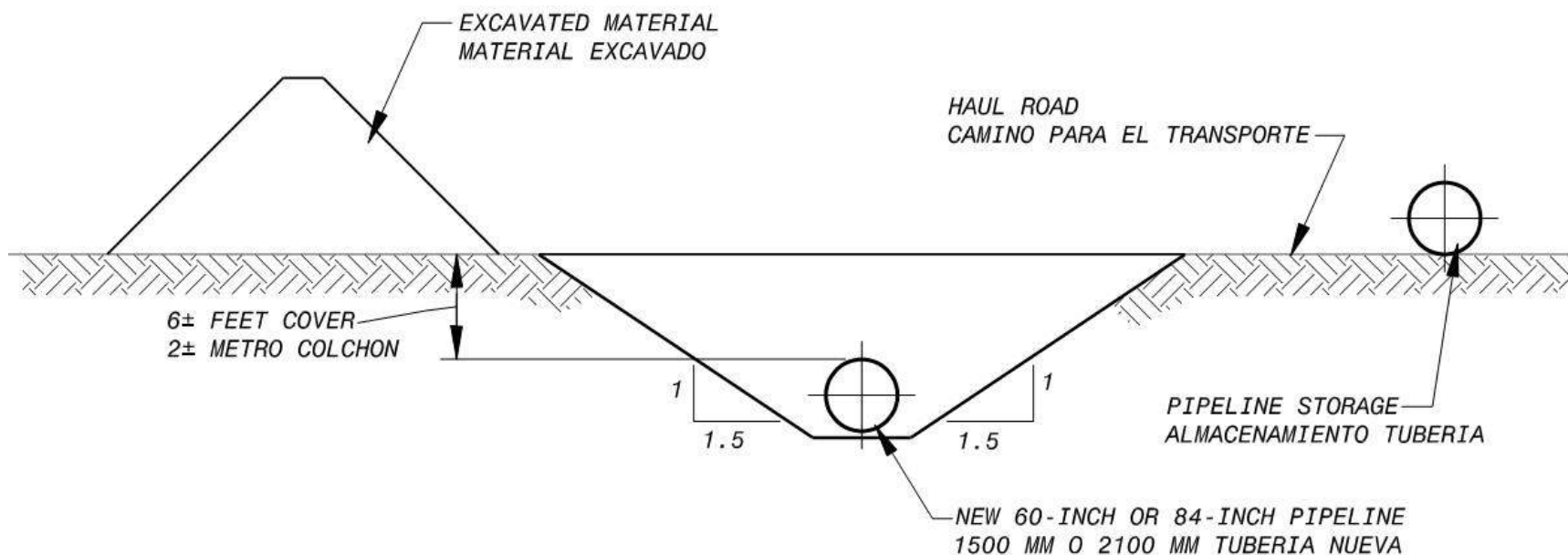
**Figure/Figura 14**      **Representative pictures of the potential pipeline route**  
**Imágenes representativas de la ruta potencial de la tubería**



Figure/Figura 15 Opportunity 1 – Conveyance alignment  
 Oportunidad 1 – Alineación de conducción

An easement will be required along the 225-mile conveyance alignment. This allows area for excavation, stockpiling excavated material, a haul road, and laying out the pipe before installation in the trench. A typical construction area layout is shown on Figure 16.

Se requerirá una servidumbre a lo largo de la alineación de conducción de 360km. Esto permite un área para la excavación, el almacenamiento de material excavado, un camino de acarreo y el tendido de la tubería antes de la instalación en la zanja. En la Figura 16 se muestra un diseño típico de área de construcción.



**Figure/Figura 16** Typical pipeline construction area layout  
 Diseño típico del área de construcción de tuberías

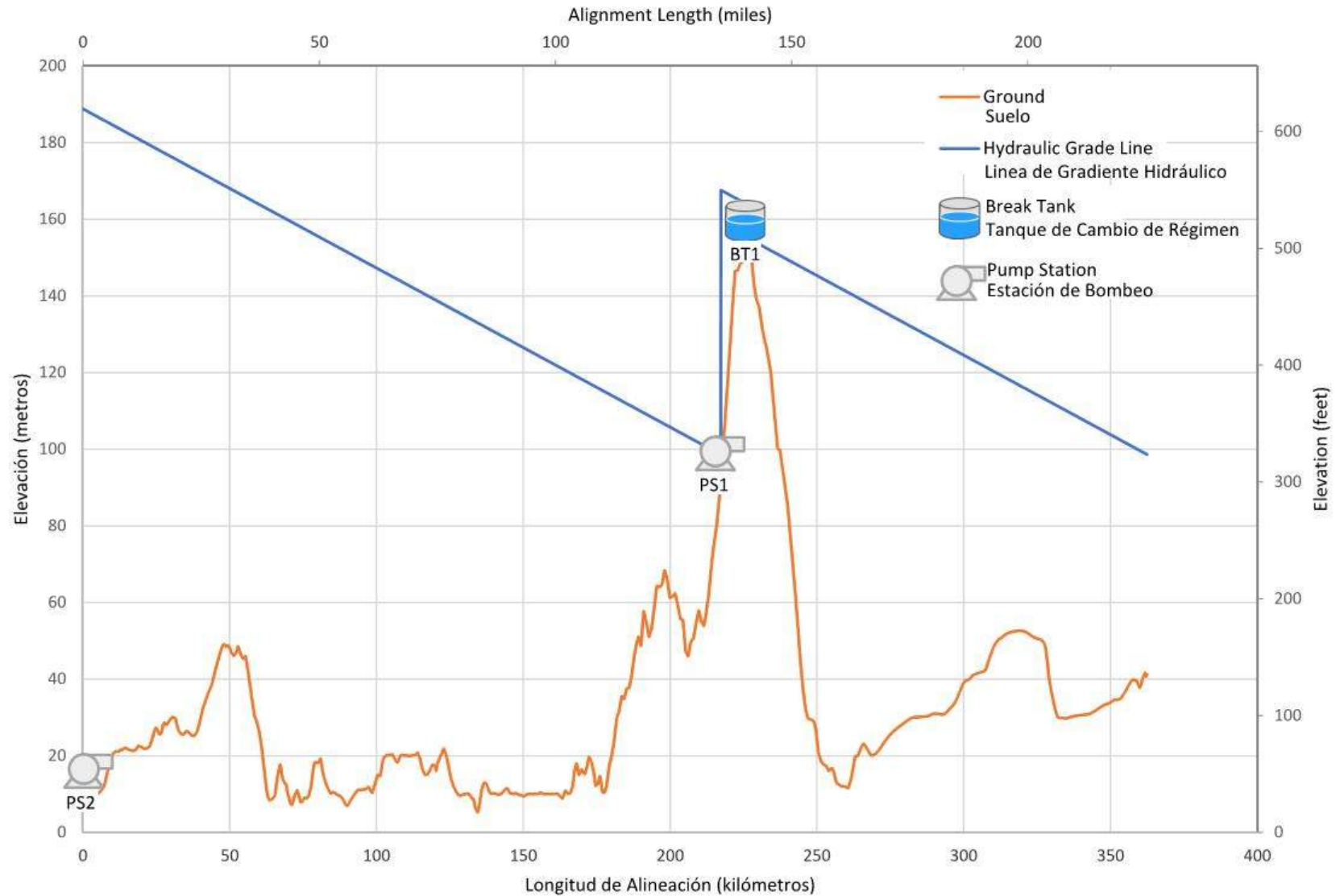
There will be a pump station (PS2) at the desalination plant near Jagüey. This station will pump treated water to a second pump station (PS1). Pump station PS1 will pump water to a break tank (BT1), at the high point on the west side of the Biosphere

Habrà una estación de bombeo (PS2) en la planta de desalinización cerca de Jagüey. Esta estación bombearà agua tratada a una segunda estación de bombeo (PS1). La estación de bombeo PS1 bombearà agua a un tanque de cambio de régimen (BT1) en el punto más alto

Reserve. Water will flow by gravity from break tank BT1 to the discharge structure near Morelos Dam. A pressure/flow control valve will be required at the discharge structure. Figure 17 shows the hydraulic profile for the conveyance system for Opportunity 1.

en el lado oeste de la Reserva de la Biosfera. El agua fluirá por gravedad desde el tanque de cambio de régimen BT1 hasta la estructura de descarga cerca de la Presa Morelos. Se requerirá una válvula de control de presión/flujo en la estructura de descarga. La Figura 17 muestra el perfil hidráulico del sistema de conducción para la Oportunidad 1.





**Figure/Figura 17**      **Opportunity 1 – Treated water conveyance hydraulic profile**  
**Oportunidad 1 – Perfil hidráulico de la conducción del agua tratada**

Future evaluations may provide opportunities to refine the alignment. For instance, the delivery elevation of this opportunity is approximately 200-feet higher than the desalination plant. It could be possible to eliminate one of the pump stations if the pipeline were tunneled through the high point. This tunnel would be approximately 10-miles long.

The proposed conveyance alignment follows existing roads (primarily State Highway SON 3) and railway lines. According to the *Manual of Procedures for the Use of the Right of Way in Ways and Quotas Bridges* of the Secretariat of Communications and Transports, the right of way of this type of road must not be less than approximately 66 ft on each side of the road axis and, according to the satellite images analyzed for this purpose, it is observed that this right of way remains along the route and in some cases, more width is available. The railway line runs roughly parallel to the State Highway SON 3 and is operated by FERROMEX. According to the Regulation of the Railway Service of Mexico, this road has an existing right of way of approximately 49 feet on each side from the axis of the track.

For purposes of this study, it was assumed that the existing rights of way will be sufficient to accommodate the treated water conveyance pipeline.

Las evaluaciones futuras pueden brindar oportunidades para refinar la alineación. Por ejemplo, la elevación de entrega de esta oportunidad es aproximadamente 60 metros más alta que la planta de desalinización. Podría ser posible eliminar una de las estaciones de bombeo si la tubería se canalizara a través del punto más alto. Este túnel tendría una longitud aproximada de 15 km.

La alineación de conducción propuesta sigue las carreteras existentes (principalmente la carretera estatal SON 3) y las líneas ferroviarias. De acuerdo al *Manual de Procedimientos para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota* de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el derecho de vía de este tipo de carretera, no debe ser inferior a 20 m a cada lado del eje del camino y, de acuerdo a las imágenes satelitales analizadas con este fin, se observa que este derecho de vía permanece a lo largo de las vías y en algunos casos es mayor que los 40 m especificados. La vía de ferrocarril corre de manera paralela en gran parte con la carretera Estatal SON 3 y está a cargo de FERROMEX. De acuerdo con el *Reglamento del Servicio Ferroviario de México*, esta carretera tiene un derecho de paso de aproximadamente 15 m a cada lado desde el eje de la vía.

Para los propósitos de este estudio, se supuso que los derechos de paso existentes serán suficientes para acomodar la tubería de conducción de agua tratada.

### Power Availability / Disponibilidad de Energía

The National Electric System of Mexico is currently divided into 9 regions; the Northwest Region being where the study area is located. This region has different energy sources such as

El Sistema Eléctrico Nacional de México se divide actualmente en 9 regiones; la región noroeste es donde se encuentra el área de estudio. Esta región tiene diferentes fuentes de energía, como

thermoelectric, combined cycle, turbogas, carboelectric and hydroelectric plants, as well as photovoltaic fields that take advantage of solar energy. These energy sources are connected directly to the National Transmission Network through transmission lines that convey electricity to the general distribution networks and general public, as well as to the foreign electrical systems, ensuring the reliability of the National Electrical System.

The electric power requirements for each of the load centers associated with Opportunity 1, as well as their geographical location was calculated in order to determine the required electrical voltage and estimate a connection point. For this analysis, the guidelines of the National Electric System Development Program were considered. Figure 18 shows the existing electrical infrastructure in the study area.

termoeléctricas, ciclo combinado, turbogas, plantas carboeléctricas e hidroeléctricas, así como campos fotovoltaicos que aprovechan la energía solar. Estas fuentes de energía están conectadas directamente a la Red Nacional de Transmisión a través de líneas de transmisión que transportan electricidad a las redes de distribución general y al público en general, así como a los sistemas eléctricos extranjeros, asegurando la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.

Se calcularon los requisitos de energía eléctrica para cada uno de los centros de carga asociados con la Oportunidad 1, así como su ubicación geográfica para determinar el voltaje eléctrico requerido y estimar un punto de conexión. Para este análisis, se consideraron las pautas del Programa Nacional de Desarrollo del Sistema Eléctrico. La Figura 18 muestra la infraestructura eléctrica existente en el área de estudio.



**Figure/Figura 18** Existing electrical infrastructure in the study area  
 Infraestructura eléctrica existente en el área de estudio

The authorities and legal requirements that must be considered during the development process of the electrification, construction, commissioning and operation of the Opportunity 1 are the following:

#### Authorities

- Ministry of Energy
- Energy Regulatory Commission
- National Center for Energy Control
- Comisión Federal de Electricidad

#### Legal requirements

- Law of the Electric Industry and its Regulation
- Law of the Coordinating Regulatory Bodies in Energy Matters
- Law of the Public Service of Electric Power and its Regulation

In addition, Resolution No. RES 151/2016 by which the Energy Regulatory Commission issues the General Administrative Provisions that contain the criteria of efficiency, quality, reliability, continuity, safety and sustainability of the National Electric System; and the criteria by which the specific characteristics of the infrastructure required for the interconnection of power plants and connection of load centers, must be considered.

Table 14 shows the installed capacities and the demand for each of the load centers associated with Opportunity 1.

Las autoridades y disposiciones legales que deberán ser consideradas durante el proceso del desarrollo del proyecto de electrificación, construcción, puesta en servicio y operación de Oportunidad 1 son las siguientes:

#### Autoridades

- Secretaría de Energía
- Comisión Reguladora de Energía
- Centro Nacional de Control de Energía
- Comisión Federal de Electricidad

#### Disposiciones legales

- Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento
- Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento

Así como también la Resolución Núm. RES 151/2016 por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional; y los criterios mediante los que se establecen las características específicas de la infraestructura requerida para la interconexión de centrales eléctricas y conexión de centros de carga.

La Tabla 14 muestra las capacidades instaladas y la demanda de cada uno de los centros de carga asociados con la Oportunidad 1.

**Table/Tabla 14**      **Opportunity 1 – Electric power demand**  
**Oportunidad 1 – Demanda de energía eléctrica**

EQUIPMENT EQUIPO	CONNECTION POWER POTENCIA DE CONEXIÓN	DEMAND DEMANDA
Desalination Plant Planta Desalinizadora	-	52 MW
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	22,000 kW	19,000 kW
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	12,000 kW	9,000 kW

Near the desalination plant and pump station PS2 is the Seis de Abril Electric Substation, which receives a 230 kilovolt (kV)/ 3 phases/ 60 Hertz (Hz) transmission line on steel towers from the thermoelectric plant in Puerto Libertad. Two lines go out from the substation; one 115 kV/ 3 phases/ 60 Hz line towards Puerto Peñasco, and one 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz to the west, supplying localities such as Heroica Caborca, Pitiquito and Altar.

Pump station PS1 is located to the west of the Santa Clara Gulf where there are no 115 kV or 230 kV transmission lines nearby. The Puerto Peñasco transmission line is 78 miles away.

The electric power supply approach for Opportunity 1 contemplates interconnecting with the 115 kV transmission line in Puerto Peñasco and with the 230 kV transmission line near the Seis de Abril Substation, located at 78 miles and 27 miles respectively, with two feeders per connection so that the desalination plant is always working in case there is a system failure or when it is required to maintain the electrical

Cerca de la planta desalinizadora y la estación de bombeo PS2 se encuentra la Subestación Seis de Abril, la cual recibe una línea de transmisión de 230 kilovoltio (kV)/ 3 fases/ 60 Hertz (Hz) sobre torres de Acero proveniente de la Planta Termoeléctrica en Puerto Libertad y salen dos líneas desde la subestación, la primera de 115 kV/ 3 fases/ 60 Hz hacia Puerto Peñasco, y la segunda de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz hacia el oeste alimentando a su paso localidades como Heroica Caborca, Pitiquito y Altar.

La estación de bombeo PS1 se encuentra al oeste de la localidad de Golfo de Santa Clara en donde no existen redes de transmisión eléctrica de 115 kV ni 230 kV cercanas, más que la red de transmisión eléctrica de Puerto Peñasco a 125 km.

El planteamiento de solución eléctrica de la Oportunidad 1 contempla interconectarse con la línea de transmisión eléctrica de 115 kV en Puerto Peñasco y con la línea de 230 kV cerca de la Subestación Seis de Abril, localizadas a 125 km y 43 km respectivamente, bajo un esquema de dos alimentadores por conexión con el fin que la planta

infrastructure. This design requires the construction of 5 substations: two main substations that reduce the voltage level of the transmission lines and three substations to reduce the voltage level to that required by the pumping station and desalination plant equipment, as shown in Figure 19:

- Main Substation 1 (S-PWR-1): This substation is located near the pump station PS1 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 2 (S-PWR-2): This substation will be located near the desalination plant and pump station PS2 and will reduce the 230 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Desalination Plant Substation (S-BDP): This substation will be located within the desalination plant site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 2 to 4.16 kV.
- Substation 1 (S-1): This substation will be located within the pump station PS1 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 1 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 2 (S-2): This substation will be located within the pump station PS2 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 2 to 4.16 kV to supply the required energy.

desalinizadora siempre se encuentre trabajando por si existe una falla en el sistema o cuando se requiera dar mantenimiento a la infraestructura eléctrica. Esto conlleva a construir 5 subestaciones: dos subestaciones principales que reduzcan el nivel de tensión de las líneas de transmisión eléctrica y tres subestaciones para reducir el nivel de tensión a la necesaria por los equipamientos de las estaciones de bombeo y la planta desalinizadora, tal y como se muestra en la Figura 19:

- Subestación Principal 1 (S-PWR-1): Esta subestación se localizará cerca de la estación de bombeo PS1 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación Principal 2 (S-PWR-2): Esta subestación se localizará cerca de la planta desalinizadora y estación de bombeo PS2 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 230 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación Planta Desalinizadora (S-BDP): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la planta de desalinizadora y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 2 a 4.16 kV para suministrarla de energía.
- Subestación 1 (S-1): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la estación de bombeo PS1 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 1 a 4.16 kV para suministrarla de energía.

- Subestación 2 (S-2): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la estación de bombeo PS2 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 2 a 4.16 kV para suministrarla de energía.





**Figure/Figura 19**      **Opportunity 1 – Proposed electrical power design**  
**Oportunidad 1 – Diseño de energía eléctrica propuesto**

Table 15 shows the technical data about how many transformers must be installed in the substations, as well as their capacity and voltage. The electrical approach is based on vector information from the National Institute of Statistics and Geography 2010 and the Uniform Diagrams of the National Electrical System 2018 - 2023. The proposed solution is expected to undergo changes in the design stage once reviewed by the National Center for Energy Control, who determines the precise location of the connection point with the National Transmission Network.

En la Tabla 15 se muestran los datos técnicos sobre cuantos transformadores deben instalarse en las subestaciones, así como su capacidad y voltaje a manejar. El planteamiento eléctrico está basado en la situación más desfavorable que pueda presentarse en base con información vectorial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010 y bajo los Diagramas Unifilares del Sistema Eléctrico Nacional 2018 – 2023. Se espera que la propuesta de solución eléctrica sufra cambios en la etapa de diseño un vez revisado por el Centro Nacional de Control de Energía, quién determina la localización precisa del punto de conexión con la Red Nacional de Transmisión.

**Table/Tabla 15**      **Opportunity 1 – Technical data for each proposed substation**  
**Opportunida 1 – Datos técnicos de cada subestación propuesta**

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	VOLTAGE/ VOLTAJE	
				PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO
Desalination Plant Planta Desalinizadora	44.8 MW	2	90 mega volt amps/ amplificadores de mega voltios (MVA)	230 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		4	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		4	5 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	22 MW	2	25 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		2	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	12 MW	2	12 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		2	12 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV

(1) Primary voltage 230 kV and 115 kV data came from National Transmission Network Electrical Service RNT.  
 El voltaje primario 230 kV y 115 kV viene del Servicio Eléctrico de la Red Nacional de Transmisión RNT.

In the case of renewable energy, Mexico is a country that has the potential to make use of them. Being geographically within the area known as the Solar Belt, an area of the planet where solar radiation is quite high, the northern part of Mexico has the highest concentration and opportunity for the installation of solar technology, such as the State of Sonora. In addition to solar energy, according to studies conducted by the Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Nacional Autónoma de México, there is ample possibility of generating electricity through marine currents that exist in the Sea of Cortez, however, more precise studies are still required.

Currently there are several countries that are opting for the use of sustainable energy for the energy supply of desalination plants. In Chile, in the Atacama Region, there is the proposal of the ENAPAC Project, which contemplates the construction of a desalination plant with a maximum production of 60 mgd of potable water based on reverse osmosis. The peculiarity of this project is the construction and use of a photovoltaic plant of 100 MW to take advantage of solar energy as the main source of energy making it a self-sustaining project. The Atacama region presents a similar level of solar irradiation to the coast of the State of Sonora, so the use of this type of energy is viable.

Another similar project is found in the country of Saudi Arabia, in the Eastern Province, called Al Khafji. This project entails the construction of a desalination plant with a production of 16 mgd of potable water based on reverse osmosis. The project includes the construction of a 15 MW photovoltaic plant, which during the day will supply electricity to the desalination plant and the

En el caso de las energías renovables, México es un país que cuenta el potencial para poder hacer uso de ellas. Al encontrarse geográficamente dentro de la zona conocida como *Cinturón Solar*, zona del planeta donde la radiación solar es bastante alta, la parte norte de México cuenta con la mayor concentración y oportunidad para la instalación de tecnología solar, como el Estado de Sonora. Además de la energía solar, de acuerdo con estudios realizados por el Centro de Investigación y de Educación Superior de Ensenada y la Universidad Nacional Autónoma de México, existe una gran posibilidad de generar energía eléctrica a través de las corrientes marinas que existen en el Mar de Cortés, sin embargo, aún se requiere realizar estudios más puntuales.

Actualmente hay varios países que están optando por el uso de energía renovable para el suministro de energía de las plantas de desalinización. En Chile, en la Región de Atacama, existe la propuesta del Proyecto ENAPAC, que contempla la construcción de una planta desalinizadora con una producción máxima de 2.63 m<sup>3</sup>/s de agua potable basada en ósmosis inversa. La peculiaridad de este proyecto es la construcción y el uso de una planta fotovoltaica de 100 MW para aprovechar la energía solar como la principal fuente de energía, lo que la convierte en un proyecto autosuficiente. La región de Atacama presenta un nivel similar de irradiación solar a la costa del estado de Sonora, por lo que el uso de este tipo de energía es viable.

Otro proyecto similar se encuentra en el país de Arabia Saudita, en la Provincia Oriental, llamado Al Khafji. Este proyecto implica la construcción de una planta desalinizadora con una producción de 0.70 m<sup>3</sup>/s de agua potable basada en ósmosis inversa. El proyecto incluye la construcción de una planta fotovoltaica de 15 MW, que durante el día suministrará electricidad a la planta de desalinización y

electrical company, while at night the desalination plant will be fed by the electrical company.

The potential use of alternative energy sources should be explored as part of subsequent phases of this project.

### Permitting and Regulatory Considerations

This section summarizes the applicable legal provisions that directly affect the project, in order to show that there is no provision that prevents, endangers or hinders the legal viability of the project, as well to determine the authorizations that are necessary for each stage of the project. This has been developed in accordance with applicable legislation, in its three levels of government) Federal, State and Municipal), highlighting the Official Mexican Standards on Water, mentioning international instruments in the field of human rights, international treaties signed between Mexico and United States before the International Boundary and Water Commission, including Minutes 319 and 323.

In addition to the federal and state dispositions contained in the Regulatory Annex (Appendix B) that apply to all the opportunities evaluated in this study, this opportunity is located in the Municipality of Caborca, and therefore must consider the following municipal dispositions:

1. Regulation of the Law of Ecological Equilibrium and Protection of the Environment for the Municipality of Caborca, Sonora.

a la compañía eléctrica, mientras que por la noche la planta de desalinización será alimentada por la compañía eléctrica de la Región.

El uso potencial de fuentes alternativas de energía debe explorarse como parte de las fases posteriores de este proyecto.

### Permisos y Consideraciones Regulatorias

Esta sección resume las disposiciones legales aplicables que afectan directamente al proyecto, a fin de demostrar que no existe ninguna disposición que prevenga, ponga en peligro u obstaculice la viabilidad legal del proyecto, así como a determinar las autorizaciones necesarias para cada etapa del proyecto. Esto ha sido desarrollado conforme a la legislación vigente aplicable, en sus tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal), destacando las Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua, mencionando instrumentos internacionales en materia de derechos humanos, los tratados internacionales firmados entre México y Estados Unidos ante la Comisión Internacional de Límites y Agua, al igual que las Actas 319 y 323 de la misma. Cabe comentar que estas disposiciones aplican para todas las oportunidades analizadas.

Además de las disposiciones federales y estatales contenidas en el Anexo Normativo que, esta oportunidad se encuentra en el Municipio de Caborca y, por lo tanto, debe considerar las siguientes disposiciones municipales:

Adicionalmente a las disposiciones federales y estatales contenidas en el Anexo Regulaciones (Apéndice B) se aplican a todas las oportunidades evaluadas en este estudio, esta oportunidad ubicada

2. Internal Regulation of the Municipal Operator of Drinking Water Sewerage and Sanitation of Caborca, Sonora.
3. Construction Regulations for the Municipality of Caborca, Sonora.

Among these three local instruments, the Construction Regulation stands out, which regulates all construction, modification, extension, as well as installation of services on public roads, carried out within the municipality. In addition, these must comply with the provisions contained in this Regulation and in the Law of Territorial Planning and Urban Development of the State of Sonora.

Based on the legal foundation included in the Permits Annex (Appendix C), the following matrix identifies the permits and authorizations that the project will need to obtain is extracted, classifying in the matrix whether these are of a federal, state or municipal nature, in addition to the life stage of the project in which they are required. The attached document includes the requirements with which the project must comply to obtain each of them, as well as the estimated time of obtaining them. It is worth mentioning that this matrix and annex apply to each of the opportunities.

The summary of the requirements and permits according to their legal order and stage of the project is can be found in Table 16.

en el Municipio de Caborca deberá contemplar las siguientes disposiciones municipales:

1. Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente para el Municipio de Caborca, Sonora.
2. Reglamento Interior del Organismo Operador Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Caborca, Sonora.
3. Reglamento de Construcción para el Municipio de Caborca, Sonora.

Destaca entre estos tres instrumentos locales el Reglamento de Construcción, el cual regula todas las obras de construcción, modificación, ampliación, así como de instalación de servicios en la vía pública, que se realicen dentro del municipio indicando también que estas deberán cumplir con las disposiciones contenidas en el presente Reglamento y en la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora.

En base a la fundamentación jurídica incluida en el Anexo de Permisos (Apéndice C), se extrae la siguiente matriz de permisos y autorizaciones que el proyecto habrá de cumplir y obtener, clasificando en la matriz si estos son de índole federal, Estatal o Municipal, además de la etapa de vida del proyecto en la que son requeridos. En el documento anexo se incluyen los requisitos con los que el proyecto debe cumplir para obtener cada uno de ellos, así como el tiempo estimado de su obtención. Cabe comentar que esta matriz y anexo aplican para cada una de las oportunidades.

El resumen de los requerimientos y permisos de acuerdo a su orden jurídico y etapa del proyecto se en la Tabla 16.

**Table/Tabla 16** Regulatory requirements and/or permits  
 Requisitos reglamentarios y/o permisos

REQUIREMENTS AND/OR PERMITS REQUERIMIENTOS Y/O PERMISOS	LEGAL JURISDICTION ORDEN JURÍDICO			PROJECT STAGE ETAPA DEL PROYECTO		
	Federal Federal	State Estatal	Municipal Municipal	Prior to Construction Antes de la Construcción	Construction Construcción	Operation Operación
Requirements for Mexican companies that admit the participation of foreigners to acquire real estate in Mexico outside of a restricted area Requerimientos para que las sociedades mexicanas que admiten la participación de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México fuera de zona restringida	X			If applicable Si es aplicable		
Registration in the Foreign Investment Registry Inscripción en el Registro de Inversiones Extranjeras	X			If applicable Si es aplicable		
Consultation on Foreign Investment Matters Consulta en Materia de Inversión Extranjera	X			If applicable Si es aplicable		
Neutral investment authorization Autorización de la inversión Neutra	X			If applicable Si es aplicable		
Permit for the acquisition of properties outside the restricted zone or concessions to foreigners to explore and exploit mines and waters in national territory Permiso para adquisición de inmuebles fuera de la zona restringida o concesiones a los extranjeros para explorar y explotar minas y aguas en territorio nacional	X			If applicable Si es aplicable		
Registration of trusts in the Foreign Investment Registry Inscripción en el Registro de Inversiones Extranjeras de Fideicomisos				If applicable Si es aplicable		

REQUIREMENTS AND/OR PERMITS REQUERIMIENTOS Y/O PERMISOS	LEGAL JURISDICTION ORDEN JURÍDICO			PROJECT STAGE ETAPA DEL PROYECTO		
	Federal Federal	State Estatal	Municipal Municipal	Prior to Construction Antes de la Construcción	Construction Construcción	Operation Operación
Concession of federal maritime land area Concesión de zona federal marítimo terrestre	X			X		
Reception, evaluation and resolution of the manifestation of environmental impact in its particular modality Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental en su modalidad particular	X			X		
Change of land use in forest land Cambio de uso de suelo en terrenos forestales	X			X		
Municipal integral environmental license Licencia ambiental integral municipal			X	X		
Opinion or resolution of environmental impact Dictamen o resolutivo de impacto ambiental	X			X		
Authorization of Risk Diagnosis Autorización del Diagnóstico de Riesgo		X		X		
License for Land Use or Change of Land Use Licencia de Uso de Suelo o Cambio de Uso de Suelo		X		X		
Regional Impact Dictum Dictamen de Impacto Regional		X		X		
Wastewater discharge permit Permiso de descarga de aguas residuales	X			X		
Permission to hydraulic infrastructure works Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica	X			X		
Concession for the use of surface water Concesión de aprovechamiento de aguas superficiales	X			X		

REQUIREMENTS AND/OR PERMITS REQUERIMIENTOS Y/O PERMISOS	LEGAL JURISDICTION ORDEN JURÍDICO			PROJECT STAGE ETAPA DEL PROYECTO		
	Federal Federal	State Estatal	Municipal Municipal	Prior to Construction Antes de la Construcción	Construction Construcción	Operation Operación
Right of way permit on toll-free federal roads or surrounding areas Permiso de derecho de vía en carreteras federales libres de peaje o zonas aledañas	X			X		
Permission to place informational signs on the right-of-way on federal toll-free roads Permiso para colocar señales informativas en el derecho de vía en carreteras federales libres de peaje	X			X		
Permit for use and use of the right of way for informative signs. Permiso para uso y aprovechamiento del derecho de vía para señales informativas.	X			X		
Permit for use and use of the right of way on toll roads Permiso para uso y aprovechamiento del derecho de vía en autopistas de cuota	X			X		
Permit for the use and use of the right of way on motorways and fee bridges for access Permiso para uso y aprovechamiento del derecho de vía en las autopistas y puentes de cuota para accesos	X			X		
Application of high voltage electric power for industry and public spaces to Comisión Federal de Electricidad (service feasibility) Solicitud de energía eléctrica en alta tensión para industria y espacios públicos a la Comisión Federal de Electricidad (factibilidad del servicio)	X			X		
Permit to build works in federal maritime land area Permiso de construcción de obras en zona federal marítimo terrestre	X				X	
Construction permit Licencia de construcción			X		X	



REQUIREMENTS AND/OR PERMITS REQUERIMIENTOS Y/O PERMISOS	LEGAL JURISDICTION ORDEN JURÍDICO			PROJECT STAGE ETAPA DEL PROYECTO		
	Federal Federal	State Estatal	Municipal Municipal	Prior to Construction Antes de la Construcción	Construction Construcción	Operation Operación
Connection rights for drinking water and sewerage services Derechos de conexión de servicios de agua potable y alcantarillado			X		X	
Notice of completion of work Aviso de terminación de obra			X		X	
Certificate of occupancy Constancia de ocupación de obra			X		X	
Authorization of works built by third parties, which will be delivered to Comisión Federal de Electricidad, request for review and approval Autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a la Comisión Federal de Electricidad, solicitud de revisión y aprobación	X				X	
Authorization of works built by third parties, which will be delivered to Comisión Federal de Electricidad, contracting the service Autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a la Comisión Federal de Electricidad, contratación del servicio	X				X	
Sanitary water quality certificate Certificado de calidad sanitaria del agua	X				X	
Water quality certificate issued by Comisión Nacional del Agua Certificado de calidad del agua expedido por Comisión Nacional del Agua	X				X	

## Environmental Considerations

### Environmental Characterization of the Site

The proposed location for Opportunity 1 in Jagüey is located within an agricultural area between the town of Desemboque and the Bahía San Jorge. According to the 2015 National Institute of

## Consideraciones Ambientales

### Caracterización Ambiental del Sitio

La ubicación propuesta para la Oportunidad 1 en Jagüey se ubica dentro de un área agrícola entre la ciudad de Desemboque y la Bahía San Jorge. De acuerdo con el cuadro de uso de la tierra y la

Statistics and Geography land and vegetation use chart, the majority of the proposed marine works and desalination plant are located in a xerophilous scrub ecosystem, which means that it has thorn-like vegetation such as cacti and bromeliads, scrub shrubs, deciduous trees and semi-desert pasture. On the west side of the desalination plant site is a strip of land with coastal dune vegetation.

The treated water conveyance pipeline from Jagüey to Morelos Dam ecosystems of xerophilous scrub with the exception of the area near pump station PS2 where there are areas of induced vegetation. The proposed pump station sites are categorized as follows:

- PS1: xerophilous scrub ecosystem with microfilic desert vegetation
- PS2: xerophilous scrub, sandy deserts, induced vegetation

Examples of the vegetation for the various Opportunity 1 components are shown in Figure 4.

The facilities proposed for Opportunity 1 are not located within a Marine Priority site. The treated water conveyance pipeline from Jagüey to Morelos Dam crosses the Natural Protected Area "El Pinacate and Gran Desierto de Altar". However, as mentioned previously the conveyance is assumed to utilize existing rights of way of the road and the railroad. Therefore, the potential environmental impact is minimal since it is an area already affected by existing infrastructure. Regardless, care should be taken during construction methods to minimize the temporary impact.

vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de 2015, la mayoría de las obras marinas, la planta de desalinización y las estaciones de bombeo y agua tratadas propuestas están ubicadas en un ecosistema de matorral xerófilo, lo que significa que tiene una vegetación similar a una espina, como los cactus y bromelias, matorrales, árboles de hoja caduca y pastos semidesérticos. En el lado oeste del sitio de la planta desalinizadora hay una franja de tierra con vegetación costera de dunas.

La tubería de conducción de agua tratada desde Jagüey hasta los ecosistemas de la presa Morelos de matorral xerófilo con la excepción del área cercana a la estación de bombeo PS2 donde hay áreas de vegetación inducida. Los sitios propuestos para las estaciones de bombeo se clasifican de la siguiente manera:

- PS1: ecosistema de matorral xerófilo con vegetación de microfilic desértica
- PS2: matorral xerófilo, desiertos arenosos, vegetación inducida

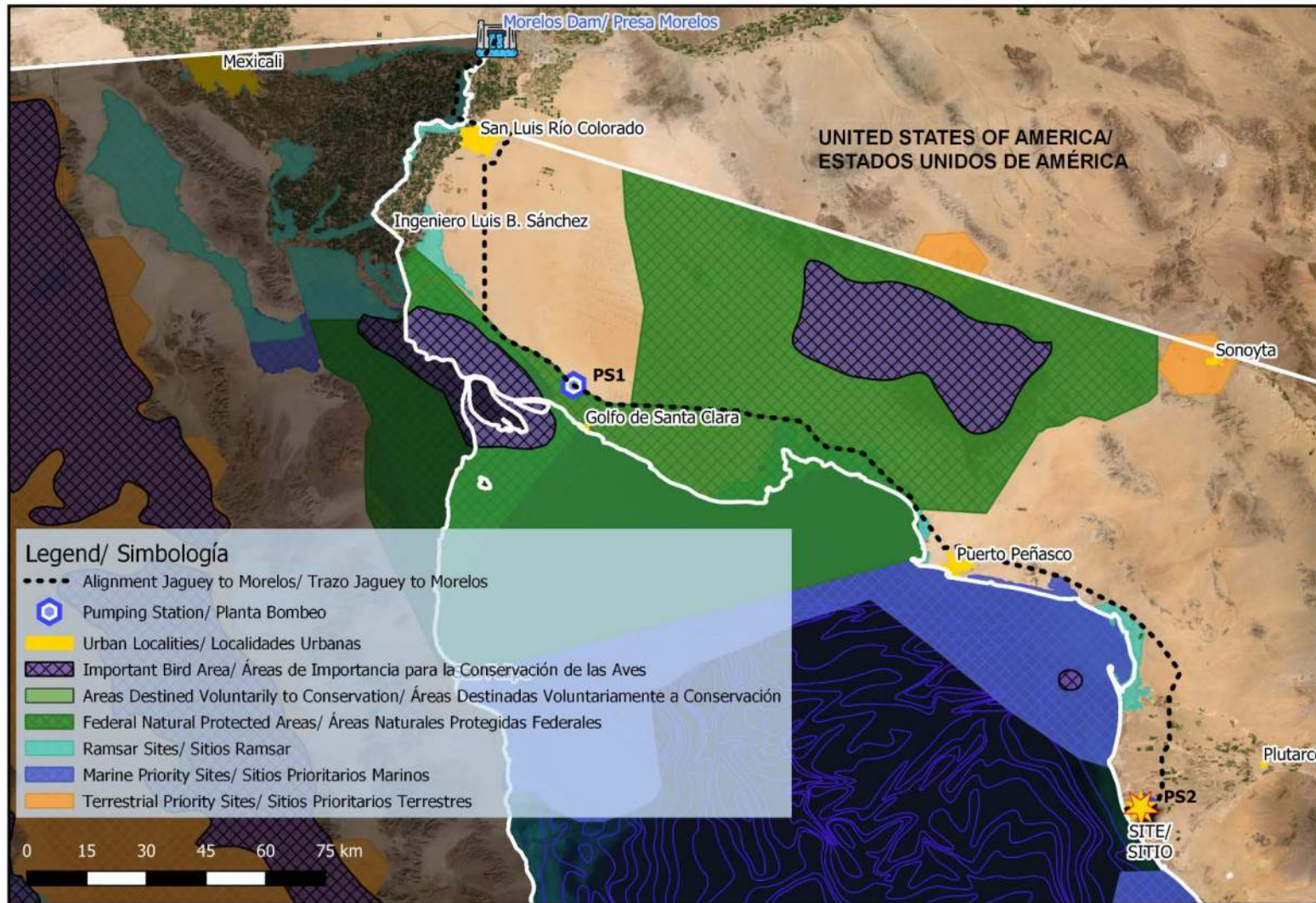
En la Figura 4 se muestran ejemplos de la vegetación para los diversos componentes de la Oportunidad 1.

Las instalaciones propuestas para la Oportunidad 1 no se encuentran dentro de un sitio de Prioridad Marina. La tubería de conducción de agua tratada desde Jagüey hasta la presa de Morelos cruza el Área Natural Protegida "El Pinacate y Gran Desierto de Altar". Sin embargo, como se mencionó anteriormente, se supone que el medio de transporte utiliza los derechos de paso existentes del camino y el ferrocarril. Por lo tanto, el impacto ambiental potencial es mínimo ya que es un área

Figure 20 illustrates the proposed infrastructure associated with Opportunity 1 and the surrounding conservation areas.

ya afectada por la infraestructura existente. Independientemente, se debe tener cuidado durante los métodos de construcción para limitar el impacto temporal.

La Figura 20 ilustra la infraestructura propuesta asociada con la Oportunidad 1 y las áreas de conservación circundantes.



**Figure/Figura 20 Opportunity 1 – Nearby conservation areas (CONABIO, 2018)**  
**Oportunidad 1 – Áreas de conservación cercanas (CONABIO, 2018)**

CONABIO has a registry of sensitive and identified species under some degree of protection. The biodiversity charts of CONABIO 2019 were used to identify the species at the site and its surroundings. The charts show the records of biodiversity specimens (1700-2017), obtained from bases developed or financed by CONABIO, as well as those donated or open access or free use that have been integrated into the National Biodiversity Information System.

Table 17 shows the species within a 2 mile radius of the project site categorized according to NOM-059-SEMARNAT-2010, Environmental Protection-Species native to Mexico of wild flora and fauna-risk categories and specifications for their inclusion, exclusion or change-List of species at risk. The conservation status of the species is also indicated according to the red list of the International Union for the Conservation of Nature. No species of concern were identified near pump station PS2 or pump station PS3.

CONABIO cuenta con un registro de especies sensibles e identificadas bajo algún grado de protección. Se utilizaron las cartas de biodiversidad de CONABIO 2019 para identificar las especies al sitio y sus alrededores. Las cartas muestran los registros de ejemplares de biodiversidad (1700-2017), obtenidos de bases desarrolladas o financiadas por la CONABIO, así como aquellas donadas o de acceso abierto o libre uso que se han integrado al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

En la Tabla 17 se presentan las especies en un radio de 3 km de los sitios del proyecto categorizadas de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. De igual manera se indica el estado de conservación de la especie conforme a la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. No se identificaron especies de interés cerca de la estación de bombeo PS2 o la estación de bombeo PS3.

**Table/Tabla 17**      **Species registered by CONABIO near Opportunity 1**  
**Especies registradas por CONABIO cerca del sitio de Oportunidad 1**

SPECIES ESPECIE	SITE DISTANCE DISTANCIA DEL SITIO	CATEGORY NOM-059 CATEGORÍA NOM-059	IUCN CATEGORY CATEGORÍA IUCN	ENDEMISM ENDENISMO	RESIDENCY RESIDENCIA
Pump Station PS1/ Estación de Bombeo PS1					
American Badger Tejón norteamericano	~1 mi 2 km	Threatened Amenazada	Low risk, low concern Riesgo bajo, preocupación menor	No	Not applicable No aplica

SPECIES ESPECIE	SITE DISTANCE DISTANCIA DEL SITIO	CATEGORY NOM-059 CATEGORÍA NOM-059	IUCN CATEGORY CATEGORÍA IUCN	ENDEMISM ENDENISMO	RESIDENCY RESIDENCIA
Rufous Hummingbird Zumbador canelo	~2 mi 3 km	Not aplicable No aplica	Low risk, low concern Riesgo bajo, preocupación menor	No	Winter migration Migratoria de invierno
Plant Intake Pump Station / Planta de Bombeo para Toma de Agua de Planta					
Gray whale Ballena gris	~1 mi 2 km	Subject to special protection Sujeta a protección especial	Low risk, low concern Riesgo bajo, preocupación menor	No	Not aplicable No aplica

### Potential Environmental Impacts

A desalination project of the proposed magnitude involves the modification of land use, which could generate impacts on the terrestrial and marine ecosystems. Potential impacts (positive and negative) have been identified and categorized according to the environment that is potentially altered.

Table 18 summarizes potential impacts that could be generated during construction of the project. Table 19 summarizes potential residual impacts and offers possible actions for their mitigation.

### Impactos Ambientales Potenciales

Un proyecto de desalinización de la magnitud propuesta implica la modificación del uso de la tierra, que podría generar impactos en los ecosistemas terrestres y marinos. Los impactos potenciales (positivos y negativos) se han identificado y categorizado de acuerdo con el entorno que puede alterarse.

La Tabla 18 resume los impactos potenciales que podrían generarse durante la construcción del proyecto. La Tabla 19 resume los impactos residuales potenciales y presenta las acciones posibles para su mitigación.

**Table/Tabla 18**      **Classification of possible construction impacts**  
**Clasificación de posibles impactos en la construcción**

ACTIVITY ACTIVIDAD	IMPACT TYPE TIPO DE IMPACTO
<b>PREPARATION AND CONSTRUCTION OF THE SITE PREPARACION Y CONSTRUCCION DEL SITIO</b>	
Installation of temporary infrastructure (camps, temporary facilities) Instalación de infraestructura temporal (campamentos, instalaciones temporales)	Landscape modification Modificación paisajística
Operation of camps and temporary facilities Operación de campamentos e instalaciones temporales	Increase in decibels of noise Aumento de decibeles de ruido
<b>DESALINATION PLANT CONSTRUCTION CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE DESALINIZACIÓN</b>	
Construction of foundations, walls and roofs Construcción de cimentación, muros y techumbres	Landscape modification, deterioration of air quality due to dust, land-use change, increase in decibels of noise, soil erosion, loss of plant cover Modificación paisajística, deterioro de la calidad de aire por levantamiento de polvo, cambio de uso de suelo, aumento de decibeles de ruido, erosión de suelo, pérdida de la cobertura vegetal
<b>TREATED WATER CONVEYANCE PIPELINE CONSTRUCTION CONSTRUCCION DE LINEA DE CONDUCCIÓN</b>	
Mechanical excavation of ditches for buried pipelines Excavación mecánica de zanjas para líneas de conducción	Increase in decibels of noise, land-use change, deterioration of air quality due to dust Aumento de decibeles de ruido, cambio de uso de suelo, deterioro de la calidad de aire por levantamiento de polvo
<b>MARINE WORKS CONSTRUCTION CONSTRUCCION DE OBRAS MARINAS</b>	

ACTIVITY ACTIVIDAD	IMPACT TYPE TIPO DE IMPACTO
Drilling the dune Perforación de la duna	Landscape modification, land-use change, deterioration of air quality due to dust, loss of plant cover Modificación paisajística, cambio de uso de suelo, deterioro de la calidad de aire por levantamiento de polvo, pérdida de la cobertura vegetal
Installation of water intake, emitter and rejection water diffusers Instalación de toma de agua, emisor y difusores de agua de rechazo	Water quality alteration, change in the composition and structure of the hydrobiological communities Alteración de calidad de agua, cambio en la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas

**Table/Tabla 19**      **Potential environmental impacts and potential mitigation strategies**  
**Posibles impactos ambientales y posibles estrategias de mitigación**

POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACT POTENCIAL IMPACTO AMBIENTAL	POTENTIAL MITIGATION MITIGACIÓN POTENCIAL
Potential damage to the dune ecosystem due to construction of the marine works Daño potencial al ecosistema de dunas debido a la construcción de las obras marinas	Consider establishing a dune restoration program Considerar establecer un programa de restauración de dunas
Potential reduction of native vegetation cover in construction areas Posible reducción de la cubierta vegetal nativa en las áreas de construcción	Consider establishing a native species recovery and reforestation program Considerar establecer un programa de recuperación y reforestación de especies nativas
Potential migration interruption of terrestrial faunal species Posible interrupción de la migración de especies de fauna terrestre	Consider options to avoid dividing and isolating fauna during design Considerar opciones para evitar dividir y aislar la fauna durante el diseño



<b>POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACT</b> <b>POTENCIAL IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>POTENTIAL MITIGATION</b> <b>MITIGACIÓN POTENCIAL</b>
Potential for reduced marine fisheries productivity adjacent to the brine discharge Potencial de reducción de la productividad de la pesca marina adyacente a la descarga de salmuera	Consider implementing a marine ecosystem monitoring program Considerar implementar un programa de monitoreo de ecosistemas marinos
Potential effect of burning fossil fuels on climate change Efecto potencial de la quema de combustibles fósiles sobre el cambio climático	Consider if the use of alternative sources of energy is feasible Considerar si el uso de fuentes alternativas de energía es factible
Potential alteration of historic and anthropological heritage zones in the area Posible alteración de zonas de patrimonio histórico y antropológico en la zona	If alteration is unavoidable, a rescue program must be established with Instituto Nacional de Antropología e Historia Si la alteración es inevitable, se debe establecer un programa de rescate con el Instituto Nacional de Antropología e Historia
Potential emissions to the atmosphere of dust and fumes due to the use of heavy machinery Posibles emisiones a la atmósfera de polvo y humos debido al uso de maquinaria pesada	Impacts can be minimized through construction best management practices Los impactos pueden minimizarse a través de las mejores prácticas de gestión de la construcción
Potential impacts due to noise emission during construction Impactos potenciales debido a la emisión de ruido durante la construcción	Consider the use of hearing protection and silencers or noise dampers Considerar el uso de protección auditiva y silenciadores o amortiguadores de ruido
Potential soil contamination due to accidental spills Posible contaminación del suelo debido a derrames accidentales	Impacts can be minimized through an appropriate safety and health program Los impactos pueden minimizarse a través de un programa de seguridad y salud adecuado
Potential light pollution Posible contaminación lumínica	Consider the use of artificial lighting Considerar el uso de iluminación artificial
Potential detriment to the natural landscape and visual quality Posible detrimento del paisaje natural y la calidad visual	Design should consider ways to minimize elevations and use architectural treatments El diseño debe considerar formas de minimizar las elevaciones y utilizar tratamientos arquitectónicos

## Socio-Economic Considerations

### Socio-Economic Aspects

The site of Jagüey is located in the coastal area of the municipality of Caborca, whose municipal seat is the City of Heroica Caborca, which is 60 miles east of the site and by 2010 had 59,922 inhabitants, this being where the majority of goods and services in the region are concentrated. This is also where the Municipal Government headquarters are located and the administrative functions of planning, coordination, execution and control of the functions of government and provision of urban services at the municipal level are performed.

In the period 2005-2010 there was growth in the population of the region greater than in the rest of the State and that, according to the Regional Program of Territorial Ordering, is due mainly to the return of population that emigrated to the United States and who returned because of the economic crisis in the neighboring country and the strong restrictions against undocumented immigrants, but also due to the arrival of foreigners, both national and international, who obtained work in agricultural fields, as well as being an area used by drug traffickers for the transfer of drugs to the United States, as well as a key transit point for migrants, so that insecurity and violence are part of the perception of the sector.

### Indigenous Population and Archaeological Sites

The percentage of indigenous population in the communities is between 0 and 10%. Only in the Plutarco Elías Calles Village (La Y Griega), which is 22 miles east of the site, is the average percentage of indigenous households higher (13%).

## Consideraciones Socio-Económicas

### Aspectos Socio-Económicos

El sitio de Jagüey se encuentra ubicado en la zona costa del municipio de Caborca, cuya cabecera municipal es la Ciudad de Heroica Caborca, que se encuentra a 96 km al este del sitio y al 2010 contaba con 59,922 habitantes, siendo esta donde se concentra la mayoría de bienes y servicios de la región. Es aquí también donde se localiza la sede de Gobierno Municipal y se realizan las funciones administrativas, de planeación, coordinación, ejecución y control de las funciones de gobierno y prestación de servicios urbanos a nivel municipal.

En el periodo 2005-2010 se registró un crecimiento en la población de la región mayor que en el resto del Estado y que, de acuerdo al Programa Regional de Ordenamiento Territorial, es originado principalmente por el retorno de población que emigró a los Estados Unidos y que volvió a causa de la crisis económica en el vecino país y a las fuertes restricciones contra indocumentados, a esto también se le debe sumar la llegada de personas foráneas, tanto nacionales como internacionales, que obtienen trabajo en los campos agrícolas, además de ser una zona utilizada por narcotraficantes para el traslado de drogas hacia Estados Unidos, así como punto de tránsito clave para los migrantes, por lo que la inseguridad y la violencia son parte de la percepción del sector

### Población Indígena y Sitios Arqueológicos

El porcentaje de población indígena en las comunidades se ubica entre el 0 y el 10%. Solo en el Poblado Plutarco Elías Calles (La Y Griega), localizado a 36 Km al este del sitio, se detecta un porcentaje medio aproximado del 13% de hogares indígenas.

Regarding archaeological sites, the official opinion from the National Institute of Anthropology and History (included as Appendix D) is that no nearby archaeological remains have been detected. The closest archaeological sites are 25 miles south of the Opportunity 1 site.

### **Economic Activity**

In the Municipality of Caborca, the largest contribution to the gross domestic product comes from mining with 44.5%, followed by the manufacturing industry with 24.2%, and the retail trade by 11.3%. However, the economic dynamics of the region is based on the agricultural activities. As part of this productive sector, forestry and fishing activities are also recorded.

Agricultural activity is predominantly oriented towards the production of staples and vegetables. In this activity, the one classified as irrigated and temporary-pasture-induced is predominant, and the asparagus and grape crops stand out in relation to the generation of value, since these two products generate 63% of the total value of the primary sector of the territory per year.

The mining activity occurs mainly in the north of the municipality, while the fishing activity in the region takes place in the municipalities of Caborca and Pitiquito, and the sites with the highest production of aquaculture occur in the communities of Puerto Libertad and Desemboque de los Seris, south of this municipality. In the area where this opportunity is found, in the community of Desemboque, fishing stands out as a preponderant activity, being both for local consumption and for

En los sitios, la opinión oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia (incluida como Apéndice D) es que no se han detectado restos arqueológicos cercanos. Los sitios arqueológicos más cercanos están a 40 km al sur del sitio de la Oportunidad 1.

### **Actividad Económica**

En el Municipio de Caborca la mayor aportación al producto interno bruto proviene de la minería con 44.5%, seguida de la industria manufacturera con un 24.2%, y del comercio al por menor en un 11.3%. Sin embargo, la dinámica económica de la región se finca en las actividades agropecuarias, especialmente en la agricultura y la ganadería. Como parte de este sector productivo, se registran también actividades forestales y pesca.

La actividad agrícola se orienta de manera preponderante hacia la producción de básicos y hortalizas. En esta actividad predomina la clasificada como de riego y de temporal-pastizal inducido y destacan los sembradíos de esparrago y uva en relación a la generación de valor ya que estos dos productos generan en combinación el 63% del valor total del sector primario del territorio al año.

La actividad minera se da principalmente en el norte del municipio, mientras que la actividad pesquera en la región se desarrolla en los municipios de Caborca y Pitiquito; los sitios de mayor producción acuicultura se dan en el municipio de Caborca y Puerto Peñasco, en la comunidad de Puerto Libertad y Desemboque de los Seris, al sur de este municipio. En el área donde se encuentra esta oportunidad, en la comunidad de Desemboque, destaca la pesca como actividad preponderante, siendo esta tanto para consumo local como para comercialización mientras que en Puerto Lobos la pesca se da principalmente para el consumo local.

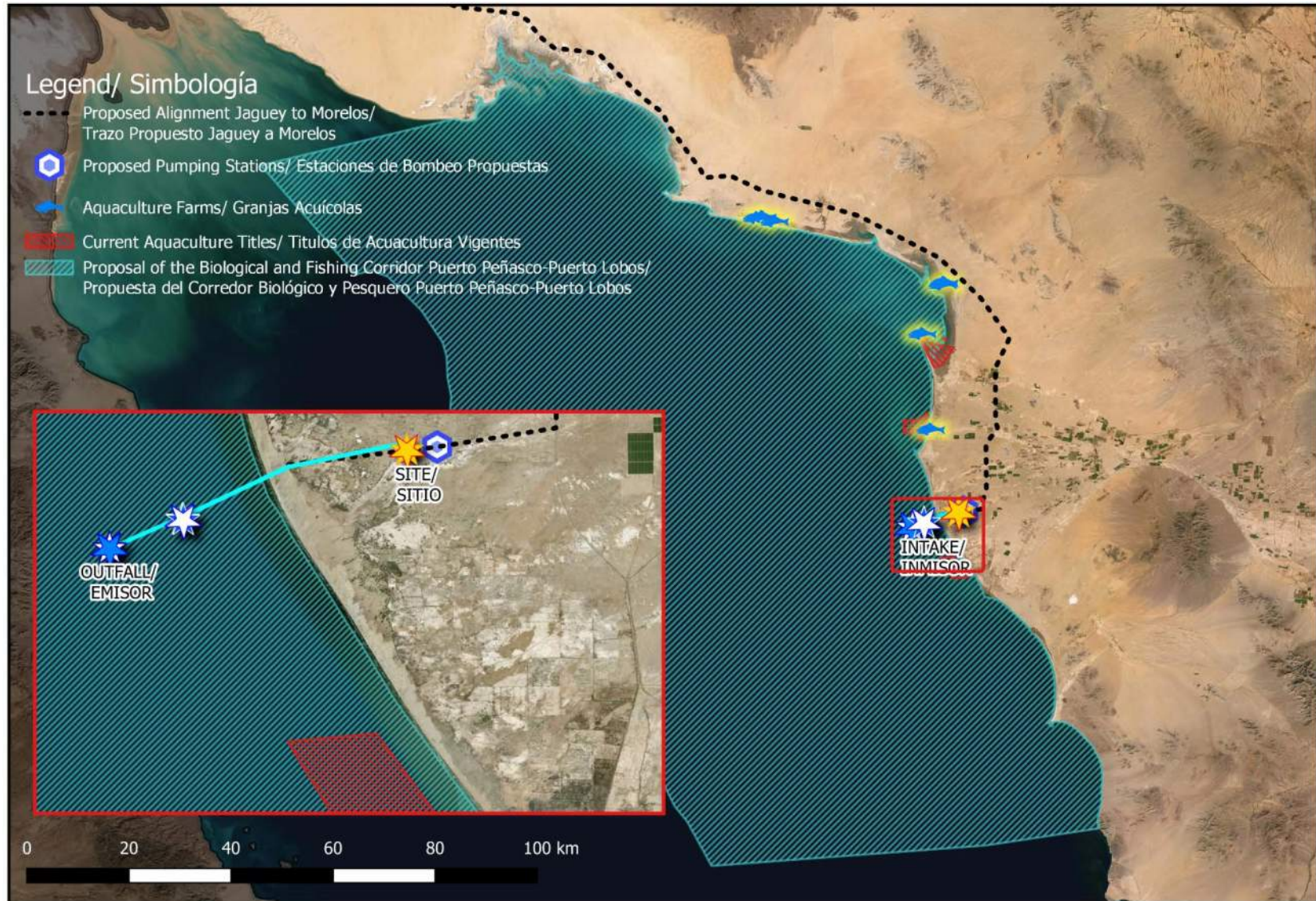
commercialization while in Puerto Lobos fishing is mainly for local consumption.

The fishing activity in the municipality of Caborca is important, being one of the municipalities with the largest number of aquaculture farms in the region. Near the Opportunity 1 site, the species with the highest production are the cannon ball jellyfish, the Chinese pink snail and the black Chinese snail, the olive ridley, the pacific shrimp and the pacific crab. In addition, the site is located within the proposed Biological Fishing Corridor stretching from Puerto Peñasco to Puerto Lobos, which addresses the need to reduce the growing conflicts over the use of this unique ecosystem by clarifying the rights of users and achieving good management of the ecosystem and fisheries.

Figure 21 shows the location of the proposed Biological-Fishing Corridor and current aquaculture in the area of Opportunity 1.

La actividad pesquera en el municipio de Caborca es importante, siendo uno los municipios en contar con mayor número de granjas acuícolas en la región. Cerca del sitio de Oportunidad 1, las especies con mayor producción son la medusa de bola de cañón, caracol chino rosa y caracol chino negro, la curvina golfina, el camarón del pacífico y la jaiba del pacífico. Además, el sitio se encuentra dentro del Corredor Biológico–Pesquero propuesto de Puerto Peñasco a Puerto Lobos, el cual aborda la necesidad de reducir los crecientes conflictos por el uso de este ecosistema único, aclarar los derechos de los usuarios y lograr un buen manejo de ecosistemas y pesquerías.

La Figura 21 muestra la ubicación del Corredor Biológico-Pesquero propuesto y la acuicultura actual en el área de la Oportunidad 1.



**Figure/Figura 21 Aquaculture and proposed Biological-Fishing Corridor near Opportunity 1 (CEDO, 2018, SEPESCA, 2018)**  
**Acuicultura y propuesta de corredor de pesca biológica cerca de la Oportunidad 1 (CEDO, 2018, SEPESCA, 2018)**

### Marginalization and Poverty

Marginalization and poverty are two measures to draw a reference of the programs of support to the population according to the global impact of the deficiencies suffered by the population as a result of the lack of access to education, inadequate housing, the perception of insufficient monetary income, and those related to residency in small towns.

In the municipality of Caborca, 8.1% of the population is in extreme poverty and approximately 30% are in a situation of moderate poverty, according to the National Population Council 2015. Puerto Lobos is the most marginalized community presenting a degree of very high, while those of Desemboque and Ures have a high grade, and those of Álvaro Obregón and La Mochoyera have a medium degree of marginalization.

The majority of the houses are the product of self-construction, and the most commonly used materials are adobe, brick and concrete block, but natural materials such as stone, wood and reed are also used for roofs, galvanized sheet with wooden structure is usually used.

### Potential Socio-Economic Impacts

In accordance with the objective that the desalination opportunity provide a benefit for both countries, economic and social impacts have been identified qualitatively. The primary potential social and economic benefits relate to job creation and water security.

### Marginación y Pobreza

La marginación y la pobreza son dos medidas para trazar una referente de los programas de apoyo a la población según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado a la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes, y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

En el municipio de Caborca un 8.1% de la población se encuentra en pobreza extrema y aproximadamente el 30% en situación de pobreza moderada, de acuerdo al Consejo Nacional de Población 2015. Puerto Lobos es la comunidad más marginada al presentar el grado de muy alto, mientras que las de Desemboque y Ures presentan un grado alto, y las de Álvaro Obregón y La Mochoyera presentan un grado de marginación medio.

La mayoría de estas viviendas son producto de la autoconstrucción y los materiales más comúnmente usados son el adobe, el ladrillo recosido y el block de concreto, pero también se emplean materiales naturales como la piedra, madera y carrizo. Los cuales se emplean para la construcción de vallas o como parte de la vivienda.

### Potencial Impactos Socio-Económicos

De acuerdo con el objetivo de que la oportunidad de desalinización brinde un beneficio para ambos países, los impactos económicos y sociales se han identificado cualitativamente. Los principales beneficios sociales y económicos potenciales se relacionan con el creación de empleo y la seguridad hídrica.

### Job Creation

The largest expectations about the project in the communities of the coast of Caborca are related to the generation of employment in the areas where the construction and operation of the desalination plant are carried out, as well as works of pumping plants for their conveyance. This will generate new trades in relation to the construction of the system and later with the operation of them, generating a change in the dynamics of the economy in the region, and the social development of the coastal communities, so new sources of income can have a positive impact on the well-being of the population.

The project will generate temporary and permanent jobs during its different stages. The manhours associated with the stages of site preparation and construction are shown in the capital cost summary table below. Due to the type of activities to be carried out, the hiring of local labor (pipe workers, laborers, boatmen, etc.) is expected. For the operation stage, it is estimated that close to 73 permanent jobs would be generated, a beneficial impact that lasts throughout the evaluation horizon of the project. Table 20 presents as an estimate the type of employment that the project would bring to the region.

### Creación de Empleo

Las expectativas más grandes sobre el proyecto en las comunidades de la costa de Caborca están relacionadas con la generación de empleo en las zonas en donde se realicen las obras de la instalación de la planta y las obras de conducción del agua desalinizada, así como obras de plantas de bombeo para su conducción. Este lo que generará nuevos oficios en relación con la construcción del sistema y posteriormente con la operación de los mismos, generando un cambio en la dinámica de la economía en la región, y el desarrollo social de las comunidades costeras, por lo que nuevas fuentes de ingreso pueden tener un impacto positivo sobre el bienestar de la población.

El proyecto generará empleos temporales y permanentes durante sus diferentes etapas. Las horas asociadas con las etapas de preparación y construcción del sitio se muestran en la tabla de resumen de costos de capital a continuación. Por el tipo de actividades a realizar se espera la contratación de mano de obra local (tuberos, peones, lancheros, etc.). Para la etapa de operación se estima se generen cerca de 73 empleos permanentes, impacto benéfico que tiene una duración a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto. En la Tabla 20 se presentan a manera de estimado el tipo de empleo que el proyecto traería a la región.

**Table/Tabla 20**      **Estimate of permanent jobs provided**  
**Estimación de los empleos permanentes proporcionados**

LABOR EMPLEO	QUANTITY STAFF CANTIDAD DE PERSONAL
Plant Manager / Gerente de Planta	1
Assistant Plant Manager / Asistente de Gerente de Planta	1
Operations/Lab Managers / Gerentes de Operaciones/Laboratorio	3
Maintenance Managers / Gerentes de Mantenimiento	3
I&C/Electrical Managers / Gerentes Eléctricos/Instrumentación y Control	2
Safety Officers / Oficiales de Seguridad	2
Senior Operators / Operadores Senior	4
Plant Operators including Lab Technicians / Operadores de planta, incluyendo a los Técnicos de Laboratorio	18
Plants Trainees and Relief Operators / Practicantes y Operadores de Socorro	9
Technicians / Técnicos	7
Maintenance Mechanics / Mecánicos de Mantenimiento	10
Laborers / Obreros	9
Administrative Assistants / Asistentes de Administración	4

Also, the localities surrounding the project are benefited by having better infrastructure such as more electrical connections, better streets and roads, greater telecommunications services, among others.

De igual manera las localidades circundantes al proyecto son beneficiadas al contar con mejores infraestructuras como lo son mayor cantidad de conexiones eléctricas, mejores calles y carreteras, mayores servicios de telecomunicaciones, entre otras.



Riparian localities take advantage of the marine wealth of the Sea of Cortez, as demonstrated by fishing, one of the main economic activities. Due to the nature of the project, awareness and socialization efforts should be carried out with the communities in the influence area of the project, with the association of fishermen, environmental corporations and other groups of interest. Their concerns and knowledge of the area should be reflected in the design of the project.

### Water Resiliency

A binational desalination opportunity will benefit the Lower Basin of the Colorado River. As detailed in TM1, future demands are projected to increase, largely driven by growth in municipal demands in the United States and steady agricultural demands in Mexico. These increasing municipal demands result in pressure for the transfer of agricultural water for municipal purposes. This change in the water use modifies the supply pattern from a seasonal one to year-round use. Development of new water supplies that are reliable in drought years will become increasingly important. Future climate impacts on the availability of surface water put the region at significant risk. A seawater desalination opportunity that provides new water supplies can provide a significant part of the overall water supply solution and in doing so, bolster resilience in the Colorado River Basin.

Several studies have been conducted that explored desalination in different parts of Baja California and Sonora, laying the foundation and opening the conversation about possibility of this project. The proposed project is expected to deliver up to 200,000 AFY at Morelos Dam, where the water from the Colorado River is delivered to the Mexicali Valley in Baja California and to the San

Las localidades ribereñas aprovechan la riqueza marina del Mar de Cortez por lo que la actividad pesquera es una de sus actividades económicas principales. Por la naturaleza del proyecto, por lo que deben hacerse ejercicios de sensibilización y socialización con las comunidades en el área de influencia del proyecto, con las asociaciones de pescadores, corporaciones ambientales y otros grupos de interés. Sus preocupaciones y conocimiento de la zona deben de reflejarse en el diseño del proyecto.

### Seguridad Hídrica

Una oportunidad de desalinización binacional beneficiará a la cuenca baja del río Colorado. Como se detalla en TM1, se proyecta que las demandas futuras aumentarán, en gran medida impulsadas por el crecimiento de las demandas municipales en los Estados Unidos y las demandas agrícolas estables en México. Estas crecientes demandas municipales resultan en una presión por la transferencia de agua agrícola para propósitos municipales. Este cambio en el uso del agua modifica el patrón de suministro desde uno estacional hasta el uso durante todo el año. El desarrollo de nuevas fuentes de agua que sean confiables en los años de sequía será cada vez más importante. Los impactos climáticos futuros sobre la disponibilidad de agua superficial ponen a la región en un riesgo significativo. Una oportunidad de desalinización de agua de mar que proporcione una fuente adicional de agua puede proporcionar una parte significativa de la solución general de oferta de agua y, al hacerlo, reforzar la resiliencia en la Cuenca del Río Colorado.

Se han realizado varios estudios que exploraron la desalinización en diferentes partes de Baja California y Sonora, sentando las bases y abriendo la conversación sobre la posibilidad de este

Luis Río Colorado Valley in Sonora. Delivering water to this site from the proposed project will result in a new water source and increased water security for the cities of the Lower Colorado River Basin, generating mutual benefits to both Mexico and the United States, and building a future more resilient to climate change.

This project is already a result of bilateral collaboration to finding cooperative measures and adoption of a binational water scarcity contingency plan, as established in Minute No. 323, which lays the foundation for its exploration and political acceptance. The advantage is that there is a solid ground of binational cooperation resolving transboundary issues of water resources, scarcity, distribution, water treatment, pollution sources and operation of shared facilities. This reflects a political disposition and gives the background to achieve a positive resolution that will embrace the project.

Implementation of this project will require a new binational treaty, in the form of a Minute. Recently, large water infrastructure projects have suffered from increased scrutiny and rejection as a result of the lack of socialization and transparency of the projects, especially in Baja California. Therefore, this project must be developed with transparency and good communication, in order to ensure social and political acceptance and support.

proyecto. Se espera que el proyecto propuesto entregue hasta 7.8 m<sup>3</sup>/s en la Presa de Morelos, donde el agua del río Colorado se entrega al Valle de Mexicali en Baja California y al Valle de San Luis Río Colorado en Sonora. El suministro de agua a este sitio desde el proyecto propuesto dará como resultado una nueva fuente de agua y una mayor seguridad del agua para las ciudades de la cuenca del Bajo Río Colorado, generando beneficios mutuos tanto para México como para los Estados Unidos, y construyendo un futuro más resistente al cambio climático.

Este proyecto ya es el resultado de la colaboración bilateral para encontrar medidas de cooperación y la adopción de un plan de contingencia binacional de escasez de agua, según lo establecido en el Minuto No. 323, que sienta las bases para su exploración y aceptación política. La ventaja es que existe una base sólida de cooperación binacional para resolver problemas transfronterizos de recursos hídricos, escasez, distribución, tratamiento de aguas, fuentes de contaminación y operación de instalaciones compartidas. Esto refleja una disposición política y brinda los antecedentes para lograr una resolución positiva que abarque el proyecto.

La implementación de este proyecto requerirá un nuevo tratado binacional, en forma de Minuto. Recientemente, los grandes proyectos de infraestructura de agua han sufrido un mayor escrutinio y rechazo como resultado de la falta de socialización y transparencia de los proyectos, especialmente en Baja California. Por lo tanto, este proyecto debe desarrollarse con transparencia y buena comunicación, para garantizar la aceptación y el apoyo social y político.

## Constructability Considerations

The overall methods for installation are based on similar construction methodologies for desalination plants in North and South America. The marine works scope is expected to be performed by an international contractor/consortium due to the specialized nature of the construction. For Opportunity 1, there are increased risks for the scope of the marine works due to the lengths of the intake and outfall pipelines from the shoreline. All other options have marine intake and outfalls that are less than 1.2 miles.

The desalination plant is situated approximately 250 miles from Hermosillo. Hermosillo is the most likely location where craft labor would be sourced. Most labor will be sourced from the surrounding areas; however, specialized welders for the plant piping may be required to travel from the more industrial locations of Mexico. The desalination plant is located approximately 320 miles from Guaymas, which is the closest major port for offloading globally supplied materials. It is assumed that the conveyance system and high voltage system can be constructed by a Mexican contractor.

## Cost

This section provides the cost estimate for Opportunity 1 of the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez. The estimate was prepared at a Class 4 level as described in the American Association of Cost Engineers

## Consideraciones de Construcción

Los métodos generales para la instalación se basan en metodologías de construcción similares para plantas de desalinización en América del Norte y del Sur. Se espera que el alcance de las obras marinas sea realizado por un contratista/consorcio internacional debido a la naturaleza especializada de la construcción. Para la Oportunidad 1, existen mayores riesgos para el alcance de las obras marinas debido a la longitud de las tuberías de entrada y salida desde la costa. Todas las demás opciones tienen tomas y salidas marinas de menos de 2 km.

La planta de desalinización se encuentra aproximadamente a 390 km de Hermosillo. Hermosillo es el lugar más probable donde se obtendría el trabajo especializado. La mayor parte de la mano de obra se obtendrá de las áreas circundantes; sin embargo, es posible que se requiera a soldadores especializados para la tubería de la planta que viajen desde las ubicaciones más industriales de México. La planta de desalinización se encuentra aproximadamente a 530 km de Guaymas, que es el puerto principal más cercano para descargar materiales suministrados a nivel mundial. Se supone que el sistema de conducción y el sistema de alta tensión pueden ser construidos por un contratista mexicano.

## Costo

Esta sección proporciona la estimación del costo para la Oportunidad 1 del Estudio Binacional de Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés. La estimación se preparó en un nivel de Clase 4 como se describe en la "Práctica recomendada 18R-97 de la

International's "Recommended Practice 18R-97, Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries." A Class 4 cost estimate has an accuracy range of -15% to -30% on the low end and +20% to +50% on the high end.

The estimate method used was based on the requirements of document 18R-97, as well as the agreed upon scope with the Client. The general criteria used to develop the estimate of Opportunity 1 include:

- The estimate is compiled at the facility level (Level 3) of the work breakdown structure
- Information was incorporated from recent desalination plant designs and estimates
- Information was incorporated from the National Cost Engineering Center of Mexico and Mexican Construction Industry Chamber

Major quantities were factored from similar desalination plant processes. For example, the concrete quantity from a previous desalination plant dissolved air flotation design was factored based on the Opportunity 1 dissolved air flotation design criteria. Quantities for the marine works and desalination plant were factored based on the preliminary design criteria provided by the engineering team. Quantities for the conveyance system and high voltage system were provided by the engineering team based on preliminary design criteria.

Pricing was based on historical information for desalination plants in the Americas. Material costs for locally supplied materials were adjusted to reflect the local Mexican market conditions. Material costs for globally sourced materials were factored from recent

Asociación Americana de Ingenieros de Costos Internacional, Sistema de Clasificación de Estimación de Costos - Aplicado en Ingeniería, Adquisiciones y Construcción para las Industrias de Procesos". Una estimación de costo de Clase 4 tiene un rango de precisión de -15% a -30% en el extremo inferior y +20% a +50% en el extremo superior.

El método de estimación utilizado se basó en los requisitos del documento 18R-97, así como en el alcance acordado con el Cliente. Los criterios generales utilizados para desarrollar la estimación de la Oportunidad 1 incluyen:

- La estimación se compila a nivel de la instalación (Nivel 3) de la estructura de desglose del trabajo
- Se incorporó información de diseños y estimaciones recientes de plantas de desalinización
- Se incorporó información del Centro Nacional de Ingeniería de Costos de México y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción

Las grandes cantidades se factorizaron a partir de procesos similares de plantas de desalinización. Por ejemplo, el hormigón de un diseño de flotación por aire disuelto de una planta de desalinización anterior se factorizó según los criterios de diseño de flotación por aire disuelto de la Oportunidad 1. Las cantidades para las obras marinas y la planta de desalinización se factorizaron según los criterios de diseño preliminares proporcionados por ingeniería. Las cantidades para el sistema de conducción y el sistema de alta tensión fueron proporcionadas por ingeniería en base a criterios de diseño preliminares.

El precio se basó en información histórica para plantas de desalinización en América del Sur. Los costos de los materiales

budgetary quotations for Black & Veatch designed desalination plants. Labor and construction indirect costs were applied based on information obtained from the National Cost Engineering Center of Mexico and Mexican Construction Industry Chamber. Information obtained from the Mexican sources was adjusted for the specific conditions for each opportunity.

Indirect costs include common distributables, construction management, engineering and procurement, freight, spare parts, vendor representatives, construction/man camps, startup and commissioning craft, and first fills, and were calculated based on a percentage of the direct costs. The applied percentages are based on Black & Veatch historical data for previous desalination plants.

Contingency for a Class 4 estimate is applied based on the confidence of the estimate to cover the scope listed under the work breakdown structure. A lower contingency percentage is used for Opportunity 1 compared to a typical Class 4 estimate due to the magnitude of the estimate prior to contingency being applied.

The following assumptions and exclusions were applied:

**Assumptions**

- No restrictions to labor availability during construction
- No access restrictions to the project work area
- Sufficient laydown and staging areas are located within 3 miles of the project site
- Traditional design-bid-build project delivery method
- The cost of detailed design is included in the Indirect cost

suministrados localmente se ajustaron para reflejar las condiciones locales del mercado mexicano. Los costos de materiales para materiales de origen global se calcularon a partir de las recientes cotizaciones presupuestarias para una planta de desalinización diseñada por Black & Veatch. Los costos indirectos de mano de obra y construcción se aplicaron con base en la información obtenida del Centro Nacional de Ingeniería de Costos de México y la Cámara de la Industria de la Construcción de México. La información obtenida de las fuentes mexicanas se ajustó para las condiciones específicas de cada oportunidad.

Los costos indirectos incluyen distribuibles comunes, administración de construcción, ingeniería y adquisiciones, flete, repuestos, representantes de vendedores, campamentos de construcción/ personal, mano de obra especializada para el arranque y comisionada, y primeros rellenos, y se calcularon en función a un porcentaje de los costos directos. Los porcentajes aplicados se basan en datos históricos de Black & Veatch para plantas de desalinización anteriores.

La contingencia para una estimación de Clase 4 se aplica en función de la confianza de la estimación para cubrir el alcance enumerado en la estructura de desglose del trabajo. Se utiliza un porcentaje de contingencia más bajo para la Oportunidad 1 en comparación con una estimación típica de Clase 4 debido a la magnitud de la estimación antes de que se aplique la contingencia.

Se aplicaron los siguientes supuestos y exclusiones:

### **Exclusions**

- Land acquisition
- Owner's costs such as Owner's engineers (3<sup>rd</sup> party review), legal, financial advising, and permits, etc.
- Escalation up to and including during construction (the estimate is provided with a base date of 3<sup>rd</sup> quarter 2019)
- Any construction outside the defined work breakdown structure
- All future studies/project costs prior to detailed design
- Any handling, remediation, and mitigation of hazardous materials already present on site
- Environmental and ecological considerations outside of the project scope
- Interest during construction
- Project insurances

Black & Veatch compiled the estimate using its MC2 ICE estimating software. Table 21 summarizes the Class 4 capital cost estimate developed for Opportunity 1, presented in both US Dollars and Mexican Pesos. An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) based on Black & Veatch's Corporate Foreign Exchange Rates for the month of July 2019. Costs were broken down by the major areas associated with the opportunity.

### **Supuestos**

- No hay restricciones a la disponibilidad de mano de obra durante la construcción.
- No hay restricciones de acceso al área de trabajo del proyecto.
- Las áreas de disposición y puesta en escena se encuentran a 5 km del sitio del proyecto
- Método tradicional de entrega de proyectos de diseño-oferta-construcción
- El costo del diseño detallado está incluido en el costo indirecto

### **Exclusiones**

- Adquisición de tierras
- Costos del propietario, tales como ingenieros del propietario (revisión de terceros), asesoría legal, financiera, permisos, etc.
- Escalamiento hasta e incluido durante la construcción (la estimación se proporciona con una fecha base del tercer trimestre de 2019)
- Cualquier construcción fuera de la estructura de desglose de trabajo definida
- Todos los estudios futuros / costos del proyecto antes del diseño detallado
- Cualquier manejo, remediación y mitigación de materiales peligrosos ya presentes en el sitio
- Consideraciones ambientales y ecológicas fuera del alcance del proyecto
- Interés durante la construcción
- Seguros del proyecto

Black & Veatch compiló la estimación utilizando su software de estimación MC2 ICE. La Tabla 21 resume la estimación del costo de

capital Clase 4 desarrollada para la Oportunidad 1, presentada tanto en dólares estadounidenses como en pesos mexicanos. Una tasa de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar estadounidense (USD) basada en las tasas de cambio corporativas de Black & Veatch para el mes de julio del 2019. Los costos se desglosaron por las principales áreas asociadas con la oportunidad.

**Table/Tabla 21**      **Opportunity 1 – Capital cost summary**  
**Opportunida d 1 – Resumen del capital de costo**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>1</sup>
Marine Works / Obras Marinas	-	2,149,706	\$289,738,628	\$5,567,617,476
Desalination Plant / Planta de Desalinizadora	-	4,492,629	\$445,986,490	\$8,570,076,392
Conveyance System – Pipeline / Sistema de Conducción - Tubería	-	8,529,865	\$794,455,673	\$15,266,260,212
Conveyance System – Pump Station / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo	-	1,911,700	\$197,068,983	\$3,786,877,577
High Voltage System - Treatment / Sistema de Alta Tensión – Tratamiento	-	436,753	\$27,914,528	\$536,405,570
High Voltage System - Conveyance / Sistema de Alta Tensión - Conducción	-	1,303,297	\$83,298,732	\$1,600,668,434
<b>Direct Cost – Subtotal / Costo Directo – Subtotal</b>	-	<b>18,823,950</b>	<b>\$1,838,463,034</b>	<b>\$35,327,905,661</b>
Marine Works Indirects / Obras Marinas Indirecto	30%	-	\$86,791,206	\$1,667,779,815
Desalination Plant Indirects / Planta de Desalinizadora Indirecto	54%	-	\$238,602,772	\$4,584,990,870
Conveyance System – Pipeline Indirects / Sistema de Conducción – Tubería Indirecto	25%	-	\$198,613,918	\$3,816,565,053

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>1</sup>
Conveyance System – Pump Station Indirects / Sistema de Transporte – Estación de Bombeo Indirecto	54%	-	\$105,431,906	\$2,025,979,504
High Voltage System Indirects - Treatment / Sistema de Alta Tensión Indirecto - Tratamiento	54%	-	\$14,934,273	\$286,976,990
High Voltage System Indirects - Conveyance / Sistema de Alta Tensión Indirecto - Conducción	54%	-	\$44,564,821	\$856,357,600
Owners Cost / Costo de los Propietarios	-	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
<b>Indirect Cost Subtotal / Costo Indirecto – Subtotal</b>	-	-	<b>\$688,938,896</b>	<b>\$13,238,649,834</b>
<b>Direct + Indirect / Directo + Indirecto</b>	-	-	<b>\$2,527,401,930</b>	<b>\$48,566,555,495</b>
Escalation / Escalamiento	Excluded / Excluido	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
Contingency / Contingencia	20%	-	\$505,480,386	\$9,713,311,099
<b>Total Cost / Costo Total</b>	-	-	<b>\$3,032,882,316</b>	<b>\$58,279,866,584</b>

<sup>1</sup> An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD)

Operating costs were determined for the desalination plant based on the cost of energy, consumables, maintenance, and contingency, as defined in Table 22. Estimated labor positions and costs associated with operation of the facilities are shown in Table 23.

Los costos operativos se determinaron para la planta de desalinización en función del costo de energía, consumibles, mano de obra, mantenimiento y contingencia, tal como se define en la Tabla 22. Las posiciones laborales estimadas y los costos asociados con la operación de las instalaciones se muestran en la Table 23.



**Table/Tabla 22**      **Assumed operation and maintenance unit costs**  
**Costos unitarios de operación y mantenimiento asumidos**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	CONCENTRATION CONCENTRACIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
<b>Chemical cost / Costo quimico</b>			
Sodium hypochlorite (liquid) Hipoclorito de sodio (liquido)	10%	USD/gal (MXN/kg)	\$2.36 (\$10.18)
Sulfuric acid (liquid) Acido sulfúrico (liquido)	98%	USD/gal (MXN/kg)	\$3.62 (\$9.99)
Ferric chloride (liquid) Cloruro férrico (liquido)	42%	USD/gal (MXN/kg)	\$3.95 (\$14.03)
Sodium metabisulfite (solution) Metabisulfita de sodio (solución)	100%	USD/gal (MXN/kg)	\$5.74 (\$21.91)
Antiscalant (solution) Antiescalante (solución)	100%	USD/gal (MXN/kg)	\$37.43 (\$139.70)
Liquid ammonium sulfate Sulfato de amonio líquido	10.3%	USD/gal (MXN/kg)	\$1.98 (\$8.18)
Citric acid (liquid) Ácido cítrico (liquido)	50%	USD/gal (MXN/kg)	\$8.81 (\$34.40)
Sodium hydroxide (liquid) Hidróxido de sodio (liquido)	50%	USD/gal (MXN/kg)	\$4.26 (\$16.91)
Polymer flocculant (liquid) Polímero floculante (liquido)	100%	USD/gal (MXN/kg)	\$12.52 (\$60.53)
Lime (solution) Cal (solución)	95%	USD/gal (MXN/kg)	\$2.80 (\$6.34)

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	CONCENTRATION CONCENTRACIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Carbon dioxide (gas) Dióxido de carbono (gas)	100%	USD/gal (MXN/kg)	\$0.28 (\$1.15)
<b>Process consumables, maintenance, and miscellaneous operating expenses / Proceso de consumibles, mantenimiento y gastos operativos misceláneos</b>			
Annual first pass reverse osmosis membrane replacement rate Tasa anual de reemplazo de membrana de ósmosis inversa de primer paso	Not applicable No aplicable	%/year %/año	14%
Annual second pass reverse osmosis membrane replacement rate Tasa anual de reemplazo de membrana de ósmosis inversa de segundo paso	Not applicable No aplicable	%/year %/año	7%
Annual cartridge filter replacement rate Tasa anual de reemplazo del filtro de cartucho	Not applicable No aplicable	%/year %/año	400%
Annual granular media filter anthracite media replacement rate Tasa anual de reemplazo de los medios del filtro de medios granulares	Not applicable No aplicable	%/year %/año	5%
Annual granular media filter sand media replacement rate Tasa anual de reemplazo de medios de arena de filtro de medios granulares	Not applicable No aplicable	%/year %/año	3%
Annual miscellaneous consumables replacement rate (based on total cost for membrane and media replacement) Tasa anual de reemplazo de consumibles miscelaneos (basado en el costo total de reemplazo de membranas y medios)	Not applicable No aplicable	%/year %/año	10%
Annual spare parts (% of total desalination plant capital cost) Repuestos anuales (% del costo de capital total de la planta de desalinización)	Not applicable No aplicable	%/year %/año	0.5%
Annual maintenance and repairs (% of total desalination plant capital cost) Mantenimiento anual y reparaciones (% del costo de capital total del sistema de desalinización)	Not applicable No aplicable	%/year %/año	0.5%

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	CONCENTRATION CONCENTRACIÓN	UNIT UNIDAD	VALUE VALOR
Miscellaneous – utilities, laboratory, insurance, trash, etc. (% of total system capital cost) Varios – servicios públicos, laboratorio, seguros, basura, etc. (% del costo total de capital del sistema)	Not applicable No aplicable	%/year %/año	5%
Contingency – Chemicals, reverse osmosis system Contingencia - Químicos, sistema de osmosis inversa	Not applicable No aplicable	%/year %/año	5%
Contingency – Labor, spare parts, maintenance, and miscellaneous Contingencia – Mano de obra, repuestos, mantenimiento y varios	Not applicable No aplicable	%/year %/año	10%

**Table/Tabla 23**      **Assumed labor costs**  
**Costos laborales asumidos**

POSITION AND SALARY POSICION Y SALARIO	ESTIMATED NUMBER OF REQUIRED POSITIONS NÚMERO ESTIMADO DE POSICIONES REQUERIDAS
Plant manager (\$45,875 USD/yr salary) Gerente de planta (\$73,461 MXN/mes)	1
Assistant plant manager (\$29,446 USD/yr salary) Subgerente de planta (\$47,153 MXN/mes salario)	1
Operations manager (\$37,319 USD/yr salary) Gerente de Operaciones (\$59,760 MXN/mes salario)	3
Maintenance manager (\$37,319 USD/yr salary) Gerente de mantenimiento (\$59,760 MXN/mes salario)	3
Instrumentation and controls/electrical manager (\$37,319 USD/yr salary) Instrumentación y controles/gerente eléctrico (\$59,760 MXN/mes salario)	2

POSITION AND SALARY POSICION Y SALARIO	ESTIMATED NUMBER OF REQUIRED POSITIONS NÚMERO ESTIMADO DE POSICIONES REQUERIDAS
Safety officer (\$19,766 USD/yr salary) Oficial de seguridad (\$31,652 MXN/mes salario)	2
Senior operator (\$17,775 USD/yr salary) Operador senior (\$28,463 MXN/mes salario)	4
Plant operators including lab technicians (\$15,120 USD/yr salary) Operadores de planta, incluidos técnicos de laboratorio (\$24,212 MXN/ mes salario)	18
Plant trainees/relief operators (\$15,120 USD/yr salary) Aprendices de planta/operadores de socorro (\$24,212 MXN/mes salario)	9
Technicians (\$12,391 USD/yr salary) Técnicos (\$19,842 MXN /mes salario)	7
Maintenance mechanic (\$17,775 USD/yr salary) Mecánico de mantenimiento (\$28,463 MXN/ mes salario)	10
Laborer (\$8,334 USD/yr salary) Trabajador (\$13,346 MXN/ mes salario)	9
Administrative assistant (\$12,291 USD/yr salary) Asistente administrativo (\$19,842 MXN/mes salario)	4

Table 24 summarizes the total estimated operational and maintenance costs. Energy consumption was the significant majority of the overall operating cost (~67%), of which the reverse osmosis pumps and treated water conveyance pump stations accounted for the most significant portions: 35% and 50%, respectively. Chemical consumption amounted for the second-most costly component of the operating costs (18%) followed by maintenance and consumables (5% and 4%,

La Tabla 24 resume los costos operativos y de mantenimiento estimados totales. El consumo de energía fue la mayoría significativa del costo operativo general (67%), de las cuales las amplificadoras de ósmosis inversa y de alta presión, y las estaciones de bombeo de conducción de agua tratada representaron las porciones más significativas: 35% y 50%, respectivamente. El consumo de productos químicos fue el segundo componente más costoso de los costos operativos (18%), seguido de la mantenimiento y consumibles (5% y

respectively). It is important to note that these annual costs do not account for capital amortization and debt financing, which can be significant depending on negotiated rates and terms.

4%, respectivamente). Maximizar la eficiencia energética y negociar bajas tarifas de electricidad son, por lo tanto, cruciales para administrar los gastos asociados con la operación de la planta. Es importante tener en cuenta que estos costos anuales no tienen en cuenta la amortización del capital y el financiamiento de la deuda, que pueden ser significativos dependiendo de las tasas y los términos negociados.

**Table/Tabla 24 Opportunity 1 – Total operational and maintenance costs**  
**Oportunidad 1 – Costos totales de operación y mantenimiento**

ANNUAL OPERATING COST ITEM TEMA DE COSTO OPERATIVO ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR MIL GALONES
		\$USD/M <sup>3</sup> /YEAR (\$MXN/M <sup>3</sup> /AÑO)	\$USD/1,000 GAL/YEAR (\$MXN/MIL GALONES/AÑO)
Desalination plant energy (including intake pumps) <sup>1</sup> Energía de planta de desalinización (incluyendo las bombas de la toma) <sup>1</sup>	\$44,159,000 (\$848,559,000)	\$0.36 (\$6.89)	\$1.36 (\$26.07)
Treated water conveyance energy <sup>2</sup> Energía para la conducción de agua tratada <sup>2</sup>	\$24,528,000 (\$471,330,000)	\$0.10 (\$1.92)	\$0.38 (\$7.20)
Chemical costs Costos de químicos	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$0.15 (\$2.83)	\$0.56 (\$10.70)
Process consumables <sup>3</sup> Consumibles del proceso <sup>3</sup>	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.13 (\$2.42)
Spare parts Partes de repuesto	\$3,423,000 (\$65,776,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.11 (\$2.11)

ANNUAL OPERATING COST ITEM TEMA DE COSTO OPERATIVO ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR MIL GALONES
		\$USD/M <sup>3</sup> /YEAR (\$MXN/M <sup>3</sup> /AÑO)	\$USD/1,000 GAL/YEAR (\$MXN/MIL GALONES/AÑO)
Labor cost Costo de mano de obra	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$0.01 (\$0.20)	\$0.04 (\$0.76)
Maintenance cost Costo de mantenimiento	\$5,306,000 (\$101,960,000)	\$0.04 (\$0.77)	\$0.16 (\$3.07)
Miscellaneous Misceláneos	\$350,000 (\$6,726,000)	\$0.003 (\$0.05)	\$0.01 (\$0.21)
Contingency Contingencia	\$505,000 (\$9,704,000)	\$0.004 (\$0.08)	\$0.02 (\$0.30)
<b>TOTAL</b>	<b>\$101,783,000</b> <b>(\$1,955,858,000)</b>	<b>\$0.73</b> <b>(\$13.96)</b>	<b>\$2.77</b> <b>(\$52.84)</b>

<sup>1</sup>Based on average electricity cost of \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) and reverse osmosis treatment of 92.7 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y tratamiento de ósmosis inversa de 351 MLD

<sup>2</sup>Based on average electricity cost of \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) and conveyance flow of 185 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y flujo de conducción de 702 MLD

<sup>3</sup>Based on the following unit costs: /Basado en los siguientes costos unitarios:

- a. \$600 USD per seawater reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua de mar
- b. \$600 USD per brackish water reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua salobre
- c. \$1.70 USD per gallon anthracite media / \$32.67 MXN por galón de medios de antracita
- d. \$1.33 USD per gallon sand media / \$25.56 MXN por galón de medios de arena
- e. \$12 USD per cartridge filter / \$230.59 MXN por filtro de cartucho

## Desalination Opportunity 2

Opportunity 2, presented herein, is an example of a co-located seawater desalination and pumped-storage hydropower concept, and is based on the Pitiquito project proposed by Oceanus. Therefore, where appropriate and noted, information provided by Oceanus was utilized. However, it is important to note that the development of Opportunity 2 was limited to those components necessary to comparatively evaluate this concept to other desalination opportunities presented in this technical memorandum, specifically the benefit of lower energy costs and requirements. As such, no effort has been made to define or evaluate the components associated with power generation portion of the project (power house, photovoltaic system, penstocks, etc.).

Opportunity 2 is located approximately 16 miles southeast of Puerto Libertad. This desalination opportunity consists of an 92.7 mgd seawater reverse osmosis desalination plant and associated marine works, with delivery of treated water to Morelos Dam in Algodonoes, Baja California, via a buried conveyance pipeline.

It is envisioned that the end users of the water produced by Opportunity 2 will be Coloardo River water users, located within Baja California and Sonora, Mexico, downstream of Morelos Dam. The treated water will have a maximum total dissolved solids concentration of 500 mg/L, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

The desalination plant and marine works operations are dependent upon the operations of the pumped storage

## Oportunidad de Desalinización 2

La Oportunidad 2, presentada aquí, es un ejemplo de un concepto de co-localización de una planta de desalinización de agua de mar y una hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo, y se basa en el proyecto Pitiquito propuesto por Oceanus. Por lo tanto, cuando fue apropiado y se señaló, se utilizó la información proporcionada por Oceanus. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el desarrollo de la Oportunidad 2 se limitó a aquellos componentes necesarios para evaluar comparativamente este concepto con otras oportunidades de desalinización presentadas en este memorándum técnico, específicamente el beneficio de menores costos y requisitos de energía. Como tal, no se ha hecho ningún esfuerzo para definir o evaluar los componentes asociados con la porción de generación de energía del proyecto (casa de energía, sistema fotovoltaico, compuertas, etc.).

La Oportunidad 2 se encuentra aproximadamente a 26 km al sureste de Puerto Libertad. Esta oportunidad de desalinización consiste en una planta de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar de 351 MLD y obras marinas asociadas, con entrega de agua tratada a la Presa de Morelos en Algodones, Baja California, a través de una tubería de conducción enterrada.

Se prevé que los usuarios finales del agua producida por la Oportunidad 1 serán los usuarios del agua del río Colorado, ubicados en Baja California y Sonora, México, aguas abajo de la Presa Morelos. El agua tratada tendrá una concentración máxima total de sólidos disueltos de 500 mg/L, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con agua nativa del Río Colorado.

hydropower facility. When the upper seawater reservoir is being filled, a portion of the seawater is diverted and the power house pumps provide the necessary pressure for the desalination plant's reverse osmosis membranes. During this time, brine produced is stored on-site in a temporary reservoir. When pumped-storage operations are in the power generation mode (i.e. water is released from the upper seawater reservoir via gravity back to the Sea of Cortez), the desalination plant takes advantage of the gravity head to maintain pressure on the membranes. It is also during this time that the stored brine is released into the penstocks with the turbine flow discharge for mixing/dilution prior to discharge into the Sea of Cortez via the same intake structure.

The selected site is approximately 9 miles away from State Highway SON 3 and 3.4 miles southwest of Rancho Los Cirios. The site does not have infrastructure and access to this area is through a dirt road of approximately 4.4 mi, which originates from the State Highway SON 3. Elevation in this area ranges from 33 to 1,140 ft above sea level. The closest town to the site is Puerto Libertad, 16 miles northwest with 2,782 inhabitants registered in 2010. In this area there are 3 other small uninhabited rural communities.

Regarding the physical characteristics of the site, it has the Sea of Cortez to the west. Information regarding the type of soils or flood zones near the site could not be obtained because the National Institute of Statistics and Geography does not provide this type of information in very rural areas. Figure 22 show the approximate location of the facilities associated with Opportunity 2.

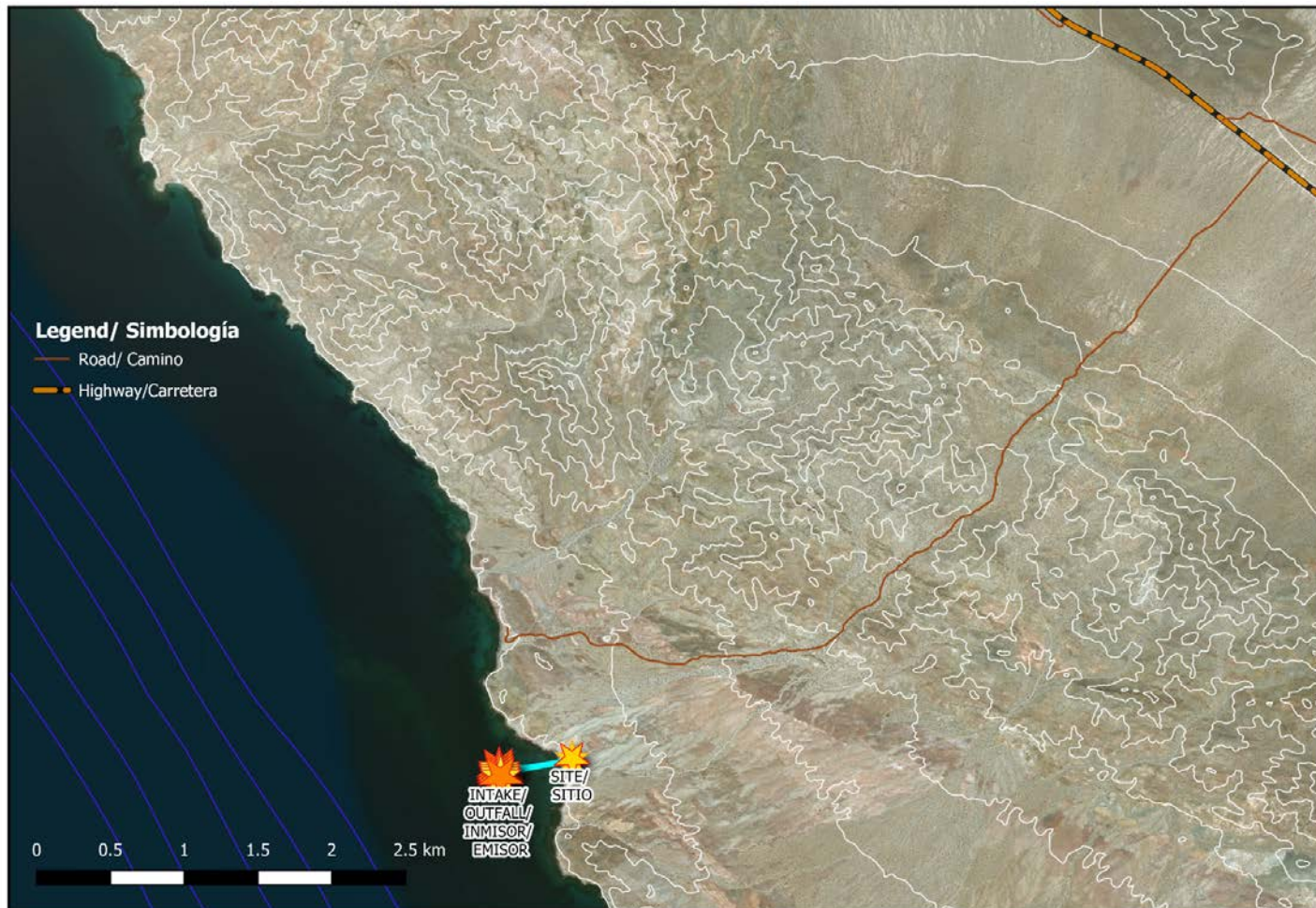
La planta de desalinización y las operaciones de obras marinas dependen de las operaciones de la instalación hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo. Cuando se llena el depósito superior de agua de mar, una parte del agua de mar se desvía y las bombas de la central eléctrica proporcionan la presión necesaria para las membranas de ósmosis inversa de la planta de desalinización. Durante este tiempo la salmuera producida se almacena en el sitio en un depósito temporal. Cuando las operaciones de almacenamiento por bombeo se encuentran en el modo de generación de energía (es decir, el agua se libera del depósito de agua de mar superior por gravedad de vuelta al Mar de Cortés), la planta de desalinización aprovecha la cabeza de gravedad para mantener la presión sobre las membranas. También es durante este tiempo que la salmuera almacenada se libera por las compuertas con la descarga del flujo de la turbina para mezclarla/diluir la antes de descargarla en el Mar de Cortés a través de la misma estructura de admisión.

El sitio seleccionado se encuentra aproximadamente 14.5 km de distancia de la carretera estatal SON 3 y 5.5 km al suroeste de Rancho Los Cirios. El sitio no tiene infraestructura y el acceso a esta área es a través de un camino de tierra de aproximadamente 7 km, que se origina en la Carretera estatal SON 3. La elevación en esta área varía de 10 a 347 m sobre el nivel del mar. La ciudad más cercana al sitio es Puerto Libertad, 26 km al noroeste con 2,782 habitantes registrados en 2010. En esta área hay otras 3 pequeñas comunidades rurales deshabitadas.

En cuanto a las características físicas del sitio, tiene el Mar de Cortés al oeste. No se pudo obtener información sobre el tipo de suelos o zonas de inundación cerca del sitio porque el Instituto Nacional de Estadística y Geografía no proporciona este tipo de información en



áreas muy rurales. La Figura 22 muestra la ubicación aproximada de las instalaciones asociadas con la Oportunidad 2.



Figure/Figura 22 Opportunity 2 – General location map (INEGI, 2015)  
Oportunidad 2 – Mapa de ubicación general (INEGI, 2015)

A site visit of the Opportunity 2 area was conducted in May 2019. The site is located approximately 15 miles south of Puerto Libertad. From the highway, the shore is about 4.2 miles, accessible via unpaved private road through the ranch leased by Oceanus (Rancho los Cirios). Between the highway and the shore, there is a natural ridge that reaches an elevation of approximately 1,000 ft. It is this ridgeline and natural terrain that would be utilized for the upper storage reservoir.

The shoreline shows some rock outcrops and the beach is composed of seemingly coarse sand and pebbles. This site is an area with a broad biodiversity of flora and fauna; during the visit a coyote and a bighorn sheep were observed. Photos of this area are included as Figure 23. To the south of the site, the Seris Tribe is present and Oceanus representatives indicated they have been in regular contact with them regarding their proposed project.

En mayo de 2019 se realizó una visita al área de la Oportunidad 2. El sitio está ubicado aproximadamente a 25 km al sur de Puerto Libertad. Desde la carretera, la costa es de aproximadamente 7 km, accesible a través de un camino privado sin pavimentar a través del rancho arrendado por Oceanus (Rancho los Cirios). Entre la carretera y la costa, hay una cresta natural que alcanza una elevación de aproximadamente 300 m. Es esta cresta y terreno natural la que se utilizaría para el depósito de almacenamiento superior.

La costa muestra algunos afloramientos rocosos y la playa está compuesta de arena y piedras aparentemente gruesas. Este sitio es un área con una amplia biodiversidad de flora y fauna; durante la visita se observó un coyote y un borrego cimarrón. Las fotos de esta área se incluyen en la Figura 23. Al sur del sitio, la Tribu Seris está presente y los representantes de Oceanus indicaron que han estado en contacto regular con ellos con respecto a su proyecto propuesto.





**Figure/Figura 23**      **Opportunity 2 – Representative site photos**  
**Oportunidad 2 – Fotos representativas del sitio**

### Land Use Considerations

The selected site is not occupied by human habitat and there is currently no activity in the immediate area. According to the Program of Territorial Ordering of the State of Sonora 2008, the area is zoned as an alternative tourism area and a small sandy strip of the coast to the south is destined to the use of landscape landmarks, without having developed yet, as shown in Figure 24.

### Consideraciones de Uso de Suelo

El sitio seleccionado no se encuentra ocupado por hábitat humano y actualmente no se ve actividad en el área inmediata. De acuerdo al Programa de Ordenamiento Territorial Costa del Estado de Sonora 2008, esta zona es área de turismo alternativo y una pequeña franja arenosa de la costa al sur está destinada al uso de hitos paisajísticos, sin haberse desarrollado aun, como se muestra en Figura 24.



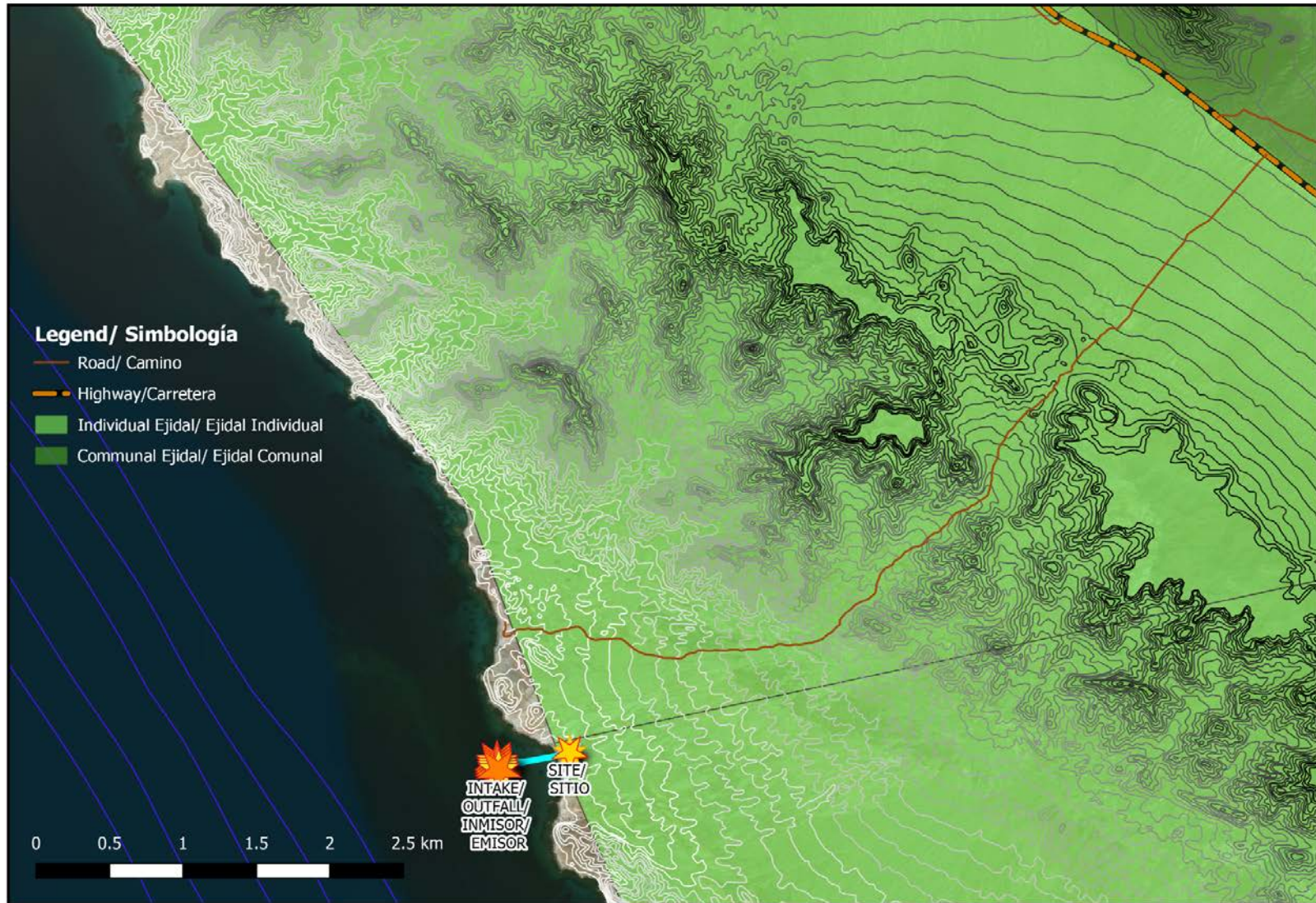
**Figure/Figura 24** Opportunity 2 – Land use (Program of Territorial Ordering of the State of Sonora 2008)  
Oportunidad 2 – Usos de suelos (Programa de Ordenamiento Territorial Costa del Estado de Sonora 2008)

According to the National Agrarian Registry 2019, as seen in Figure 25, the site is located within the ejido "San Ignacio No. 2". The parcel is individually managed, that is to say, it has been divided and distributed among the members of the ejido for its use. Use of the land would require approval by the ejido members.

As mentioned previously, the document 24 October 2018 ARUP report *Integrated Pumped Hydro Reverse Osmosis Clean Energy System - Desktop Trade-off Analysis* indicates that Oceanus has control of the site referred to as "Camou Family Ranch". It is assumed that this is the same area.

Según el Registro Nacional Agrario 2019, como se ve en la Figura 25, el sitio está ubicado dentro del ejido "San Ignacio No. 2". La parcela se gestiona individualmente, es decir, se ha dividido y distribuido entre los miembros del ejido para su uso. El uso de la tierra requeriría la aprobación de los miembros del ejido.

Como se mencionó previamente, el documento 24 Octubre 2018 ARUP report *Integrated Pumped Hydro Reverse Osmosis Clean Energy System - Desktop Trade-off Analysis* indica que Oceanus tiene el control del sitio denominado "Camou Family Ranch". Se supone que esta es la misma área.



**Figure/Figura 25**      **Opportunity 2 – Ejido locations (National Agrarian Registry 2019)**  
**Oportunidad 2 – Ubicaciones ejido (Registro Agrario Nacional 2019)**

## Marine Works

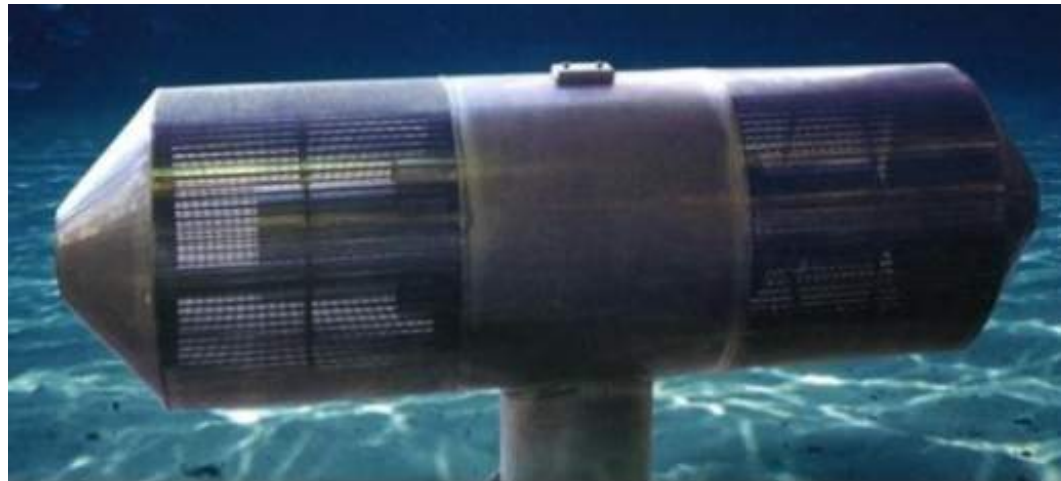
Practical intake options for Opportunity 2 are limited to the Johnson-type fine screens and the velocity cap as described for Opportunity 1. The proposal for Oceanus' Pitiquito pumped storage project is to use Johnson-type fine screens, as shown in Figure 26, and therefore this arrangement was adopted for Opportunity 2.

The seawater intakes for the project are of the open water cylindrical fine screen type, sized to accommodate both the seawater desalination and the pumped-storage operations. The seawater intake/outfall screens are about 1,300 feet offshore where water depth at lowest tide is about 43 feet.

## Obras Marinas

Las opciones prácticas para la toma de agua para la Oportunidad 2 se limitan a las pantallas finas tipo Johnson y a las tapas de velocidad como se describe para la Oportunidad 1. La propuesta para el proyecto de almacenamiento por bombeo de Pitiquito de Oceanus es utilizar pantallas finas tipo Johnson, como se muestra en la Figura 26, y por lo tanto, este acuerdo se adoptó para la Oportunidad 2.

Las tomas de agua de mar para el proyecto son del tipo de pantalla fina cilíndrica de agua abierta, dimensionadas para acomodar tanto la desalinización de agua de mar como las operaciones de almacenamiento por bombeo. Las pantallas de entrada/descarga de agua de mar están a unos 400 metros de la costa, donde la profundidad del agua en la marea más baja es de aproximadamente 13 metros.



**Figure/Figura 26** Johnson Screen intake structure (*image source: PrivateConsultants on SlideShare*)  
Estructura de entrada de Johnson Screen (*fuelle de la imagen: PrivateConsultants en SlideShare*)

The marine works configuration includes a single system serving as both intake and outfall. Operation is in a 24-hour cycle with a 6-hour period of power generation and discharge following an 18-hour period of pumping to an elevated storage reservoir. Water is drawn from the reservoir to feed the desalination plant throughout the 24-hour cycle. During the discharge period, all the brine produced by the desalination plant in 24 hours is discharged along with water released from the reservoir to produce hydropower. Use of a combined intake and outfall increases the risk of increased salinity of water drawn into the system.

This arrangement is adopted for Opportunity 2 on the assumption that dispersion modeling will show that the outfall water density and the movement of tidal and other currents will prevent the intake water salinity from increasing above natural local values.

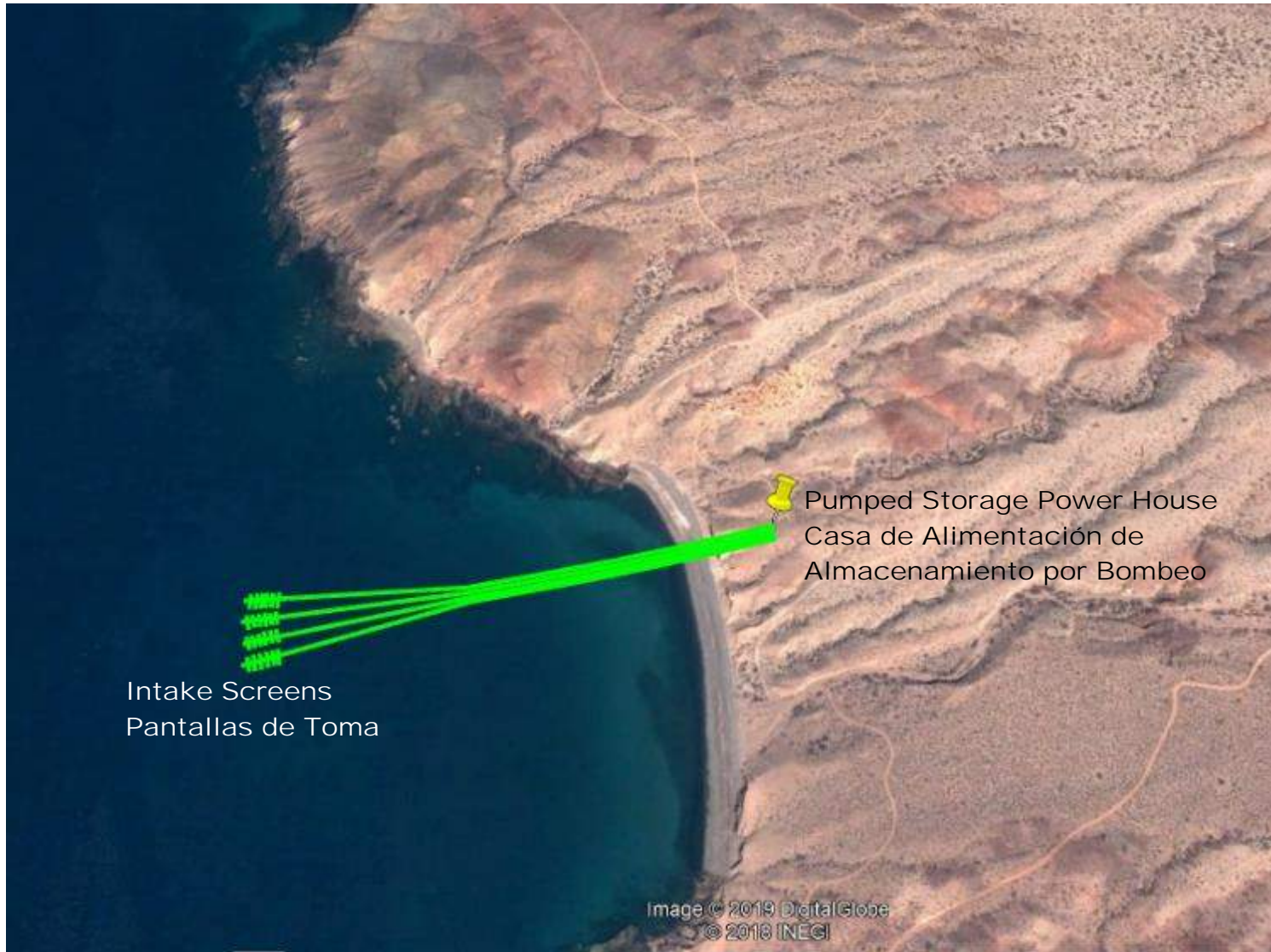
Figure 27 shows a plan view of the key elements of the marine works for Opportunity 2 in relation to the site identified by Oceanus for the pumped storage power house. The marine works for Opportunity 2 lie inside the limits of Marine Priority area but are well to the south of the proposed Biological Fisheries Corridor along the Sonora coast of the Sea of Cortez.

La configuración de obras marianas incluye un sistema único que sirve como entrada y salida. La operación se realiza en un ciclo de 24 horas con un período de 6 horas de generación y descarga de energía luego de un período de bombeo de 18 horas a un depósito de almacenamiento elevado. Se extrae agua del depósito para alimentar la planta de desalinización durante el ciclo de 24 horas. Durante el período de descarga, toda la salmuera producida por la planta de desalinización en 24 horas se descarga junto con el agua liberada del depósito para producir energía hidroeléctrica. El uso combinado de la infraestructura de toma de agua y descarga aumenta el riesgo de una mayor salinidad del agua que ingresa al sistema.

Este arreglo se adoptó para la Oportunidad 2 bajo el supuesto de que el modelado de dispersión mostrará que la densidad del agua de desagüe y el movimiento de las mareas y otras corrientes evitarán que la salinidad del agua de entrada aumente por encima de los valores locales naturales.

La Figura 27 muestra una vista en planta de los elementos clave de las obras marianas para la Oportunidad 2 en relación con el sitio identificado por Oceanus para la central eléctrica de almacenamiento por bombeo. Los obras marianas para la Oportunidad 2 se encuentran dentro de los límites del área de Prioridad Marina, pero están bien al sur del Corredor de Pesca Biológica propuesto a lo largo de la costa de Sonora del Mar de Cortés.

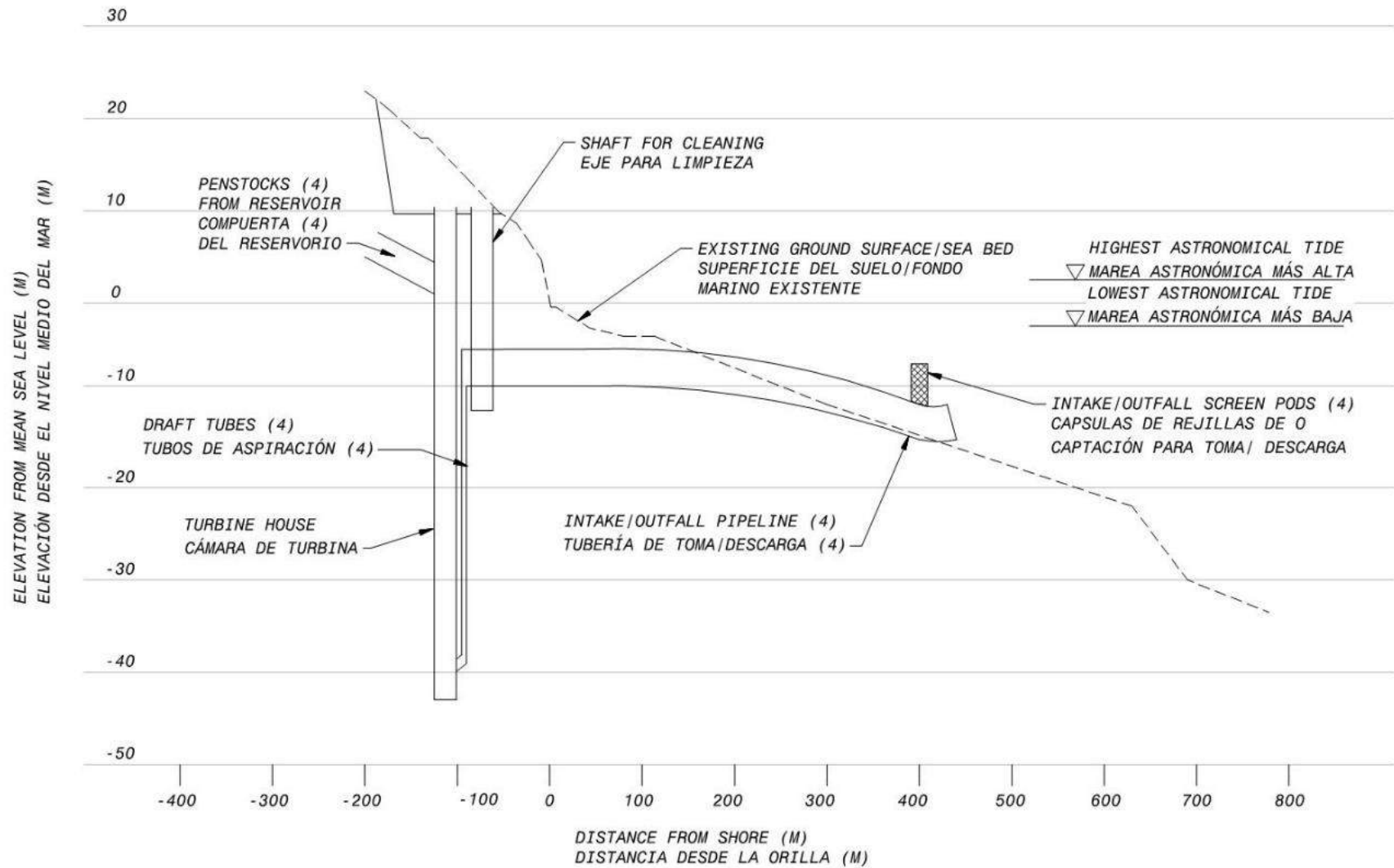




**Figure/Figura 27**      **Opportunity 2 – Marine works plan**  
**Opportunidat 2 – Plan de obras marinas**

Figure 28 shows a profile through the intake and outfall systems. This profile is based on that shown as Figure 18 of the 24 October 2018 ARUP report *Integrated Pumped Hydro Reverse Osmosis Clean Energy System - Desktop Trade-off Analysis*. It shows a profile of concrete encased steel intake/outfall pipelines laid partly in trench. The geology for the marine works for Opportunity 2 is assumed to be rock overlain by sand and gravel alluvium of variable thickness.

La Figura 28 muestra un perfil a través de los sistemas de entrada y salida. Este perfil se basa en el que se muestra en la Figura 18 del informe ARUP del 24 de octubre de 2018 *Sistema de Energía Limpia de Ósmosis Inversa Bombeada Integrada - Análisis de Compensación de Escritorio*. Muestra un perfil de tuberías de entrada/descarga de acero encapsuladas de hormigón colocadas parcialmente en zanjas. Se supone que la geología de los obras marinas para la Oportunidad 2 es roca cubierta por aluviones de arena y grava de espesor variable.



**Figure/Figura 28**      **Opportunity 2 – Marine works profile**  
**Oportunidad 2 – Perfil de obras marinas**

Table 25 lists the key elements of the intake and outfall system for Opportunity 2. The overall arrangement of this opportunity is generally as described in Arup Final report of 24 October 2018 for the Pitiquito project – *Integrated Pumped Hydro Reverse Osmosis Clean Energy System - Desktop Trade-off Analysis*. Where adjustments or additional details have been made, these are underlined. The cost estimate in the ARUP report assumed 4 meter diameter tunnels for each of the intake/outfall pipelines. This approach may be suitable depending on the geological conditions found in future field investigations.

The configuration of the marine works for Opportunity 2 partially meets the requirements of draft Mexican regulations *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters*. The main exception is the lack of vertical and horizontal separation of intake and outfall.

La Tabla 25 enumera los elementos clave del sistema de entrada y salida para la Oportunidad 2. La disposición general de esta oportunidad es, en general, como se describe en el informe final de Arup del 24 de octubre de 2018 para el proyecto Pitiquito - *Sistema de Energía Limpia de Ósmosis Inversa Bombeada Integrada - Análisis de Compensación de Escritorio*. Cuando se han realizado ajustes o detalles adicionales, estos están subrayados. La estimación de costos en el informe ARUP supuso túneles de 4 metros de diámetro para cada una de las tuberías de entrada/salida. Este enfoque puede ser adecuado dependiendo de las condiciones geológicas encontradas en futuras investigaciones de campo.

La configuración de las obras marinas para la Oportunidad 2 cumple parcialmente con los requisitos del proyecto de la norma mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en las plantas o procesos de desalinización que generan aguas salinas o de rechazo de salmuera*. La principal excepción es la falta de separación vertical y horizontal de la toma y la descarga.

**Table/Tabla 25**      **Opportunity 2 - Intake/outfall facilities**  
**Opportunidad 2 – Instalaciones de la toma y descarga**

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NÚMERO	DESCRIPTION DESCRIPCIÓN
Intake/outfall structure Estructura de toma/descarga	4	11.5 ft intake header pipe <u>surrounded in concrete</u> with a wide precast concrete slab foundation; intake location <u>43 ft</u> below lowest astronomical tide. Tubo de entrada de 3.5 m de diámetro, <u>cubierto de hormigón</u> y con una amplia base de losa de hormigón prefabricado; lugar de toma <u>13 m</u> por debajo de la marea astronómica más baja.

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NÚMERO	DESCRIPTION DESCRIPCIÓN
Fine screens Rejas finas	24	Four pods of six cylindrical screens, each <u>11.5 ft in diameter and 53 ft overall length</u> ; screens of the Johnson type with 0.04 ft openings, fabricated from <u>cupro-nickel</u> spiral-wound wedge-wire; bottom of screen <u>10 ft</u> above sea bed.  Cuatro grupos de seis pantallas cilíndricas, cada una de <u>3,5 m de diámetro y 16 m v de longitud total</u> ; pantallas del tipo Johnson con aberturas de 1.0 mm, fabricadas a partir de alambre de cuña de espiral helicoidal de <u>cuproníquel</u> ; parte inferior de la pantalla a <u>3.0 m</u> sobre el fondo del mar.
Intake/outfall pipelines Tubería de toma/ descarga	4	<u>138-inch outside diameter; 0.75 inch thick, steel pipelines, encased in 12-inch thick reinforced concrete, partially wholly buried</u> ; overall length 1,700 ft.  <u>Diámetro exterior de 3.5 m; tuberías de acero de 19 mm de espesor, revestidas en hormigón armado de 300 mm de espesor, parcialmente/totalmente enterradas</u> ; longitud total 520 m.
Power house Cámara de maquinas	1	Turbine house with 4 pump turbines, vertical draft tubes to just below suction hydraulic grade line; <u>cleaning shaft located at high point, one shaft for each pipeline (access to the vertical draft tube riser and for cleaning the under-sea pipeline)</u> .  Cámara de turbina con 4 turbinas de bombeo, tubos de tiro vertical justo debajo de la línea de grado hidráulico de succión; <u>cámara de limpieza ubicado en el punto mas alto, una cámara para cada tubería (acceso al tubo vertical de tiro y para limpiar la tubería submarina)</u> .

With the Pitiquitos pumped-storage hydro plant and associated solar PV system operating in average day conditions, as determined in the ARUP report on that project, the salinity of the brine discharge when blended with the rest of the turbine flow will be about 10% above natural local sea salinity.

As demonstrated in the brine dispersion modeling technical memorandum (TM4), discharge of the brine (diluted significantly by the rest of the turbined flow) has a salinity less than 15%

Con la planta hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo de Pitiquitos y el sistema fotovoltaico solar asociado funcionando en condiciones de día promedio, según se determina en el informe ARUP de ese proyecto, la salinidad de la descarga de salmuera cuando se mezcla con el resto del flujo de la turbina será aproximadamente un 10% superior a la salinidad natural del mar local.

Como se demostró en el memorando técnico de modelado de dispersión de salmuera (TM4), la descarga de la salmuera (diluida

above natural local sea salinity before discharge from the outfall and therefore, the salinity limit set in the draft Mexican regulations should be met. Determination of any increase in salinity at the screens during intake cannot be determined without 3D modeling using a time history (historical or simulated) of the variables that may be expected over one winter month and one summer month; having winter and summer underlying currents in different directions.

## Desalination Facilities

Similar to Opportunity 1, reverse osmosis desalination was chosen as the most viable and economically-prudent desalination technology for Opportunity 2. The following conceptual design describes the recommended treatment components as well as their expected performance and costs of operation considering the same feed water quality and finished water demands as described for Opportunity 1.

As discussed previously, the facilities described herein are sized based on producing 92.7 mgd of treated water to account for an annual availability of 96% and annual production of 100,000 acre-feet. The majority of system components proposed for Opportunity 2 are identical to Opportunity 1 and, therefore, this section will only focus on design changes required for this location. In general, the major differences in operation and design are: 1) the availability of seawater feed from the upper reservoir as opposed to drawn directly from the sea and 2) the

significativamente por el resto del flujo de la turbina) tiene una salinidad inferior al 15% por encima de la salinidad natural del mar local antes de la descarga del emisor, y por lo tanto, se debe cumplir el límite de salinidad establecido en el borrador de la norma mexicana. La determinación de cualquier aumento de la salinidad en las pantallas durante la ingesta no puede determinarse sin el modelado 3D utilizando un historial de tiempo (histórico o simulado) de las variables que se pueden esperar durante un mes de invierno y un mes de verano; teniendo corrientes subyacentes de invierno y verano en diferentes direcciones.

## Instalaciones de Desalinización

Similar a la Oportunidad 1, la desalinización por ósmosis inversa fue elegida como la tecnología de desalinización más viable y económicamente prudente para la Opportunity 2. El siguiente diseño conceptual describe los componentes de tratamiento recomendados, así como su rendimiento esperado y los costos de operación, considerando la misma calidad del agua de alimentación y demandas de agua producto como se describe para la Oportunidad 1.

Como se discutió anteriormente, las instalaciones descritas en este documento tienen un tamaño basado en la producción de 351 MLD de agua tratada para tener en cuenta una disponibilidad anual del 96% y una producción anual de 123,348,184 m<sup>3</sup> por año (m<sup>3</sup>/ año). La mayoría de los componentes del sistema propuestos para la Oportunidad 2 son idénticos a la Oportunidad 1 y, por lo tanto, esta sección solo se enfocará en los cambios de diseño requeridos para esta ubicación. En general, las principales diferencias en la operación y el diseño son: 1) la disponibilidad de alimentación de agua de mar

semi-batch brine storage and discharge requirement. In order to recover as much stored energy from this water, an energy recovery system has replaced the standard desalination plant intake pump station as described in Opportunity 1. In doing so, and without accounting for the pumping energy required for the original transfer of seawater to the upper reservoir by the power plant, significant energy savings for the desalination are achieved.

### Water Quality

It is assumed that feed water and membrane performance are identical between Opportunity 1 and Opportunity 2. Therefore, feed and finished water quality for Opportunity 2 is expected to be the same as that described for Opportunity 1.

### Conceptual Site Plan

Figure 29 illustrates the general site layout for the proposed seawater desalination plant. Similar to Opportunity 1, the 25 to 30 acre site includes accommodations for process equipment, pumping, waste handling, process tanks, chemical dosing, electrical, administrative buildings and contingency space for ancillary needs. However, the design for Opportunity 2 includes additional brine storage capacity. The semi-batch brine discharge operation requires significant storage capacity to allow discharge only when the hydropower plant is in operation (typically 7 to 8 hours a day). Specifically, collection of brine at a rate of 109 mgd for 17 hours requires a storage reservoir with approximately

desde el reservorio superior en lugar de extraerse directamente del mar; y, 2) el requisito de almacenamiento y descarga de salmuera por semi-lotes. Para recuperar la mayor cantidad de energía almacenada de esta agua, un sistema de recuperación de energía han reemplazado la estación de bombeo estándar de la planta de desalinización como se describe en la Oportunidad 1. Al hacerlo, y sin tener en cuenta la energía de bombeo requerida para la transferencia original del agua de mar al depósito superior por la planta de energía, se logran ahorros de energía significativos para la desalinización.

### Calidad del Agua

Se asume que el desempeño del agua de alimentación y la membrana son idénticos entre Oportunidad 1 y Oportunidad 2, por lo tanto, se espera que la calidad del agua de alimentación y tratada para la Oportunidad 2 sea la misma que la descrita para la Oportunidad 1.

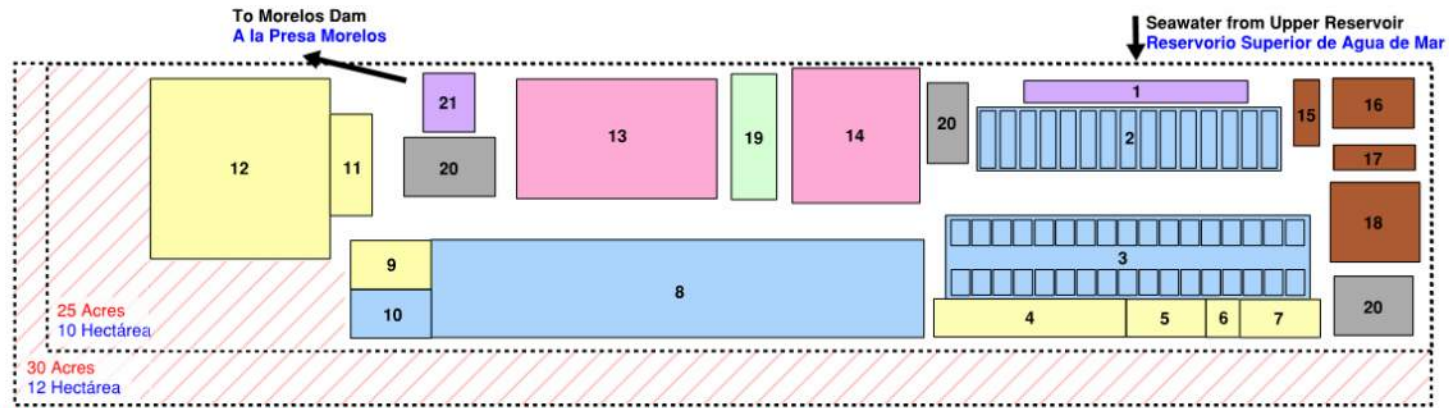
### Plan Conceptual del Sitio

La Figura 29 ilustra el diseño general del sitio para la planta de desalinización de agua de mar propuesta. Similar a la Oportunidad 1, el sitio de 10 a 20 hectáreas incluye alojamientos para equipos de proceso, bombeo, manejo de desechos, tanques de proceso, dosificación de productos químicos, edificios administrativos, eléctricos y espacio de contingencia para necesidades auxiliares, sin embargo, el diseño de la Oportunidad 2 incluye capacidad adicional de almacenamiento de salmuera. La operación de descarga por semi-lotes de la salmuera requiere una capacidad de almacenamiento significativa para permitir la descarga solo cuando la planta hidroeléctrica está en funcionamiento (generalmente de 7 a 8 horas

80 million gallons of minimal usable volume. This stored brine would then be discharged along with the brine produced during normal operation at a rate of over 15 million gallons per hour.

al día). Específicamente, la recolección de salmuera a una velocidad de 412 MLD durante 17 horas requiere un depósito de almacenamiento de aproximadamente 300 millones de litros de volumen utilizable, como mínimo. Esta salmuera almacenada se descargaría junto con la salmuera producida durante el funcionamiento normal a una velocidad de más de 56 millones de litros por hora.





\*Footprint does not account for ~80 million gallon (300 million liter) brine storage reservoir  
 \*La huella no considera ~ 80 millones de galones (300 millones de litros) del reservorio para el almacenamiento de salmuera

- |  |   |
|--|---|
| 1) Intake energy recovery station<br>Estación de sistema de recuperación de energía de la toma                     | 11) Chlorine contact tank<br>Tanque de contacto de cloro  |
| 2) Dissolved air flotation<br>Flotación por aire disuelto  | 12) Product water storage tank<br>Tanque para almacenamiento de agua producto   |
| 3) Granular media filter<br>Filtro de medios granulares  | 13) Post-treatment chemical storage and dosing<br>Almacenamiento de químicos para el post-tratamiento y su dosificación |
| 4) Reverse osmosis feed tank and pumping station<br>Tanque de alimentación de ósmosis inversa y estación de bombeo | 14) Chemical storage and feed<br>Almacenamiento de químicos y su alimentación   |
| 5) Washwater equalization tank<br>Tanque de ecuilización de agua de lavado   | 15) Sludge removal<br>Eliminación de lodos  |
| 6) Waste tank<br>Tanque de residuos  | 16) Sludge settling and thickening<br>Sedimentación y engrosamiento de lodos  |
| 7) Backwash supply tank<br>Tanque de suministro de retrolavado   | 17) Sludge pumps<br>Bombas para lodos   |
| 8) Reverse osmosis building<br>Edificio de ósmosis inversa   | 18) Solids dewatering and handling<br>Deshidratación y manejo de sólidos  |
| 9) Intermediate/Flush tank<br>Tanque intermedio/de descarga  | 19) Administration and control<br>Administración y control  |
| 10) Clean-in-place area<br>Área para sistema de limpieza   | 20) Electrical<br>Eléctrico   |
|  | 21) Product water transfer pump station<br>Estación de bombeo para la transferencia del agua producto                   |



- |  |
|--|
| Pump/Energy recovery station<br>Bomba/Estación de recuperación de energía  |
| Primary process equipment<br>Equipo de proceso primario  |
| Chemical storage and dosing<br>Almacenamiento químico y dosificación   |
| Solids Handling<br>Manejo de sólidos   |
| Tank<br>Tanque   |
| Administrative building<br>Edificio administrativo   |
| Electrical<br>Eléctrico  |
| Contingency space for ancillary needs (ex. parking, workshop, security, etc.)<br>Espacio de contingencia para necesidades auxiliares. (ej. estacionamiento, taller, seguridad, etc.) |

Figure/Figura 29 Opportunity 2 – Preliminary reverse osmosis desalination plant layout  
 Oportunidad 2 – Arreglo preliminar de la planta de desalinización por ósmosis inversa

### Treatment Process Description

Figure 30 shows the proposed process flow diagram of the desalination plant for Opportunity 2. The plant schematic consists of the same unit processes as in Opportunity 1: dissolved air flotation with coagulant addition, granular media filtration, two-pass reverse osmosis membrane desalination, product water chemical addition, and solids handling. Opportunity 2 differs from Opportunity 1 with the addition of energy recovery systems in place of seawater intake pumps and brine storage/discharge requirements, as discussed below.

### Descripción del Proceso de Tratamiento

La Figura **Error! Reference source not found.** muestra el diagrama de flujo de proceso propuesto de la planta de desalinización para la Oportunidad 2. El esquema de la planta consta de los mismos procesos unitarios que en la Oportunidad 1: flotación de aire disuelto con adición de coagulante, filtración de medios granulares, desalinización de membrana de ósmosis inversa en dos pasos, adición de químicos al agua producto y manejo de sólidos. La Oportunidad 2 difiere de la Oportunidad 1 con la adición de sistemas de recuperación de energía en lugar de las bombas de toma de agua de mar y los requisitos de almacenamiento/descarga de salmuera, como se explica a continuación.

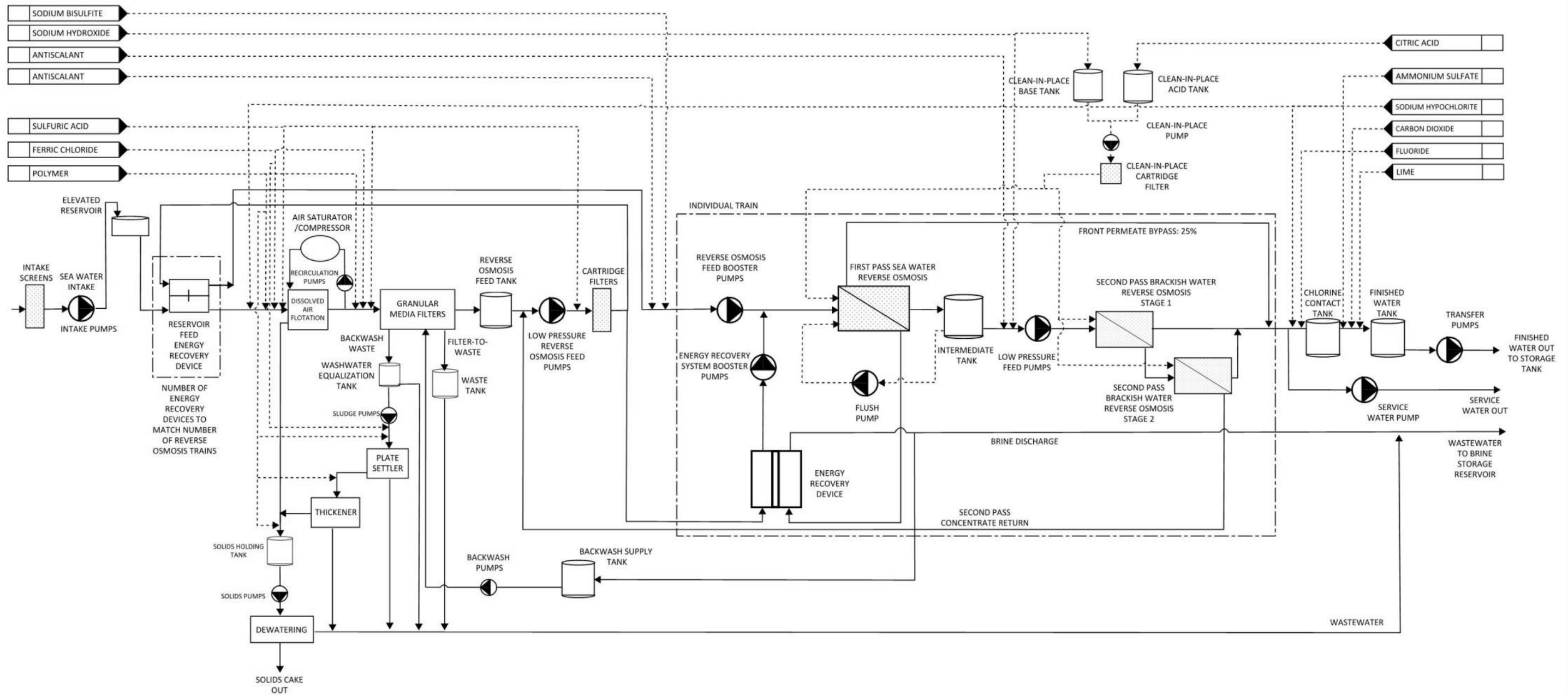


Figure 30 Opportunity 2 – Desalination facility process schematic

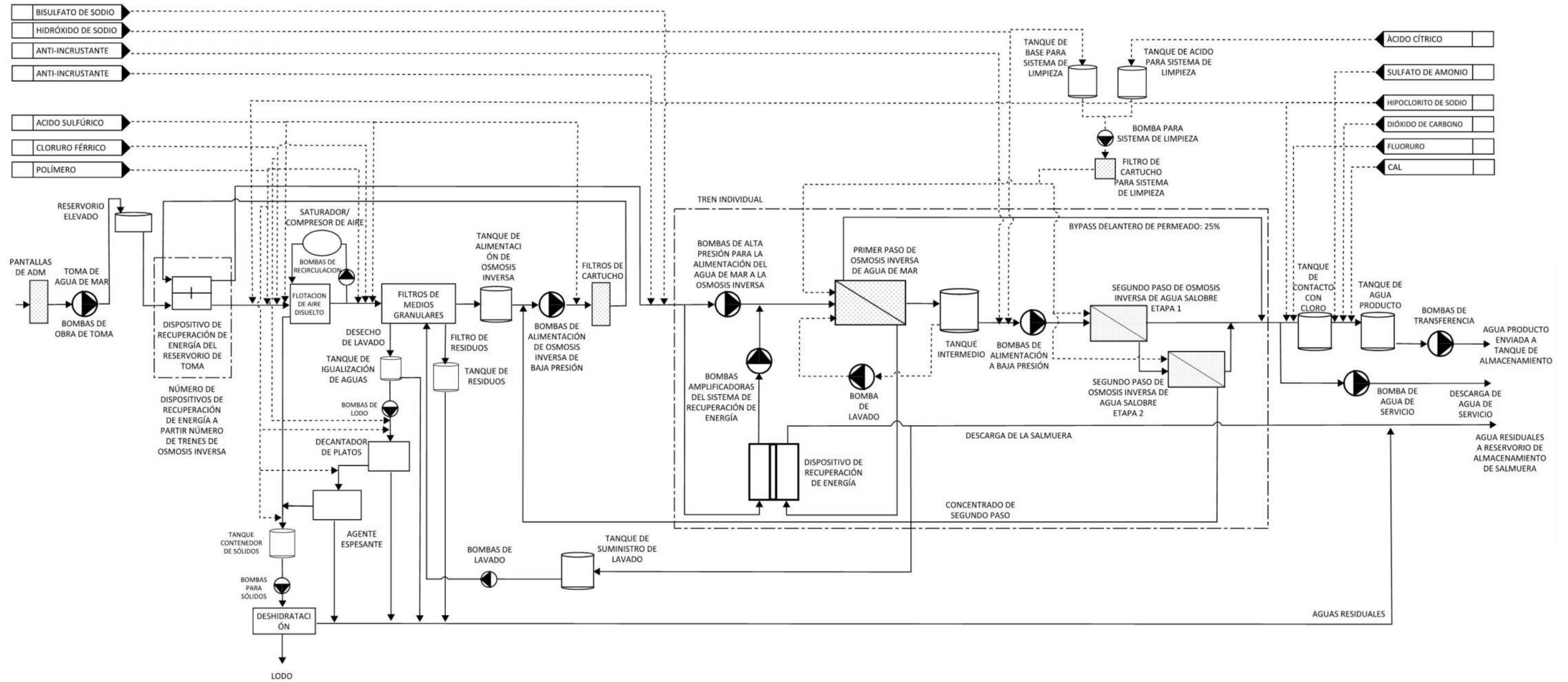


Figura 30 Oportunidad 2 - Esquema de la instalación del proceso de desalinización

### Reservoir Feed Energy Recovery

One of the benefits of storing seawater in an elevated reservoir is the ability to recoup the stored hydraulic energy to drive the desalination system, a typically energy-intensive process. In this design, an energy recovery system transfers a portion of the high pressure of the reservoir feed into the first stage reverse osmosis feed water. With a reservoir elevation of approximately 950 feet, the incoming reservoir feed to the desalination plant contains approximately 410 psi of pressure. However, a booster pump will still be required to generate the required first stage reverse osmosis feed pressure of up to 810 psi.

A bank of energy recovery systems recover energy from the incoming seawater from the reservoir. Turbocharger-style energy recovery devices are chosen for the reservoir feed energy recovery for this high level, but other devices such as positive displacement devices can be considered in future. Turbochargers have an impeller and a turbine, which are coupled to a shaft within the same casing. In this study, the energy transfer efficiency of the turbocharger is assumed to be 81% (from seawater to reverse osmosis feed water conversion).

The hydraulic profile through the desalination treatment plant for Opportunity 2 is presented in Figure 31. A significant portion of the stored feed head is transferred to the reverse osmosis feed, but additional head is still required to achieve the high reverse osmosis feed pressures to operate at 50% recovery (consistent with other options). Additional head is required throughout the plant to operate the second pass reverse osmosis system and provide conveyance throughout the plant.

### Recuperación de Energía de Alimentación del Reservoirio

Uno de los beneficios de almacenar agua de mar en un depósito elevado es la capacidad de recuperar la energía hidráulica almacenada para impulsar el sistema de desalinización, un proceso que suele requerir mucha energía. En este diseño, un sistema de recuperación de energía transfiere una porción de la alta presión de la alimentación del reservoirio al agua de alimentación de ósmosis inversa de la primera etapa. Con una elevación del reservoirio de aproximadamente 290 m, la alimentación del reservoirio entrante a la planta de desalinización contiene aproximadamente una presión de 28 bar. Sin embargo, aún se requerirá una bomba de refuerzo para generar la presión de alimentación de ósmosis inversa requerida de la primera etapa de hasta 56 bar.

Un banco de sistemas de recuperación de energía recupera energía del agua de mar entrante del reservoirio. Los dispositivos de recuperación de energía estilo turbocompresor se eligen para la recuperación de energía de alimentación del depósito para este alto nivel de diseño, pero otros dispositivos como los dispositivos de desplazamiento positivo se pueden considerar en el futuro. Los turbocompresores tienen un impulsor y una turbina, que están acoplados a un eje dentro de la misma carcasa. En este estudio, se supone que la eficiencia de transferencia de energía del turbocompresor es del 81% (de conversión de agua de mar a agua de alimentación de ósmosis inversa).

El perfil hidráulico a través de la planta de tratamiento de desalinización para la Oportunidad 2 se presenta en la Figura 31. Una porción significativa de la cabeza de alimentación almacenada se transfiere a la alimentación de ósmosis inversa, pero aún se necesita una cabeza adicional para lograr las altas presiones de alimentación

de ósmosis inversa para operar al 50% de recuperación (coherente con otras opciones). Se requiere una cabeza adicional en toda la planta para operar el sistema del segundo paso de ósmosis inversa de y proporcionar conducción a través de la planta.



Figure/Figura 31 Opportunity 2 – Desalination treatment plant hydraulic profile  
 Oportunidad 2 – Perfil hidráulico de la planta de desalinización de tratamiento

## Conveyance of Treated Water

Opportunity 2 includes conveyance of treated water from the desalination plant near Pitiquito to the delivery location at Morelos Dam. Similar to Opportunity 1, the pipeline design assumed conveyance of treated water from two desalination opportunities. Therefore, a design flow rate of 92.7 mgd was assumed from Pitiquito, corresponding to a pipe diameter of 60-inches. An additional 92.7 mgd of flow was assumed at either Puerto Libertad or Jagüey, for a total flow of 185 mgd, corresponding to a pipe diameter of 84-inches. It is assumed that the pipeline would be constructed of steel pipe with cement mortar lining and polyurethane coating. This is a widely used pipe material/coating/lining selection for large diameter water transmission pipelines. Five pump stations and five stand-alone hydraulic break tanks are required along the 300-mile pipeline alignment. The pipeline alignment generally follows the existing coastal road and other existing roadways to the north. The exception is where the alignment follows the existing railroad tracks across the Biosphere Reserve.

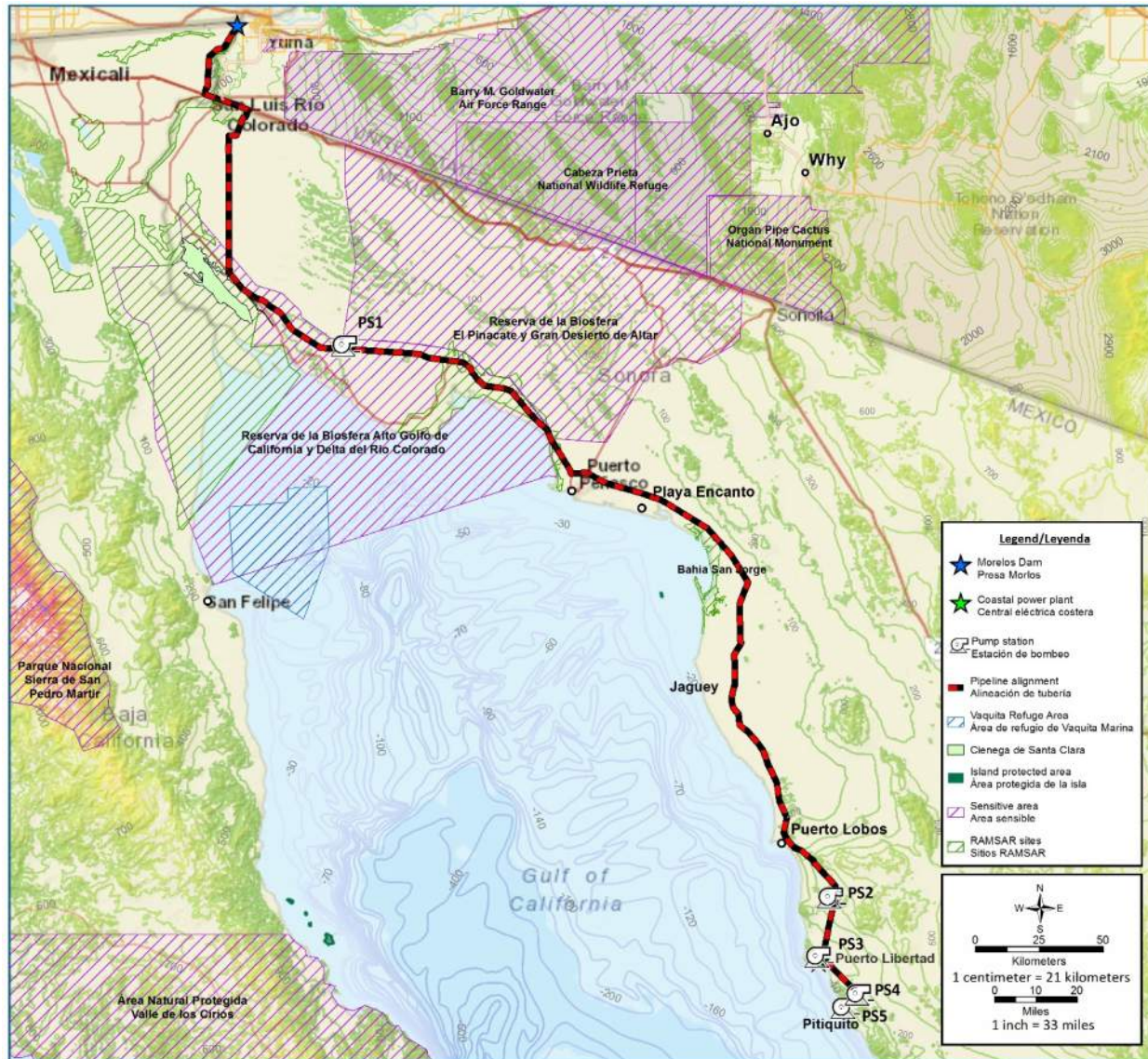
Figure 32 shows the proposed pipeline alignment for Opportunity 2 from Pitiquito to Morelos Dam with additional flow from Puerto Libertad as well as the locations of the proposed pump stations. Figure 33 shows the proposed pipeline alignment for Opportunity 2 from Pitiquito to Morelos Dam with additional flow from Jagüey as well as the locations of the proposed pump stations.

## Conducción de Agua Tratada

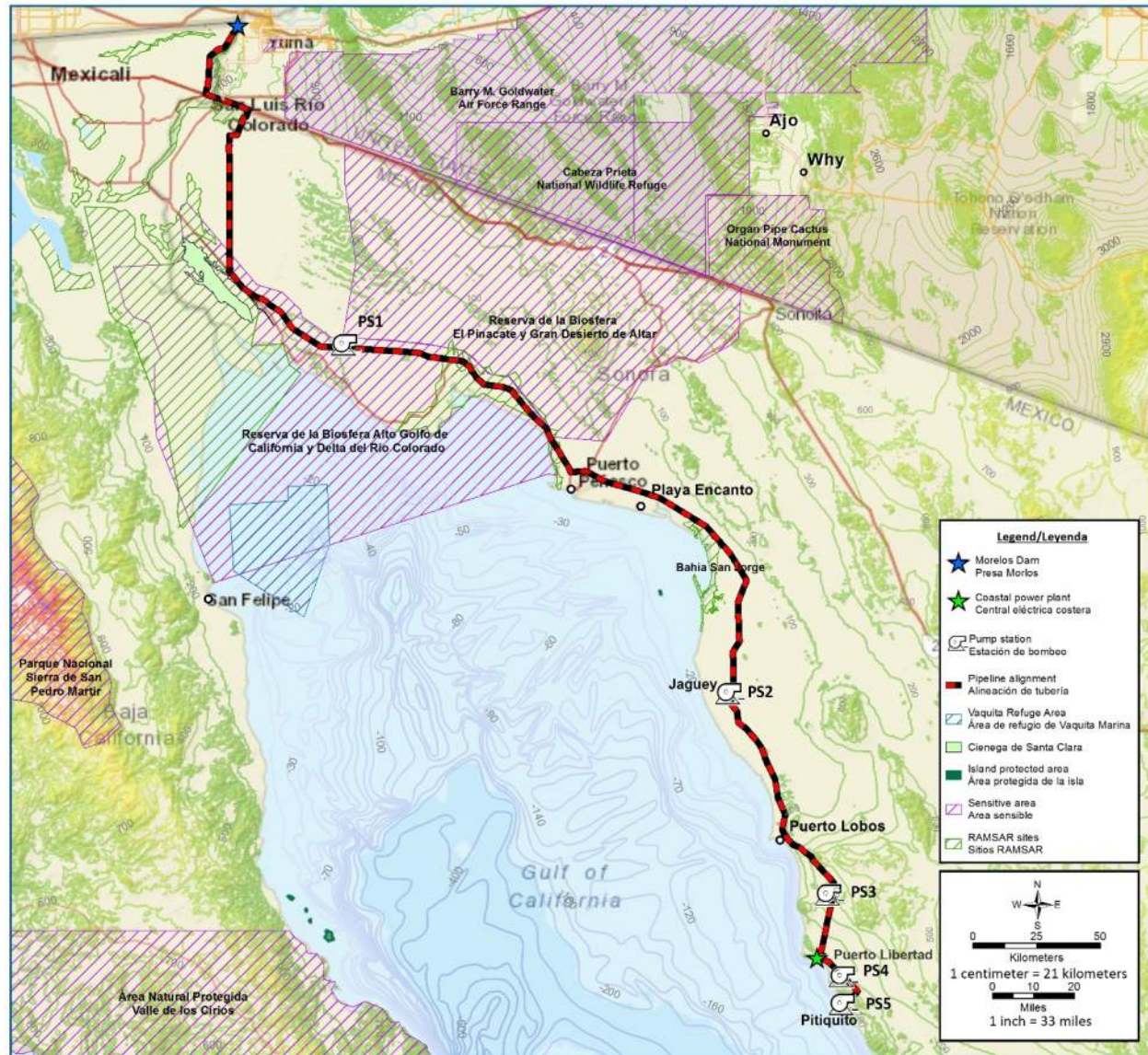
La Oportunidad 2 incluirá el transporte de agua tratada desde la planta de desalinización cerca de Pitiquito hasta el lugar de entrega en la Presa Morelos. Similar a la Oportunidad 1, el diseño de la tubería asumió una conducción de agua trata de dos oportunidades de desalación. Por lo tanto, el caudal de diseño es de 351 MLD de Pitiquito, que requerirá un diámetro de tubería de 60 pulgadas. Se agregarán 351 MLD adicionales de flujo en Puerto Libertad o Jagüey. Cuando se agregue el flujo adicional, habrá un total de 702 MLD que requerirá un diámetro de tubería de 84 pulgadas. Se asume que la tubería será una tubería de acero con revestimiento de mortero de cemento y revestimiento de poliuretano. Esta es una selección de material/revestimiento/recubrimiento de tubería ampliamente utilizada para tuberías de transmisión de agua de gran diámetro. Se requerirán cinco estaciones de bombeo y cinco tanques de cambio de régimen autónomos a lo largo de la alineación de la tubería de 480 km. La alineación de la tubería generalmente sigue la carretera costera existente y otras carreteras existentes hacia el norte. La excepción es cuando la longitud de la alineación sigue las vías del ferrocarril existentes a través de la Reserva de la Biosfera.

La Figura 32 muestra la alineación propuesta del ducto para la Oportunidad 2 desde Pitiquito hasta la Presa Morelos con un flujo adicional desde Puerto Libertad, así como las ubicaciones de las estaciones de bombeo propuestas. La Figura 33 muestra la alineación propuesta del ducto para la Oportunidad 2 de Pitiquito a la Presa de Morelos con flujo adicional desde Jagüey, así como las ubicaciones de las estaciones de bombeo propuestas.





**Figure/Figura 32 Opportunity 2 – Conveyance alignment (conveyance upsized at Puerto Libertad)**  
**Oportunidad 2 – Alineación de conducción (conducción ampliada en Puerto Libertad)**



**Figure/Figura 33** Opportunity 2 – Conveyance alignment (conveyance upsized at Jagüey)  
 Oportunidad 2 – Alineación de conducción (conducción ampliada en Jagüey)

It is estimated that the 300-mile conveyance alignment will require an easement similar to that required for Opportunity 1.

A pump station (PS5), located at the desalination plant near Pitiquito, will pump treated water to a second pump station (PS4). Pump station PS4 will pump water to a break tank (BT5) located at the high point near the coast. From break tank BT5, treated water will flow by gravity to another break tank (BT4).

For the alternative with additional flow from Puerto Libertad, break tank BT4 will flow by gravity to a pump station (PS3) at Puerto Libertad. Pump station PS3 will pump treated water to pump station PS2, which will pump to break tank BT3 at the high point north of Puerto Libertad. Water will flow from break tank BT3 to break tank BT2 and will continue to flow by gravity to pump station PS1. Pump station PS1 will pump to break tank BT1 at the high point on the west side of the Biosphere Reserve. Water will flow by gravity from break tank BT1 to the discharge structure near Morelos Dam. A pressure/flow control valve will be required at the discharge structure.

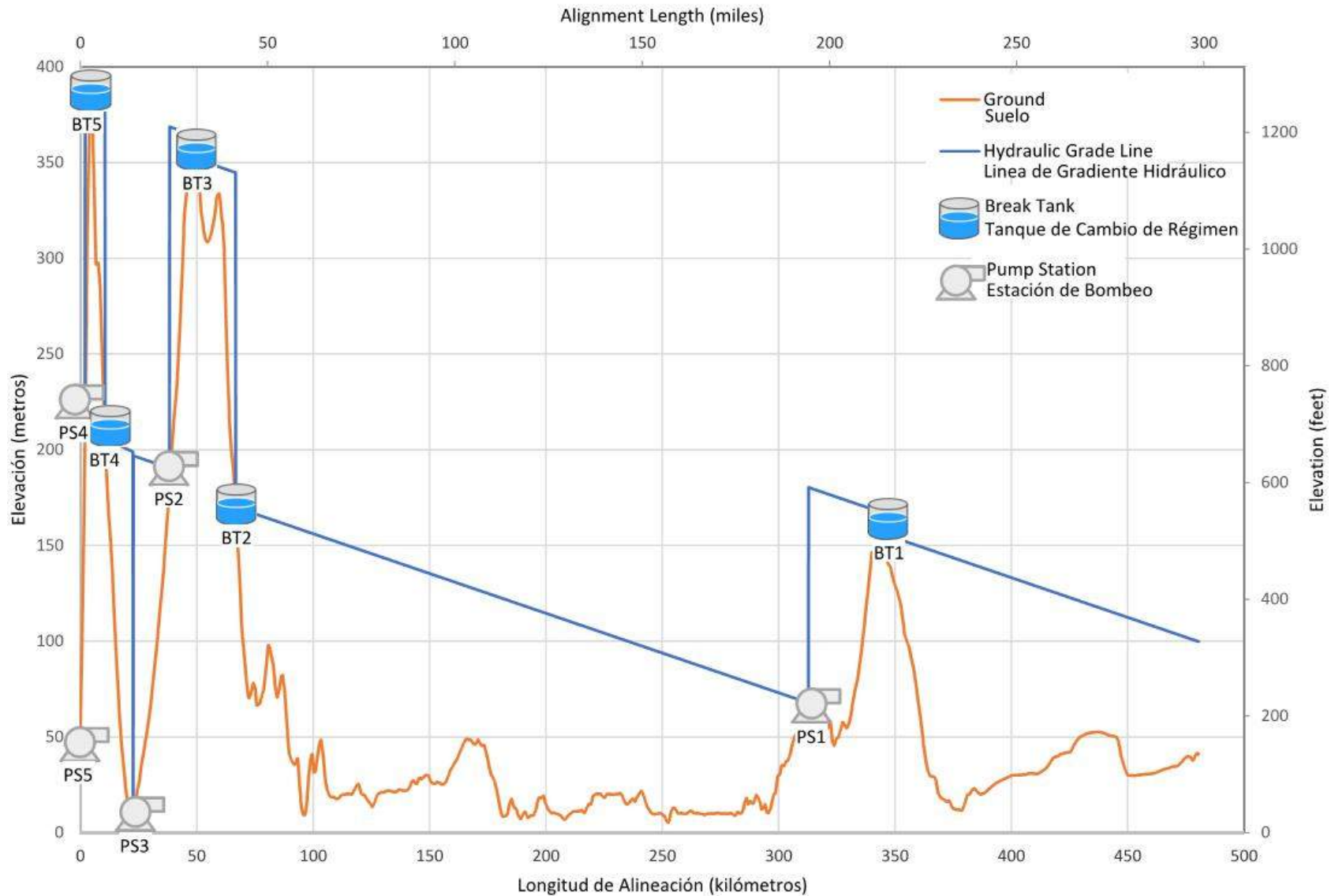
Figure 34 shows the hydraulic profile for the conveyance system for Opportunity 2 with additional flows from Puerto Libertad.

Se estima que la alineación de la t conducción de 480 km requerirá una servidumbre similar a la requerida para la Oportunidad 1.

Una estación de bombeo (PS5), ubicada en la planta desaladora cerca de Pitiquito, bombeará agua tratada a una segunda estación de bombeo (PS4). La estación de bombeo PS4 bombeará agua a un tanque de cambio de régimen (BT5) ubicado en el punto más alto cerca de la costa. Desde el tanque de cambio de régimen BT5, el agua tratada fluirá por gravedad a otro tanque de cambio de régimen (BT4).

Para la alternativa con flujo adicional en Puerto Libertad, el tanque de cambio de régimen BT4 fluirá por gravedad a una estación de bombeo (PS3) en Puerto Libertad. La estación de bombeo PS3 bombeará el agua tratada a la estación de bombeo PS2, que bombeará para al tanque de cambio de régimen BT3 en el punto más alto al norte de Puerto Libertad. El agua fluirá desde el tanque de cambio de régimen BT3 hasta el tanque de cambio de régimen BT2 y continuará fluyendo por gravedad hacia la estación de bombeo PS1. La estación de bombeo PS1 bombeará al tanque de cambio de régimen BT1 en el punto más alto en el lado oeste de la Reserva de la Biosfera. El agua fluirá por gravedad desde el tanque de cambio de régimen BT1 hasta la estructura de descarga cerca de la Presa Morelos. Se requerirá una válvula de control de presión/flujo en la estructura de descarga.

La Figura 34 muestra el perfil hidráulico del sistema de transporte para la Oportunidad 2 con flujos adicionales desde Puerto Libertad.



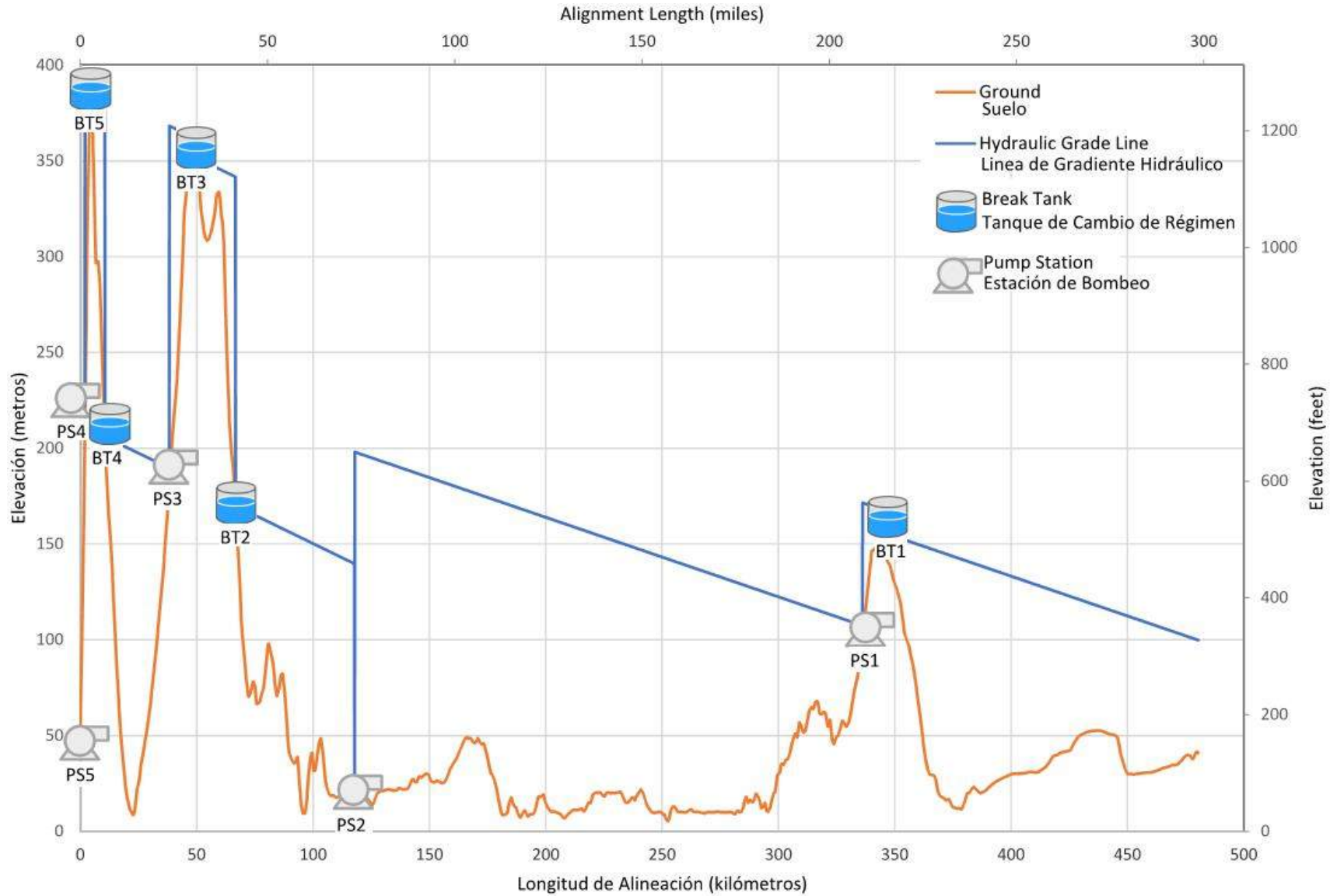
**Figure/Figura 34 Opportunity 2 – Treated water conveyance hydraulic profile (conveyance upsized at Puerto Libertad)**  
**Oportunidad 2 – Perfil hidráulico de conducción de agua producto (conducción ampliada en Puerto Libertad)**

For the alternative with additional flow from Jagüey, treated water will flow by gravity from break tank BT4 to pump station PS3 north of Puerto Libertad. Pump station PS3 will pump treated water to break tank BT3 at the high point north of Puerto Libertad. Treated water will flow by gravity from break tank BT3 to break tank BT2 and will continue to flow by gravity to pump station PS2 and combine with the flow from Jagüey. Pump station PS2 will pump to pump station PS1. PS1 will pump to break tank BT1 at the high point on the west side of the Biosphere Reserve. Water will flow by gravity from break tank BT1 to the discharge structure near Morelos Dam. A pressure/flow control valve will be required at the discharge structure.

Figure 35 shows the hydraulic profile for the conveyance system for Opportunity 2 with additional flows from Opportunity 1.

Para la alternativa con flujo adicional de Jagüey, el agua tratada fluirá por gravedad desde el tanque de cambio de régimen BT4 hasta la estación de bombeo PS3 al norte de Puerto Libertad. La estación de bombeo PS3 bombeará agua tratada tanque de cambio de régimen BT3 en el punto alto al norte de Puerto Libertad. El agua tratada fluirá por gravedad desde el tanque de cambio de régimen BT3 al el tanque de cambio de régimen BT2 y continuará fluyendo por gravedad a la estación de bombeo PS2 y se combinará con el flujo de Jagüey. La estación de bombeo PS2 bombeará a la estación de bombeo PS1. PS1 bombeará para romper el tanque de cambio de régimen BT1 en el punto más alto en el lado oeste de la Reserva de la Biosfera. El agua fluirá por gravedad desde el tanque de cambio de régimen BT1 hasta la estructura de descarga cerca de la Presa Morelos. Se requerirá una válvula de control de presión/flujo en la estructura de descarga.

La Figura 35 muestra el perfil hidráulico del sistema de conducción para la Oportunidad 2 con flujos adicionales de la Oportunidad 1.



**Figure/Figura 35 Opportunity 2 – Treated water conveyance hydraulic profile (conveyance upsized at Jagüey)**  
**Oportunidad 2 – Perfil hidráulico de conducción de agua producto (conducción ampliada en Jagüey)**

The delivery elevation of this opportunity is approximately 200 ft higher than the desalination plant. It may be possible to eliminate three of the pump stations and two of the break tanks if the pipeline were tunneled through the high points. There would be three tunnels with approximate lengths of 5-miles, 16-miles, and 10-miles.

Similar to Opportunity 1, the proposed conveyance alignment follows existing roads and railroad tracks. In future evaluations there may be opportunities to shorten the alignment. Items that will require further evaluation include geotechnical conditions, environmentally sensitive areas, cultural areas, existing utilities, land issues, regulatory issues, and more.

The guidelines to define the easements for the highway, railroad, electric transmission lines, dirt roads and the pipeline installation, follow those established in the *Procedures for the Use of the Right of Way in Roads and Quota Bridges Manual of the Ministry of Communications and Transportation, the Regulation of the Railway Service of Mexico, Regulations of Right of Way NRF-014-CFE-2014 of the CFE, Drinking Water Manual, Sewerage and Sanitation in its volume 14 "Executive Projects" of CONAGUA, and the Complementary Technical Standards for Drinking Water of the State of Baja California, as described in Opportunity 1.*

La elevación de entrega de esta oportunidad es aproximadamente 60 m más alta que la planta de desalinización. Podría ser posible eliminar tres de las estaciones de bombeo y dos de los tanques de cambio de régimen si la tubería se canalizará a través de los puntos mas altos. Habría tres túneles con longitudes aproximadas de 8 km, 26 km y 15 km.

Similar a la Oportunidad 1, la alineación de conducción propuesta sigue las vías existentes y las vías del ferrocarril. En futuras evaluaciones puede haber oportunidades para acortar la alineación. Los elementos que requerirán una evaluación adicional incluyen condiciones geotécnicas, áreas ambientalmente sensibles, áreas culturales, servicios públicos existentes, problemas de tierras, problemas regulatorios y más.

Los lineamientos para definir los derechos de vía para la carretera, vía de ferrocarril, líneas de transmisión eléctrica, caminos de terracería e instalación de tubería, siguen los establecido al *Manual de Procedimientos para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, el Reglamento del Servicio Ferroviario de México, Normas de Derecho de Vía NRF-014-CFE-2014 de la CFE, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en su tomo 14 "Proyectos Ejecutivos" de CONAGUA, y las Normas Técnicas Complementarias de Agua Potable del Estado de Baja California, así como se describió en la Oportunidad 1.*

## Power Availability

For Opportunity 2, two options for energy availability were studied, one for each proposed water conveyance option.

The load centers for Opportunity 2 with the conveyance connected in Jagüey include the reverse osmosis desalination plant and 5 pumping stations to convey treated water to Morelos Dam. Table 26 shows the installed capacities and the demand for each of the load centers.

## Disponibilidad de Energía

Para la Oportunidad 2 se estudiaron dos opciones para la disponibilidad de energía, uno para cada opción de conducción de agua propuesta.

Los centros de carga para la Oportunidad 2 con conducción de agua conectada en Jagüey incluyen la planta desalinizadora de ósmosis inversa y 5 estaciones de bombeo para transportar el agua tratada a la presa Morelos. La Tabla 26 muestra las capacidades instaladas y la demanda de cada uno de los centros de carga.

**Table/Tabla 26**      **Opportunity 2 (connection in Jagüey) – Electric power demand**  
**Opportunidad 2 (conexión en Jagüey) – Demanda de energía eléctrica**

EQUIPMENT EQUIPO	CONNECTION POWER POTENCIA DE CONEXIÓN	DEMAND DEMANDA
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	-	52 MW
Pump Station PS5 Estación de Bombeo PS5	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS4 Estación de Bombeo PS4	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS3 Estación de Bombeo PS3	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	22,000 kW	19,000 kW
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	12,000 kW	9,000 kW



Approximately 5 miles from the Opportunity 2 desalination plant and pump station PS5 site is a transmission line of 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz on steel towers. This line connects Hermosillo with the thermoelectric plant in Puerto Libertad.

Pump station PS4 is located near Puerto Libertad while pump station PS3 is 13 miles north of Puerto Libertad. An existing 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz transmission line on steel towers runs near these pump stations from the thermoelectric plant in Puerto Libertad to the Seis de Abril Substation farther north. Two transmission lines go out from the substation; a 115 kV/ 3 phases/ 60 Hz line to Puerto Peñasco, and a 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz line to the west, supplying localities such as Heroica Caborca, Pitiquito and Altar. Pump station PS2 is 30 miles from Seis de Abril Substation.

Pump station PS1 is located to the west of Gulf of Santa Clara where there are no 115 kV or 230 kV transmission lines nearby, the closest being the Puerto Peñasco transmission line 78 miles away.

The power supply approach for Opportunity 2 with connection in Jagüey contemplates interconnecting at three different points of the National Transmission Network. The first is a connection to the 230 kV transmission line 5 miles east of the desalination plant and pump station PS5. The second connection is to a 115 kV transmission line 15 miles north of pump station PS2, and the third connection is to a 230 kV transmission line 78 miles south in Puerto Peñasco. The proposed design includes two feeders per connection for redundancy. This requires the construction of 9 substations: three main substations that reduce the voltage level of the transmission lines and six substations to reduce the voltage

Aproximadamente a 8 km de la planta de desalinización Opportunity 2 y el sitio de la estación de bombeo PS5 hay una línea de transmisión de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz en torres de acero. Esta línea conecta Hermosillo con la planta termoeléctrica en Puerto Libertad.

La estación de bombeo PS4 se encuentra cerca de Puerto Libertad, mientras que la estación de bombeo PS3 se encuentra a 22 km al norte de Puerto Libertad. Una línea de transmisión existente de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz en torres de acero corre cerca de estas estaciones de bombeo desde la planta termoeléctrica en Puerto Libertad hasta la Subestación Seis de Abril más al norte. Dos líneas de transmisión salen de la subestación; una línea de 115 kV/ 3 fases/ 60 Hz a Puerto Peñasco, y una línea de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz al oeste, que abastece a localidades como Heroica Caborca, Pitiquito y Altar. La estación de bombeo PS2 está a 50 km de la subestación Seis de Abril.

La estación de bombeo PS1 se encuentra al oeste del Golfo de Santa Clara, donde no hay líneas de transmisión de 115 kV o 230 kV cerca, la más cercana es la línea de transmisión de Puerto Peñasco a 130 km de distancia.

El enfoque de solución eléctrica de Opportunity 2 con conexión en Jagüey contempla la interconexión en tres puntos diferentes de la Red Nacional de Transmisión. El primero es una conexión a la línea de transmisión de 230 kV a 8 km al este de la planta desaladora y la estación de bombeo PS5. La segunda conexión es a una línea de transmisión de 115 kV a 25 km al norte de la estación de bombeo PS2, y la tercera conexión es a una línea de transmisión de 230 kV a 130 km al sur en Puerto Peñasco. El diseño propuesto incluye dos alimentadores por conexión para redundancia. Esto requirió la construcción de 9 subestaciones: tres subestaciones principales que

level to that required by the pumping stations and the desalination plant equipment, as described below and shown on Figure 36:

- Main Substation 1 (S-PWR-1): This substation is located near the pump station PS1 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 2 (S-PWR-2): This substation will be located near pump station PS2 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 3 (S-PWR-3): This substation will be located near the desalination plant and pump station PS5 and will reduce the 230 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Desalination Plant Substation (S-BDP): This substation will be located within the desalination plant site and will reduce the voltage level of 34.5kV from Main Substation 2 to 4.16 kV.
- Substation 1 (S-1): This substation will be located within the pump station PS1 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 1 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 2 (S-2): This substation will be located within the pump station PS2 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 2 to 4.16 kV to supply the required energy.

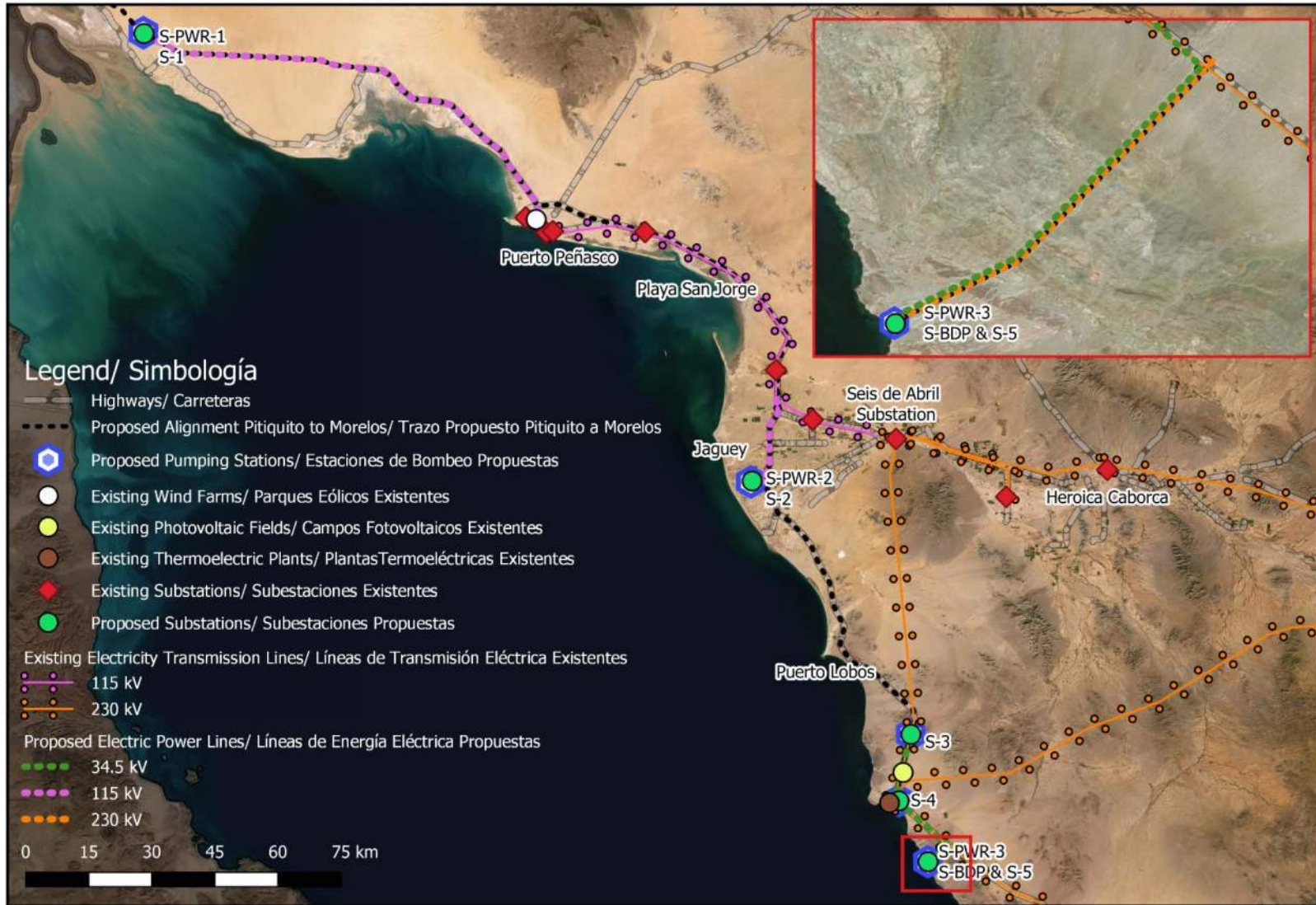
reducen el nivel de voltaje de las líneas de transmisión y seis subestaciones para reducir el nivel de voltaje al requerido por las estaciones de bombeo y el equipo de la planta de desalinización, como se describe a continuación y se muestra en la Figura 36:

- Subestación principal 1 (S-PWR-1): Esta subestación está ubicada cerca de la estación de bombeo PS1 y reducirá el nivel de voltaje de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación principal 2 (S-PWR-2): Esta subestación estará ubicada cerca de la estación de bombeo PS2 y reducirá el nivel de voltaje de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación principal 3 (S-PWR-3): Esta subestación estará ubicada cerca de la planta de desalinización y la estación de bombeo PS5 y reducirá el nivel de voltaje de 230 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación de la planta de desalinización (S-BDP): Esta subestación se ubicará dentro del sitio de la planta de desalinización y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la subestación principal 2 a 4.16 kV.
- Subestación 1 (S-1): Esta subestación se ubicará dentro del sitio PS1 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 1 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 2 (S-2): Esta subestación estará ubicada dentro del sitio PS2 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de

- Substation 3 (S-3): This substation will be located within the pump station PS3 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 4 (S-4): This substation will be located within the pump station PS4 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 5 (S-5): This substation will be located within the pump station PS5 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from the Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.

voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 2 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.

- Subestación 3 (S-3): Esta subestación estará ubicada dentro del sitio PS3 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 4 (S-4): Esta subestación se ubicará dentro del sitio PS4 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 5 (S-5): Esta subestación se ubicará dentro del sitio PS5 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.



**Figure/Figura 36 Opportunity 2 (connection in Jagüey) – Proposed electrical power design**  
**Oportunidad 2 (conexión en Jagüey) – Diseño de energía eléctrica propuesto**

Table 27 lists the technical data for the substations. The electrical approach is based on vector information from the National Institute of Statistics and Geography 2010 and the Uniform Diagrams of the National Electrical System 2018 - 2023. The proposed solution is expected to undergo changes in the design stage once reviewed by the National Center for Energy Control, who determines the precise location of the connection point with the National Transmission Network.

La Tabla 27 enumera los datos técnicos de las subestaciones. El enfoque eléctrico se basa en información vectorial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010 y en los Diagramas Uniformes del Sistema Eléctrico Nacional 2018 - 2023. Se espera que la solución propuesta experimente cambios en la etapa de diseño una vez revisada por el Centro Nacional de Energía Control, quien determina la ubicación precisa del punto de conexión con la Red Nacional de Transmisión.

**Table/Tabla 27 Opportunity 2 (connection in Jagüey) - Technical data for each proposed substation**  
**Oportunidad 2 (conexión en Jagüey) – Datos técnicos de cada subestación propuesta**

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	VOLTAGE/ VOLTAJE	
				PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	28.9 MW	2	90 MVA	230 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		4	10 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		4	5 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS5 Estación de Bombeo PS5	13 MV	2	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS4 Estación de Bombeo PS4	13 MV	2	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS3 Estación de Bombeo PS3	13 MV	2	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MV	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	22 MW	2	25 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		2	25 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		2	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	VOLTAGE/ VOLTAJE	
				PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	12 MW	2	12 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		2	12 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV

(1) Primary voltage 230 and 115 kV came from National Transmission Network Electrical Service RNT.  
 El voltaje primario 230kV y 115 kV viene del Servicio Eléctrico de la Red Nacional de Transmisión RNT.

The load centers for Opportunity 2 with the conveyance connected in Puerto Libertad include the reverse osmosis desalination plant and 5 pumping stations to convey treated water to Morelos Dam. Table 28 shows the installed capacities and the demand for each of the load centers.

Los centros de carga para la Oportunidad 2 con conducción de agua conectada en Puerto Libertad incluyen la planta desalinizadora de ósmosis inversa y 5 estaciones de bombeo para transportar el agua tratada a la presa Morelos. La Tabla 28 muestra las capacidades instaladas y la demanda de cada uno de los centros de carga.

**Table/Tabla 28 Opportunity 2 (connection in Puerto Libertad) – Electric power demand**  
**Oportunidad 2 (conexión en Puerto Libertad) – Demanda de energía eléctrica**

EQUIPMENT EQUIPO	CONNECTION POWER POTENCIA DE CONEXIÓN	DEMAND DEMANDA
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	-	52 MW
Pump Station PS5 Estación de Bombeo PS5	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS4 Estación de Bombeo PS4	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS3 Estación de Bombeo PS3	23,000 kW	20,000 kW

EQUIPMENT EQUIPO	CONNECTION POWER POTENCIA DE CONEXIÓN	DEMAND DEMANDA
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	23,000 kW	20,000 kW
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	16,000 kW	13,000 kW

Approximately 5 miles from the Opportunity 2 desalination plant and pump station PS5 site is a transmission line of 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz on steel towers. This line connects Hermosillo with the thermoelectric plant in Puerto Libertad.

Pump station PS4 is located at the connection point between the highway and the dirt road at 4 miles from the desalination plant, while pump station PS3 is near Puerto Libertad, and PS2 is at 12 miles north From Puerto Libertad. An existing 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz transmission line on steel towers runs near these pump stations from the thermoelectric plant in Puerto Libertad to the Seis de Abril Substation farther north. Two transmission lines go out from the substation; a 115 kV/ 3 phases/ 60 Hz line to Puerto Peñasco, and a 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz line to the west, supplying localities such as Heroica Caborca, Pitiquito and Altar. Pump station PS2 is 30 miles from Seis de Abril Substation.

Pump station PS1 is located to the west of Gulf of Santa Clara where there are no 115 kV or 230 kV transmission lines nearby, the closest being the Puerto Peñasco transmission line 78 miles away.

Aproximadamente a 8 km de la planta de desalinización Opportunity 2 y el sitio de la estación de bombeo PS5 hay una línea de transmisión de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz en torres de acero. Esta línea conecta Hermosillo con la planta termoeléctrica en Puerto Libertad.

La estación de bombeo PS4 se encuentra en el punto de encuentro entre la carretera y la calle de tierra que conecta a la carretera, a unos 6 km de la planta desaladora, mientras que la estación de bombeo PS3 se cerca de Puerto Libertad, y la estación PS2 está a 19 km al norte de Puerto Libertad. Una línea de transmisión existente de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz en torres de acero corre cerca de estas estaciones de bombeo desde la planta termoeléctrica en Puerto Libertad hasta la Subestación Seis de Abril más al norte. Dos líneas de transmisión salen de la subestación; una línea de 115 kV/ 3 fases/ 60 Hz a Puerto Peñasco, y una línea de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz al oeste, que abastece a localidades como Heroica Caborca, Pitiquito y Altar.

La estación de bombeo PS1 se encuentra al oeste del Golfo de Santa Clara, donde no hay líneas de transmisión de 115 kV o 230 kV cerca, la más cercana es la línea de transmisión de Puerto Peñasco a 130 km de distancia.

The power supply approach for Opportunity 2 with connection in Puerto Libertad contemplates interconnecting at three different points of the National Transmission Network. The first is a connection to the 230 kV transmission line 4 miles east of the desalination plant and pump station PS5. The second connection is to a 115 kV transmission line 64 miles north of pump station PS2, and the third connection is to a 115 kV transmission line 78 miles south in Puerto Peñasco. The proposed design includes two feeders per connection for redundancy. This requires the construction of 9 substations: three main substations that reduce the voltage level of the transmission lines and six substations to reduce the voltage level to that required by the pumping stations and the desalination plant equipment, as described below and shown on Figure 37:

- Main Substation 1 (S-PWR-1): This substation is located near the pump station PS1 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 2 (S-PWR-2): This substation will be located near pump station PS2 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 3 (S-PWR-3): This substation will be located near the desalination plant and pump station PS5 and will reduce the 230 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Desalination Plant Substation (S-BDP): This substation will be located within the desalination plant site and will

El enfoque de solución eléctrica de Opportunity 2 con conexión en Puerto Libertad contempla la interconexión en tres puntos diferentes de la Red Nacional de Transmisión. El primero es una conexión a la línea de transmisión de 230 kV a 6 km al este de la planta desaladora y la estación de bombeo PS5. La segunda conexión es a una línea de transmisión de 115 kV a 103 km al norte de la estación de bombeo PS2, y la tercera conexión es a una línea de transmisión de 115 kV a 130 km al sur en Puerto Peñasco. El diseño propuesto incluye dos alimentadores por conexión para redundancia. Esto requirió la construcción de 9 subestaciones: tres subestaciones principales que reducen el nivel de voltaje de las líneas de transmisión y seis subestaciones para reducir el nivel de voltaje al requerido por las estaciones de bombeo y el equipo de la planta de desalinización, como se describe a continuación y se muestra en la Figura 37:

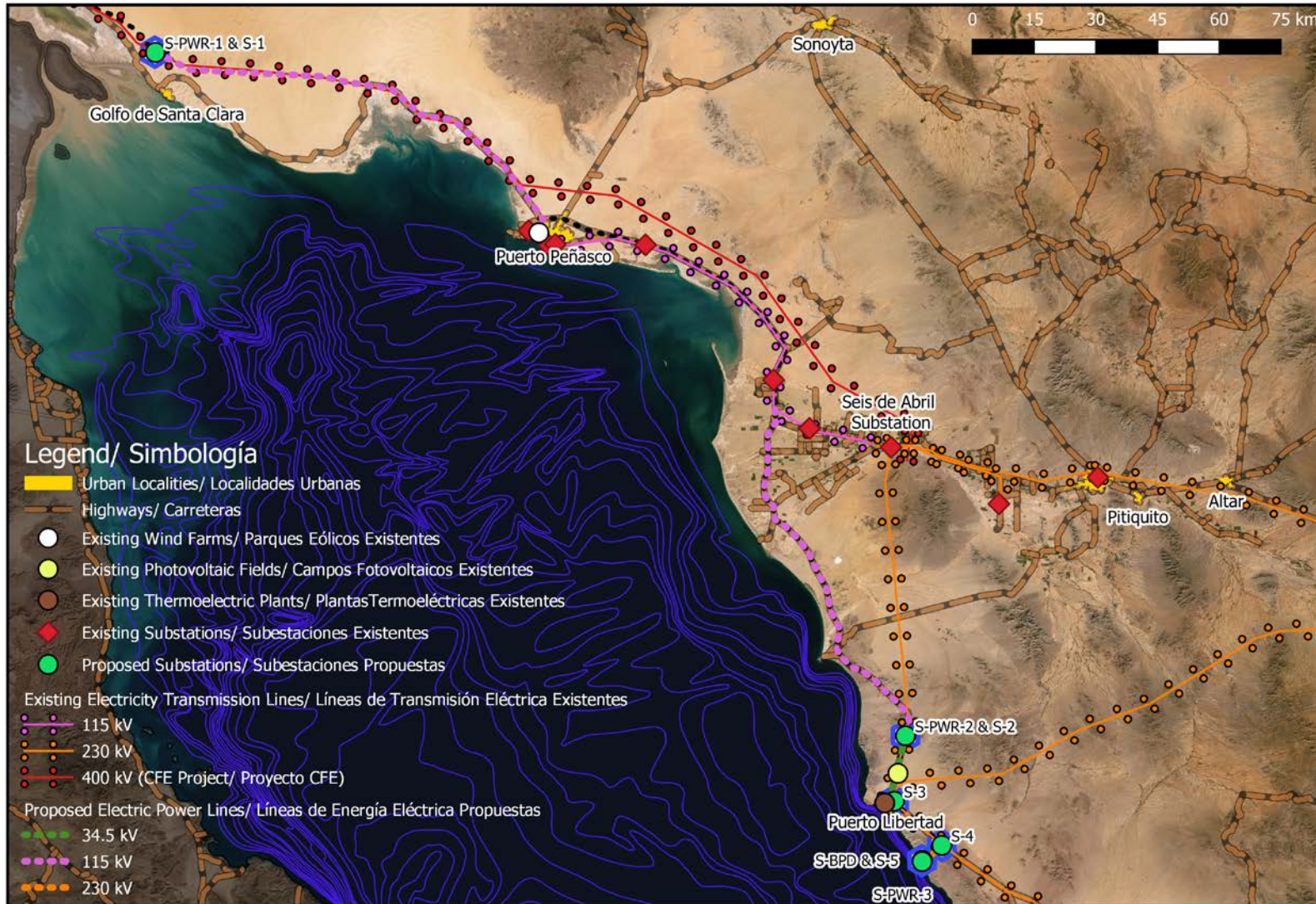
- Subestación principal 1 (S-PWR-1): Esta subestación está ubicada cerca de la estación de bombeo PS1 y reducirá el nivel de voltaje de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación principal 2 (S-PWR-2): Esta subestación estará ubicada cerca de la estación de bombeo PS2 y reducirá el nivel de voltaje de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación principal 3 (S-PWR-3): Esta subestación estará ubicada cerca de la planta de desalinización y la estación de bombeo PS5 y reducirá el nivel de voltaje de 230 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.



reduce the voltage level of 34.5kV from Main Substation 3 to 4.16 kV.

- Substation 1 (S-1): This substation will be located within the pump station PS1 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 1 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 2 (S-2): This substation will be located within the pump station PS2 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 2 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 3 (S-3): This substation will be located within the pump station PS3 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 4 (S-4): This substation will be located within the pump station PS4 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 5 (S-5): This substation will be located within the pump station PS5 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from the Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.

- Subestación de la planta de desalinización (S-BDP): Esta subestación se ubicará dentro del sitio de la planta de desalinización y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la subestación principal 3 a 4.16 kV.
- Subestación 1 (S-1): Esta subestación se ubicará dentro del sitio PS1 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 1 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 2 (S-2): Esta subestación estará ubicada dentro del sitio PS2 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 2 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 3 (S-3): Esta subestación estará ubicada dentro del sitio PS3 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 4 (S-4): Esta subestación se ubicará dentro del sitio PS4 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.
- Subestación 5 (S-5): Esta subestación se ubicará dentro del sitio PS5 de la estación de bombeo y reducirá el nivel de voltaje de 34.5 kV desde la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrar la energía requerida.



**Figure/Figura 37 Opportunity 2 (connection in Puerto Libertad) – Proposed electrical power design**  
**Oportunidad 2 (conexión en Puerto Libertad) – Diseño de energía eléctrica propuesto**

Table 29 lists the technical data for the substations. The electrical approach is based on vector information from the National Institute of Statistics and Geography 2010 and the Uniform Diagrams of the National Electrical System 2018 - 2023. The proposed solution is expected to undergo changes in the design stage once reviewed by the National Center for Energy Control, who determines the precise location of the connection point with the National Transmission Network.

La Tabla 27 enumera los datos técnicos de las subestaciones. El enfoque eléctrico se basa en información vectorial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010 y en los Diagramas Uniformes del Sistema Eléctrico Nacional 2018 - 2023. Se espera que la solución propuesta experimente cambios en la etapa de diseño una vez revisada por el Centro Nacional de Energía Control, quien determina la ubicación precisa del punto de conexión con la Red Nacional de Transmisión.

**Table/Tabla 29 Opportunity 2 (connection in Puerto Libertad) – Technical data for each proposed substation**  
**Oportunidad 2 (conexión en Puerto Libertad) – Datos técnicos de cada subestación propuesta**

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	VOLTAGE/ VOLTAJE	
				PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	28.9 MW	2	80 MVA	230 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		4	10 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		4	5 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS5 Estación de Bombeo PS5	13 MV	2	12 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS4 Estación de Bombeo PS4	13 MV	2	12 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS3 Estación de Bombeo PS3	23 MV	2	25 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MV	4.16 kV	0.48 kV
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	23 MW	2	50 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		2	25 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		2	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	VOLTAGE/ VOLTAJE	
				PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	16 MW	2	15 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		2	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV

(1) Primary voltage 230 and 115 kV came from National Transmission Network Electrical Service RNT.  
 El voltaje primario 230kV y 115 kV viene del Servicio Eléctrico de la Red Nacional de Transmisión RNT.

It is important to note that Opportunity 2 includes a pumped storage hydropower component. The project developed by Oceanus proposes using various energy sources, including renewable sources, such as the General Electricity Network, a hydroelectric plant and a photovoltaic solar field to power the desalination plant and associated pumping stations. As discussed previously, these proposed facilities were not evaluated in this study.

### Permitting and Regulatory Considerations

The regulatory considerations and permits for Opportunity 2 are the same as those for Opportunity 1, since they are within the same state and country. The municipal permits are the same but would be applied for/granted in the municipality of Pitiquito.

Es importante tener en cuenta que la Oportunidad 2 incluye un componente hidroeléctrico de almacenamiento por bombeo. El proyecto desarrollado por Oceanus propone el uso de varias fuentes de energía, incluyendo fuentes renovables, como la Red General de Electricidad, una planta hidroeléctrica y un campo solar fotovoltaico para alimentar la planta desaladora y las estaciones de bombeo asociadas. Como se discutió anteriormente, estas instalaciones propuestas no fueron evaluadas en este estudio.

### Permisos y Consideraciones Regulatorias

Las consideraciones y permisos reglamentarios para la Oportunidad 2 son los mismos que para la Oportunidad 1, ya que se encuentran dentro del mismo estado y país. Los permisos municipales son los mismos pero serían solicitados/otorgados en el municipio de Pitiquito.

## Environmental Considerations

### Environmental Characterization of the Site

The proposed location for Opportunity 2 is located between the towns of Puerto Libertad and Desemboque de los Seris. According to the 2015 National Institute of Statistics and Geography land and vegetation use chart, the proposed marine works and desalination plant are located in a xerophilous scrub ecosystem, which means that it has thorn-like vegetation such as cacti and bromeliads, scrub shrubs, deciduous trees and semi-desert pasture.

The treated water conveyance pipeline from Pitiquito to Morelos Dam ecosystems of xerophilous scrub with the exception of the area near pump station PS2 where there are areas of induced vegetation. The proposed pump station sites are categorized as follows:

- PS1: xerophilous scrub ecosystem with microfilal desert vegetation
- PS2: xerophilous scrub, sandy deserts, induced vegetation
- PS3: xerophilous scrub, microfilal desert vegetation, and sarcocaulle scrub
- PS4: xerophilous scrub, desert microfilal, and mezquital desert vegetation
- PS5: xerophilous scrub, microfilal desert vegetation, and sarcocaulle scrub

Examples of the vegetation for the various Opportunity 2 components are shown in Figure 23.

## Consideraciones Ambientales

### Caracterización Ambiental del Sitio

La ubicación propuesta para la Oportunidad 2 se ubica entre las ciudades de Puerto Libertad y Desemboque de los Seris. De acuerdo con la tabla de uso de la tierra y la vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de 2015, las obras marinas propuestas y la planta de desalinización se ubican en un ecosistema de matorral xerófilo, lo que significa que tiene vegetación similar a espinas, como cactus y bromelias, arbustos de matorral, árboles de hoja caduca y semidesértico.

La tubería de conducción de agua tratada desde Pitiquito hasta los ecosistemas de la presa Morelos de matorral xerófilo con la excepción del área cercana a la estación de bombeo PS2 donde hay áreas de vegetación inducida. Los sitios propuestos para las estaciones de bombeo se clasifican de la siguiente manera:

- PS1: ecosistema de matorral xerófilo con vegetación desértica microfilal
- PS2: matorral xerófilo, desiertos arenosos, vegetación inducida
- PS3: matorral xerófilo, vegetación de microfilal desértica y matorral sarcocaulle
- PS4: matorral xerófilo, microfilal del desierto y vegetación del desierto mezquital
- PS5: matorral xerófilo, vegetación desértica microfilal y matorral de sarcocaulle

En la Figura 23 se muestran ejemplos de la vegetación para los diversos componentes de la Oportunidad 2.

The proposed marine works are located within the Great Islands of the Sea of Cortez Marine Priority site. It is important to emphasize that a Marine Priority site does not have a limiting legal framework for activities within them, rather they are defined by the National Commission of Natural Protected Areas, The Nature Conservancy, and Pronatura in order to highlight their physical and biological importance for marine biodiversity. This designation results in a higher level of scrutiny for project reviews. The treated water conveyance pipeline and associated pump stations do not cross any additional sensitive areas beyond those described for Opportunity 1.

Figure 38 shows the proposed infrastructure associated with Opportunity 2 and the surrounding conservation areas.

Las obras marinas propuestas se encuentran dentro del sitio de Prioridad Marina de las Grandes Islas del Mar de Cortés. Es importante enfatizar que un sitio de Prioridad Marina no tiene un marco legal limitante para las actividades dentro de ellos, sino que están definidos por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Conservación de la Naturaleza, y Pronatura para resaltar su importancia física y biológica que les permite ser una herramienta para conservación de la biodiversidad marina. Esta designación da como resultado un mayor nivel de escrutinio para las revisiones de proyectos. La tubería de transporte de agua tratada y las estaciones de bombeo asociadas no cruzan áreas sensibles adicionales a las descritas para la Oportunidad 1.

La Figura 38 muestra la infraestructura propuesta asociada con la Oportunidad 2 y las áreas de conservación circundantes.



**Figure/Figura 38**      **Opportunity 2 – Conservation areas (CONABIO, 2018)**  
**Opportunida 2 – Áreas de conservación (CONABIO, 2018)**

CONABIO has a registry of sensitive and identified species under some degree of protection. Figure 38 illustrates the biodiversity registered according to CONABIO near the project site. Table 30 lists the protected species found within a radius of 2 miles of the project site. These species are categorized according to NOM-059-SEMARNAT-2010, likewise the state of conservation of the species is indicated according to the red list of the International Union for the Conservation of Nature. These are in addition to the sites identified for pump station PS1 described for Opportunity 1. No species of concern were identified near pump station PS2 or pump station PS3, nor at the intake pump station site.

CONABIO tiene un registro de especies sensibles e identificadas bajo cierto grado de protección. La Figura 38 ilustra la biodiversidad registrada según CONABIO cerca del sitio del proyecto. La Tabla 30 enumera las especies protegidas encontradas dentro de un radio de 3 km del sitio del proyecto. Estas especies se clasifican de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como el estado de conservación de la especie se indica de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Estos son adicionales a los sitios identificados para la estación de bombeo PS1 descritos para la Oportunidad 1. No se identificaron especies de interés cerca de la estación de bombeo PS2 o la estación de bombeo PS3, ni en el sitio de la estación de bombeo de admisión.

**Table/Tabla 30** Species registered by CONABIO near Opportunity 2  
 Especies registradas por CONABIO cerca del Oportunidad 2

SPECIES ESPECIE	SITE DISTANCE DISTANCIA DEL SITIO	CATEGORY NOM-059 CATEGORÍA NOM-059	IUCN CATEGORY CATEGORÍA IUCN	ENDEMISM ENDENISMO	RESIDENCY RESIDENCIA
Pump Station PS4/ Estación de Bombeo PS4					
Heermann’s gull Gaviota Mexicana o plumiza	~2 mi 3 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; almost threatened Riesgo bajo; casi amenazado	Semiendemic Semiendémica	Resident Residente
Arizona pocket mouse Ratón de abazones de Arizona	~1.2 mi 2 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; almost threatened Riesgo bajo; casi amenazado	No data Sin dato	No data Sin dato
Western diamond-backed rattlesnake Cascabel de diamantes occidental	~0.6 mi 1 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; almost threatened Riesgo bajo; casi amenazado	No data Sin dato	Resident Residente



SPECIES ESPECIE	SITE DISTANCE DISTANCIA DEL SITIO	CATEGORY NOM-059 CATEGORÍA NOM-059	IUCN CATEGORY CATEGORÍA IUCN	ENDEMISM ENDENISMO	RESIDENCY RESIDENCIA
Snowy plover Chorlo nevado	~0.6 mi 1 km	Threatened Amenazada	Low risk; almost threatened Riesgo bajo; casi amenazado	No data Sin dato	Resident; winter and summer migration Residente; migratoria de invierno y verano
Zebra-tailed lizard Cachora arenera	~0.6 mi 1 km	Threatened Amenazada	Low risk; minor concern Riesgo bajo: preocupación menor	No data Sin dato	No data Sin dato
Catclaw cactus Biznaga bola uncinada	~2 mi 3 km	Near threatened Amenazada	Low risk; minor concern Riesgo bajo: preocupación menor	No data Sin dato	No data Sin dato
Pump Station PS5/ Estación de Bombeo PS5					
Heermann's gull Gaviota Mexicana o plumiza	~2 mi 3 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; almost threatened Riesgo bajo; casi amenazado	Semiendemic Semiendémica	Resident Residente
Blue-footed Booby Bobo Patas Azules	~2 mi 3 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; minor concern Riesgo bajo: preocupación menor	No data Sin dato	Resident Residente
Snowy plover Chorlo nevado	~0.6 mi 1 km	Threatened Amenazada	Low risk; almost threatened Riesgo bajo; casi amenazado	No data Sin dato	Resident; winter and summer migration Residente; migratoria de invierno y verano

### Potential Environmental Impacts

Since this opportunity is in an area with characteristics similar to the site of Opportunity 1 and the characteristics of the project are the same, it can be assumed that the potential environmental impacts will be similar.

### Impactos Ambientales Potenciales

Dado que esta oportunidad se encuentra en un área con características similares al sitio de Oportunidad 1 y las características del proyecto son las mismas, se puede suponer que los impactos ambientales potenciales serán similares.

## Socio-Economic Considerations

### Socio-Economic Aspects

Opportunity 2 is located in the coastal area of the municipality of Pitiquito, whose municipal seat is the City of Pitiquito, which is 140 miles northeast of the site. In 2010, it had 5,410 inhabitants, and this is where most of the goods and services in the region are concentrated.

According to data from the Regional Program for Land Use Planning, the two locations of Pitiquito closest to the site that have more than 100 inhabitants, Desemboque de los Seris (El Desemboque) and Puerto Libertad, classify their demographic dynamics as "Moderate Growth" which corresponds at a growth rate between 0 - 15% in the last 20 years. Although the growth rates of the last 20 years are positive, the locality of Puerto Libertad consisted of a negative growth rate (-0.29%) in the period between 2005 and 2010.

### Indigenous Population and Archaeological Sites

The percentage of indigenous population in the communities of the coastal region of the municipality of Pitiquito ranges between 0 and 16%. Only in the Desemboque de los Seris Village, which is 37 miles south of the proposed site, is an average percentage of 16% of indigenous households.

Regarding archaeological sites, the official opinion from the National Institute of Anthropology and History (included as Appendix D) is that there are no nearby archaeological remains within a 6 mile radius. To the north (approximately 6 miles) and south (approximately 5 miles) are sites registered as "camps",

## Consideraciones Socio-Económicas

### Aspectos Socio-Económicos

El sitio se encuentra ubicado en la zona costa del municipio de Pitiquito, cuya cabecera municipal es la Ciudad de Pitiquito, que se encuentra a 225 km al Noreste del sitio y al 2010 contaba con 5,410 habitantes, siendo esta donde se concentra la mayoría de bienes y servicios de la región.

Según datos de Programa Regional de Ordenamiento Territorial las dos localidades de Pitiquito más cercanas al sitio que cuentan con más de 100 habitantes, Desemboque de los Seris (El Desemboque) y Puerto Libertad, clasifican su dinámica demográfica como de "Crecimiento Moderado" el cual corresponde a una tasa de crecimiento entre 0 – 15% en los últimos 20 años. Aunque las tasas de crecimiento de los últimos 20 años son positivas, la localidad de Puerto Libertad consto de una tasa de crecimiento negativa (-0.29%) en el periodo entre el año 2005 y 2010.

### Población Indígena y Sitios Arqueológicos

El porcentaje de población indígena en las comunidades de la región costera del municipio de Pitiquito oscila entre 0 y 16%. Solo en la aldea Desemboque de los Seris, que está a 62 km al sur del sitio propuesto, hay un porcentaje promedio del 16% de los hogares indígenas.

Con respecto a los sitios arqueológicos, la opinión oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia (incluida como Apéndice D) es que no hay restos arqueológicos cercanos dentro de un radio de 10 km. Al norte (aproximadamente 10 km) y al sur (aproximadamente 8 km) hay sitios registrados como "campamentos", que se refiere a

which refers to areas where some nomadic group lived for a determined period of time.

### **Economic Activity**

In the municipality of Pitiquito, the greatest contribution to the gross domestic product comes from the manufacturing industry (38.1%), followed by trade with 29.4% and private sector non-financial services by 24.4%. However, the economic dynamics of the region was built on the fishing activities and the state generation of energy since 1982. Agricultural activity is not one of the main activities, due to the arid characteristics of the region.

Fishing is an important activity in the region, used both for local consumption and commercialization, as well as sport fishing to a lesser extent. According to the National Fisheries Charter 2017, near the site of Pitiquito the species that had the highest production were the pink murex and black murex, shrimp of the pacific, Pacific crab, giant squid and the geoduck clam.

### **Marginalization and Poverty**

In the municipality of Pitiquito, 4.2% of the population is in extreme poverty and approximately 31.0% are in a situation of moderate poverty. Of the localities of more than 100 inhabitants in the area, Felix Gomez, La Estacion, Desemboque de los Seris and Santa Matilde are the most marginalized localities (high), while Puerto Libertad has a low grade and Pitiquito has a very low grade of marginalization.

The majority of the homes are the result of self-construction and the most commonly used materials are adobe, brick and concrete block, but natural materials such as stone, wood and reed are

áreas donde algún grupo nómada vivió durante un período determinado de tiempo.

### **Actividad Económica**

En el municipio de Pitiquito la mayor aportación al producto interno bruto proviene de la industria manufacturera (38.1%), seguida por el comercio con un 29.4% y sector privado no servicios financieros en un 24.4%. Sin embargo, la dinámica económica de la región se finca en las actividades pesqueras y de la empresa productiva del estado en la generación de energía desde 1982. La actividad agrícola no es una de las actividades principales, debido a las características áridas de la región.

La pesca es una actividad importante en la región, utilizada tanto para el consumo local y la comercialización, como para la pesca deportiva en menor medida. De acuerdo con la Carta Nacional de Pesca 2017, cerca al sitio de Pitiquito las especies que tuvieron una mayor producción fueron el caracol chino rosa y caracol chino negro, el camarón del pacífico, la jaiba del pacífico, el calamar gigante y la almeja generosa.

### **Marginación y Pobreza**

En el municipio de Pitiquito, el 4.2% de la población se encuentra en pobreza extrema y aproximadamente el 31.0% se encuentra en una situación de pobreza moderada. De las localidades de más de 100 habitantes en el área, Félix Gómez, La Estación, Desemboque de los Seris y Santa Matilde son las localidades más marginadas (alta), mientras que Puerto Libertad tiene un grado bajo y Pitiquito tiene un grado muy bajo de marginación. .

La mayoría de las viviendas son el resultado de la autoconstrucción y los materiales más utilizados son adobe, ladrillo y bloques de

also used. Galvanized sheet with wooden structure is usually used for roofs.

### Potential Socio-Economic Impacts

It can be assumed that the socio-economic impacts in the Pitiquito region will be similar to those for Opportunity 1.

### Constructability Considerations

As discussed for Opportunity 1, the overall methods for installation for Opportunity 2 are based on similar construction methodologies for desalination plants in North and South America.

The marine works scope is expected to be performed by an international contractor/consortium and will therefore not be impacted by local labor. For Opportunity 2, there are increased risks for the scope of the marine works due to the magnitude of the intake structures and pipelines associated with the combined pumped hydropower/seawater reverse osmosis facility.

The desalination plant is situated approximately 150 miles from Hermosillo. Hermosillo is the most likely location where craft labor would be sourced. However, specialized welders for the plant piping may be required to travel from the more industrial locations of Mexico. The desalination plant is located approximately 190 miles from Guaymas, which is the closest major port for offloading globally supplied materials. It is

hormigón, pero también se utilizan materiales naturales como piedra, madera y caña. La chapa galvanizada con estructura de madera se utiliza habitualmente para techos.

### Potencial Impactos Socio-Económicos

Se puede suponer que los impactos socioeconómicos en la región de Pitiquito serán similares a los de la Oportunidad 1.

### Consideraciones de Construcción

Como se discutió para la Oportunidad 1, los métodos generales para la instalación de Oportunidad 2 se basan en metodologías de construcción similares para plantas de desalinización en América del Norte y del Sur.

Se espera que el alcance de las obras marinas sea realizado por un contratista/consorcio internacional y, por lo tanto, no se verá afectado por la mano de obra local. Para la Oportunidad 2, existen mayores riesgos para el alcance de las obras marinas debido a la magnitud de las estructuras de toma y las tuberías asociadas de las instalaciones combinadas de ósmosis inversa de agua de mar y hidroeléctrica por bombeo.

La planta de desalinización se encuentra aproximadamente a 230 km de Hermosillo. Hermosillo es el lugar más probable donde se obtendría el trabajo especializado. Sin embargo, los soldadores especializados para la tubería de la planta pueden verse obligados a viajar desde las ubicaciones más industriales de México. La planta de desalinización se encuentra aproximadamente 315 km de Guaymas,

assumed that the conveyance system and high voltage system can be constructed by a Mexican contractor.

## Cost

This section provides the cost estimate for Opportunity 2 of the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez. The estimate was prepared using the same method described for Opportunity 1.

Tables 31 and 32 summarize the Class 4 capital cost estimate developed for Opportunity 2, presented in both US Dollars and Mexican Pesos. An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) based on Black & Veatch's Corporate Foreign Exchange Rates for the month of July 2019. Costs were broken down by the major areas associated with the opportunity. Table 31 provides the cost estimate assuming an additional 92.7 mgd of treated water at Opportunity 1, and Table 32 provides the cost estimate assuming an additional 92.7 mgd of treated water at Puerto Libertad.

It is important to note that the reservoir and marine works costs shown in Tables 31 and 32 are one-third of the total estimated cost for those facilities. A cost share approach was utilized to allocate costs between the desalination facilities and the hydropower generation facilities. The one-third/two-thirds split is based on the volume of flow required to meet the brine discharge water quality target of no greater than 15% above the salinity of the ambient seawater at the point of discharge.

que es el puerto principal más cercano para descargar materiales suministrados a nivel mundial. Se asume que el sistema de conducción y el sistema de alta tensión pueden ser construidos por un contratista mexicano.

## Costo

Esta sección proporciona el costo estimado para la Oportunidad 2 del Estudio Binacional de Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés. La estimación se preparó utilizando el mismo método descrito para la Oportunidad 1.

Las Tablas 31 y 32 resumen la estimación del costo de capital de Clase 4 desarrollada para la Oportunidad 2, presentada tanto en dólares estadounidenses como en pesos mexicanos. Una tasa de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar estadounidense (USD) fue utilizada basada en las tasas de cambio corporativas de Black & Veatch para el mes de julio de 2019. Los costos se desglosaron por las principales áreas asociadas con la oportunidad. La Tabla 31 proporciona la estimación de costos suponiendo un adicional de 351 MLD de agua tratada en la Oportunidad 1, y la Tabla 32 proporciona la estimación de costos asumiendo un adicional de 351 MLD de agua tratada en Puerto Libertad.

Es importante tener en cuenta que los costos de embalses y obras marinas que se muestran en las Tablas 31 y 32 representan un tercio del costo total estimado para esas instalaciones. Se utilizó un enfoque de costo compartido para asignar costos entre las instalaciones de desalinización y las instalaciones de generación de energía hidroeléctrica. La división de un tercio / dos tercios se basa en el volumen de flujo requerido para alcanzar el objetivo de calidad del

agua de descarga de salmuera de no más de 15% por encima de la salinidad del agua de mar ambiental en el punto de descarga.

**Table/Tabla 31 Opportunity 2 – Capital cost summary (conveyance upsized at Jagüey)**  
**Oportunidad 2 - Resumen del capital de costo (conducción ampliada en Jagüey)**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>2</sup>
Marine Works / Obras Marinas <sup>1</sup>	-	817,493	\$56,314,744	\$1,082,144,121
Reservoir / Embalse <sup>1</sup>	-	2,531,200	\$52,046,667	\$1,000,128,747
Desalination Plant / Planta de Desalinizadora	-	4,567,619	\$456,087,998	\$8,764,186,970
Brine Storage System / Sistema de Almacenamiento de Salmuera	-	2,068,414	\$82,469,475	\$1,584,733,432
Conveyance System – Pipeline / Sistema de Conducción - Tubería	-	10,626,725	\$1,004,813,825	\$19,308,502,461
Conveyance System – Pump Station / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo	-	3,908,596	\$380,032,488	\$7,302,704,289
High Voltage System - Treatment / Sistema de Alta Tensión - Tratamiento	-	327,801	\$22,335,348	\$429,196,047
High Voltage System - Conveyance / Sistema de Alta Tensión - Conducción	-	1,370,649	\$93,391,842	\$1,794,617,636
<b>Direct Cost – Subtotal / Costo Directo – Subtotal</b>	-	<b>26,218,497</b>	<b>\$2,147,492,387</b>	<b>\$41,266,213,703</b>
Marine Works Indirects / Obras Marinas Indirecto <sup>1</sup>	30%	-	\$16,869,082	\$324,156,271
Reservoir Indirects / Embalse Indirecto <sup>1</sup>	30%	-	\$15,590,579	\$299,588,566
Desalination Plant Indirects / Planta de Desalinizadora Indirecto	54%	-	\$244,007,079	\$4,688,840,029
Brine Storage System Indirects / Sistema de Almacenamiento de Salmuera Indirecto	54%	-	\$44,121,169	\$847,832,386

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>2</sup>
Conveyance System – Pipeline Indirects / Sistema de Conducción – Tubería Indirecto	25%	-	\$251,203,456	\$4,827,125,615
Conveyance System – Pump Station Indirects / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo Indirecto	54%	-	\$203,317,381	\$3,906,946,795
High Voltage System Indirects - Treatment / Sistema de Alta Tensión – Tratamiento	54%	-	\$11,949,411	\$229,619,882
High Voltage System Indirecto - Conveyance / Sistema de Alta Tensión – Conducción	54%	-	\$49,964,636	\$960,120,445
Owners Cost / Costo de los Propietarios	-	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
<b>Indirect Cost Subtotal / Costo Indirecto Subtotal</b>	-	-	<b>\$837,022,793</b>	<b>\$16,084,229,989</b>
<b>Direct + Indirect / Directo + Indirecto</b>	-	-	<b>\$2,984,515,180</b>	<b>\$57,350,443,692</b>
Escalation / Escalamiento	Excluded / Excluido	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
Contingency / Contingencia	20%	-	\$596,903,036	\$11,470,088,737
<b>Total Cost / Costo Total</b>	-	-	<b>\$3,581,418,216</b>	<b>\$68,820,532,430</b>

<sup>1</sup>Cost shown for these components are one-third of the total cost. Manhours shown are total manhours. / El costo que se muestra para estos componentes es un tercio del costo total. Las horas hombre que se muestran son horas hombre totales.

<sup>2</sup>An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos Mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD)

**Table/Tabla 32**      **Opportunity 2 – Capital cost summary (conveyance upsized at Puerto Libertad)**  
**Oportunidad 2 - Resumen del capital de costo (conducción ampliada en Puerto Libertad)**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>2</sup>
Marine Works / Obras Marinas <sup>1</sup>	-	817,493	\$56,314,744	\$1,082,144,121
Reservoir / Embalse <sup>1</sup>	-	2,531,200	\$52,046,667	\$1,000,128,747
Desalination Plant / Planta de Desalinizadora	-	4,567,619	\$456,087,998	\$8,764,186,970
Brine Storage System / Sistema de Almacenamiento de Salmuera	-	2,068,414	\$82,469,475	\$1,584,733,432
Conveyance System – Pipeline / Sistema de Conducción - Tubería	-	11,152,229	\$1,042,708,697	\$20,036,690,322
Conveyance System – Pump Station / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo	-	4,381,067	\$439,273,206	\$8,441,073,926
High Voltage System - Treatment / Sistema de Alta Tensión - Tratamiento	-	327,801	\$22,335,348	\$429,196,047
High Voltage System - Conveyance / Sistema de Alta Tensión - Conducción	-	1,370,649	\$93,391,842	\$1,794,617,636
<b>Direct Cost – Subtotal / Costo Directo – Subtotal</b>	-	<b>27,216,472</b>	<b>\$2,244,627,977</b>	<b>\$43,132,771,201</b>
Marine Works Indirects / Obras Marinas Indirecto <sup>1</sup>	30%	-	\$16,869,082	\$324,156,271
Reservoir Indirects / Embalse Indirecto <sup>1</sup>	30%	-	\$15,590,579	\$299,588,566
Desalination Plant Indirects / Planta de Desalinizadora Indirecto	54%	-	\$244,007,079	\$4,688,840,029
Brine Storage System Indirects / Sistema de Almacenamiento de Salmuera Indirecto	54%	-	\$44,121,169	\$847,832,386
Conveyance System – Pipeline Indirects / Sistema de Conducción e - Tubería Indirectos	25%	-	\$260,677,174	\$5,009,172,580
Conveyance System – Pump Station Indirects / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo Indirectos	54%	-	\$235,011,165	\$4,515,974,551



DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>2</sup>
High Voltage System Indirects - Treatment / Sistema de Alta Tensión – Tratamiento Indirectos	54%	-	\$11,949,411	\$229,619,882
High Voltage System Indirects - Conveyance / Sistema de Alta Tensión – Conducción Indirectos	54%	-	\$49,964,636	\$960,120,445
Owners Cost / Costo de los Propietarios			Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
<b>Indirect Cost Subtotal / Costo Indirecto Subtotal</b>	-	-	<b>\$878,190,295</b>	<b>\$16,875,304,710</b>
<b>Direct + Indirect / Directo + Indirecto</b>	-	-	<b>\$3,122,818,272</b>	<b>\$60,008,075,911</b>
Escalation / Escalamiento	Excluded / Excluido	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
Contingency / Contingencia	20%	-	\$624,563,654	\$12,001,615,182
<b>Total Cost / Costo Total</b>	-	-	<b>\$3,747,381,926</b>	<b>\$72,009,691,093</b>

<sup>1</sup>Cost shown for these components are one-third of the total cost. Manhours shown are total manhours. / El costo que se muestra para estos componentes es un tercio del costo total. Las horas hombre que se muestran son horas hombre totales.

<sup>2</sup>An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate. / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos Mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

Similar to Opportunity 1, operating costs for Opportunity 2 were determined for the desalination plant based on the cost of energy, consumables, labor, maintenance, and contingency. Chemical and labor costs for Opportunity 2 are identical to Opportunity 1. However, an annual savings of approximately \$30.2 million US dollars or 68% is observed for the desalination plant for Opportunity 2 based on the energy savings provided by the stored seawater concept (not accounting for the cost of pumping seawater to the reservoir), as well as assuming a

De manera similar a la Oportunidad 1, los costos operativos para la Oportunidad 2 se determinaron para la planta de desalinización en función del costo de energía, consumibles, mano de obra, mantenimiento y contingencia. Los costos de mano de obra y químicos para la Oportunidad 2 son idénticos a los de la Oportunidad 1. Sin embargo, se observa un ahorro anual de aproximadamente \$580 millones de pesos o 68% para la planta de desalinización para la Oportunidad 2 en función del ahorro de energía proporcionado por el concepto de agua de mar almacenada (sin tener en cuenta el costo

discounted energy cost of \$0.05 USD/kWh. Two costing options are presented depending on where additional flow is added to the conveyance line to provide a final treated water flow of 185 mgd to Morelos Dam. Both cases resulted in significant energy and cost for conveyance and a final operating cost, but that which provides operating savings over alternatives. Specifically, energy cost is still the largest component to the overall operating cost, including treated water conveyance, at 55 to 61%, depending on the location of the additional water supply, followed by chemical consumption (25%), maintenance (6%), and consumables (6%). However, conveyance energy comprises a much greater share of the overall energy costs at 63 to 69% compared to the reverse osmosis pumps, which account for only 23 to 27% over the overall energy consumption with the greatest conveyance contribution present for Opportunity 2 with the conveyance upsized at Puerto Libertad.

Tables 33 and 34 summarize the total estimated operational and maintenance costs as broken down by the contributions from the desalination facilities and conveyance components. All operating costs are presented for the single 92.7 mgd desalination plant for Opportunity 2 except for the treated water conveyance energy, which is calculated for the full 185 mgd flow.

de bombear agua de mar al depósito), además de asumir un costo de energía con descuento de \$0.96 MXN/kWh. Se presentan dos opciones de costos dependiendo de dónde se agrega flujo adicional a la línea de conducción para proporcionar un flujo de agua tratada final de 700 MLD a la presa Morelos. Ambos casos resultaron en energía y costo significativos para la conducción y un costo operativo final, pero eso proporciona ahorros operativos sobre las alternativas. Específicamente, el costo de energía sigue siendo el componente más importante del costo operativo general, incluido la conducción de agua tratada, de 55 a 61%, dependiendo de la ubicación del suministro de agua adicional, seguido del consumo de productos químicos (25%), mantenimiento (6%) y consumibles (6%). Sin embargo, la energía de conducción comprende una parte mucho mayor de los costos totales de energía en un 63 a 69% en comparación con las bombas de ósmosis inversa, que representan solo del 23 al 27% sobre el consumo total de energía con la mayor contribución de transporte presente para la Oportunidad 2 con el transporte ampliado en Puerto Libertad.

Las Tablas 33 y 34 resumen los costos operativos y de mantenimiento estimados totales por las contribuciones de las instalaciones de desalinización y los componentes de transporte. Todos los costos operativos se presentan para la única planta de desalinización de 351 MLD para la Oportunidad 2, excepto la energía de transporte de agua tratada, que se calcula para el flujo total de 702 MLD.

**Table/Tabla 33 Opportunity 2 – Total operational and maintenance costs (conveyance upsized at Jagüey)**  
**Oportunidad 2 – Costos totales de operación y mantenimiento (conducción ampliada en Jagüey)**

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO DE ARTÍCULO DURANTE LA OPERACIÓN ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR MIL GALONES USD/YEAR (MXN/AÑO)
Desalination plant energy (including intake pumps) <sup>1</sup> Energía de planta de desalinización (incluyendo bombas de la toma) <sup>1</sup>	\$13,908,000 (\$267,256,000)	\$0.11 (\$2.11)	\$0.43 (\$8.26)
Treated water conveyance energy <sup>2</sup> Energía para la conducción de agua tratada <sup>2</sup>	\$24,966,000 (\$479,747,000)	\$0.10 (\$1.92)	\$0.38 (\$7.40)
Chemical costs Costos de químicos	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$0.15 (\$2.83)	\$0.56 (\$10.70)
Process consumables <sup>3</sup> Consumibles del proceso <sup>3</sup>	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.13 (\$2.42)
Spare parts Partes para repuesto	\$3,500,000 (\$67,256,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.11 (\$2.11)
Labor cost Costo de mano de obra	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$0.01 (\$0.20)	\$0.04 (\$0.76)
Maintenance cost Costo de mantenimiento	\$4,357,000 (\$83,724,000)	\$0.04 (\$0.68)	\$0.13 (\$2.57)
Miscellaneous Misceláneos	\$350,000 (\$6,726,000)	\$0.003 (\$0.05)	\$0.01 (\$0.21)
Contingency Contingencia	\$513,000 (\$9,858,000)	\$0.004 (\$0.08)	\$0.02 (\$0.30)
<b>TOTAL</b>	<b>\$71,106,000</b> <b>(\$1,366,370,000)</b>	<b>\$0.58</b> <b>(\$10.95)</b>	<b>\$2.20</b> <b>(\$42.13)</b>

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO DE ARTÍCULO DURANTE LA OPERACIÓN ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR MIL GALONES USD/YEAR (MXN/AÑO)
<p><sup>1</sup>Based on average electricity cost of \$0.05 USD/kWh (\$0.96 MXN/kWh) and reverse osmosis treatment of 92.7 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y tratamiento de ósmosis inversa de 351 MLD</p> <p><sup>2</sup>Based on average electricity cost of \$0.05 USD/kWh (\$0.96 MXN/kWh) and conveyance flow of 185 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y flujo de conducción de 702 MLD</p> <p><sup>3</sup>Based on the following unit costs: /Basado en los siguientes costos unitarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>f. \$600 USD per seawater reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua de mar</li> <li>g. \$600 USD per brackish water reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua salobre</li> <li>h. \$1.70 USD per gallon anthracite media / \$32.67 MXN por galón de medios de antracita</li> <li>i. \$1.33 USD per gallon sand media / \$25.56 MXN por galón de medios de arena</li> <li>b. \$12 USD per cartridge filter / \$230.59 MXN por filtro de cartucho</li> </ul>			

**Table/Tabla 34 Opportunity 2 – Total operational and maintenance costs (conveyance upsized at Puerto Libertad)**  
**Oportunidad 2 – Costos totales de operación y mantenimiento (conducción ampliada en Puerto Libertad)**

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO DE ARTÍCULO DURANTE LA OPERACIÓN ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR MIL GALONES USD/YEAR (MXN/AÑO)
Desalination plant energy (including intake pumps) <sup>1</sup> Energía de planta de desalinización (incluyendo bombas de la toma) <sup>1</sup>	\$13,908,000 (\$267,256,000)	\$0.11 (\$2.11)	\$0.43 (\$8.26)
Treated water conveyance energy <sup>2</sup> Energía para la conducción de agua tratada <sup>2</sup>	\$31,976,000 (\$614,451,000)	\$0.13 (\$2.50)	\$0.49 (\$9.41)
Chemical costs Costos de químicos	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$0.15 (\$2.83)	\$0.56 (\$10.70)
Process consumables <sup>3</sup> Consumibles del proceso <sup>3</sup>	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.13 (\$2.42)
Spare parts Partes de repuesto	\$3,500,000 (\$67,256,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.11 (\$2.11)
Labor cost Costo de mano de obra	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$0.01 (\$0.20)	\$0.04 (\$0.76)
Maintenance cost Costo de mantenimiento	\$4,357,000 (\$83,724,000)	\$0.04 (\$0.68)	\$0.13 (\$2.57)
Miscellaneous Misceláneos	\$350,000 (\$6,726,000)	\$0.003 (\$0.05)	\$0.01 (\$0.21)
Contingency Contingencia	\$513,000 (\$9,858,000)	\$0.004 (\$0.08)	\$0.02 (\$0.30)
<b>TOTAL</b>	<b>\$78,116,000</b> <b>(\$1,501,074,000)</b>	<b>\$0.64</b> <b>(\$12.11)</b>	<b>\$2.41</b> <b>(\$41.16)</b>

ANNUAL OPERATING COST ITEM COSTO DE ARTÍCULO DURANTE LA OPERACIÓN ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR MIL GALONES USD/YEAR (MXN/AÑO)
<p><sup>1</sup>Based on average electricity cost of \$0.05 USD/kWh (\$0.96 MXN/kWh) and reverse osmosis treatment of 92.7 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y tratamiento de ósmosis inversa de 351 MLD</p> <p><sup>2</sup>Based on average electricity cost of \$0.05 USD/kWh (\$0.96 MXN/kWh) and conveyance flow of 185 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y flujo de conducción de 702 MLD</p> <p><sup>3</sup>Based on the following unit costs: /Basado en los siguientes costos unitarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>j. \$600 USD per seawater reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua de mar</li> <li>k. \$600 USD per brackish water reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua salobre</li> <li>l. \$1.70 USD per gallon anthracite media / \$32.67 MXN por galón de medios de antracita</li> <li>m. \$1.33 USD per gallon sand media / \$25.56 MXN por galón de medios de arena</li> <li>a. \$12 USD per cartridge filter / \$230.59 MXN por filtro de cartucho</li> </ul>			

### Desalination Opportunity 3

The general area for Opportunity 3 was originally envisioned to be near Playa Encanto, approximately 16 miles southeast of Puerto Peñasco. However, due to the lack of available land, Opportunity 3 was moved more southwest along the Sonoran coast near the town of Playa San Jorge (approximately 26 miles southeast of Puerto Peñasco). This desalination opportunity consists of a 92.7 mgd seawater reverse osmosis desalination plant and associated marine works, with delivery of treated water to Morelos Dam via a buried conveyance pipeline. This opportunity is the closest to the delivery point of the opportunities evaluated in this study, and therefore would require the shortest conveyance pipeline configuration.

It is envisioned that the end users of the water produced by Opportunity 1 will be Colorado River water users, located within Baja California and Sonora, Mexico, downstream of Morelos Dam. The treated water will have a maximum total dissolved solids concentration of 500 mg/L, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

The area is primarily comprised of residential and hotel zones and is dedicated to tourism. Access to the site is via dirt roads off of State Highway SON 3. The part of the coast selected for the desalination plant and associated marine works is very shallow with extremely gently shelving bathymetry. Land available at this location, with suitable elevation for the plant, is limited due to several existing and planned developments in the surrounding area. As shown on Figure 39, the desalination plant location is

### Oportunidad de Desalinización 3

El área general para la Oportunidad 3 fue originalmente prevista para estar cerca de Playa Encanto, aproximadamente a 25 km al sureste de Puerto Peñasco. Sin embargo, debido a la falta de tierra disponible, la Oportunidad 3 se trasladó más al suroeste a lo largo de la costa de Sonora, cerca de la ciudad de Playa San Jorge (aproximadamente 38 km al sureste de Puerto Peñasco). Esta oportunidad de desalinización consiste en una planta de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar de 351 MLD y obras marinas asociadas, con entrega de agua tratada a la Presa de Morelos a través de una tubería de conducción enterrada. Esta oportunidad es la más cercana al punto de entrega de las oportunidades evaluadas en este estudio y, por lo tanto, requeriría la configuración de tubería de conducción más corta.

Se prevé que los usuarios finales del agua producida por la Oportunidad 1 serán los usuarios del agua del río Colorado, ubicados en Baja California y Sonora, México, aguas abajo de la Presa Morelos. El agua tratada tendrá una concentración máxima total de sólidos disueltos de 500 mg/L, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con agua nativa del Río Colorado.

El área se compone principalmente de zonas residenciales y hoteleras y está dedicada al turismo. El acceso al sitio se realiza a través de caminos de tierra fuera de la Autopista Estatal SON 3. La parte de la costa seleccionada para la planta de desalinización y las obras marinas asociadas es muy poco profunda y cuenta con una batimetría con muy pendiente. El terreno disponible en este lugar, con una elevación adecuada para la planta, está limitado debido a varios desarrollos existentes y planificados en el área circundante. Como se muestra en la Figura 39, la ubicación de la planta de desalinización es

about 2.5 miles inland to avoid low-lying areas at risk of flooding behind the dunes.

A site visit of the Playa San Jorge area was conducted in April 2018. As mentioned previously, the area is near tourist resorts such as the Grand Mayan, as well as vacation homes. Photos of this area are included as Figure 40.

de unos 4 km hacia el interior para evitar áreas bajas con riesgo de inundación detrás de las dunas.

En abril de 2018, se llevó a cabo una visita a la zona de Playa San Jorge. Como se mencionó anteriormente, la zona está cerca de complejos turísticos como el Grand Mayan, así como de casas de vacaciones. Las fotos de esta área se incluyen en la Figura 40.





**Figure/Figura 39**      **Opportunity 3 – General location map (INEGI, 2015)**  
**Opportunidat 3 – Mapa de ubicatión general (INEGI, 2015)**



**Figure/Figura 40**      **Opportunity 3 – Representative site photos**  
**Oportunidad 3 – Fotos representativas del sitio**

The maximum length and diameter of subsea intake pipelines is controlled by hydraulics and pipe buckling considerations and by the consequent depth of excavation required for the seawater intake pumping station. The longer an intake pipeline is, the larger the required pipe area to ensure that hydraulic losses are acceptable. Larger diameter pipe requires more towing force to control sinking and laying, which means a minimum thickness is needed. Thicker wall HDPE pipe has higher resistance to buckling but welding joints for wall thickness greater than 4 to 5 inches is not practicable. Taking these factors into account, for an intake design flow of 350 ft<sup>3</sup>/s, a practical limit on subsea intake pipeline length is roughly 5km. To reach a depth of 33 ft for Opportunity 3, the subsea intake pipeline length would be 7.2 miles, which is not practical.

Worldwide, the longest subsea high-density polyethylene outfall pipeline is for the Montpelier outfall (6.8 miles of 63-inch of outside diameter pipe). To reach the necessary depth of 66 ft, the outfall length for Opportunity 3 would be much longer. In addition, the land on which the desalination plant would be sited is low lying and there would be little gravity head to drive the flow over the lengths required, thus resulting in very large pipe areas.

For these reasons, development of Opportunity 3 was determined infeasible and set aside from further development.

La longitud y el diámetro máximos de las tuberías de admisión submarinas están controlados por consideraciones hidráulicas y de pandeo de la tubería y por la profundidad de excavación consiguiente requerida para la estación de bombeo de admisión de agua de mar. Cuanto más larga sea una tubería de obra de toma, mayor será el área de tubería requerida para garantizar que las pérdidas hidráulicas sean aceptables. La tubería de mayor diámetro requiere más fuerza de remolque para controlar el hundimiento y la colocación, lo que significa que se necesita un espesor mínimo. La tubería de HDPE de pared más gruesa tiene mayor resistencia al pandeo, pero no es factible soldar juntas para espesores de pared de más de 100 a 120 mm. Teniendo en cuenta estos factores, para un flujo de diseño de admisión de 9.8 m<sup>3</sup>/s, un límite práctico en la longitud de la tubería de admisión submarina es de aproximadamente 5 km. Para alcanzar una profundidad de 10 m para la Oportunidad 3, la longitud de la tubería de admisión submarina sería de 12 km, lo que no es práctico.

En todo el mundo, la tubería de descarga de polietileno de alta densidad submarina más larga es para la descarga de Montpelier (11 km de 1600 mm de diámetro exterior). Para alcanzar la profundidad necesaria de 20 m, la longitud del emisor para la Oportunidad 3 sería mucho más larga. Además, el terreno en el que se ubicaría la planta de desalinización es bajo y habría poca altura de gravedad para conducir el flujo sobre las longitudes requeridas, lo que da como resultado áreas de tuberías muy grandes.

Por estas razones, el desarrollo de la Oportunidad 3 se determinó inviable y se apartó de un mayor desarrollo.

## Desalination Opportunity 4

Opportunity 4 comprises a 92.7 mgd seawater thermal distillation plant co-located with an existing thermal power plant at Puerto Libertad on the Sonora coast. The treated water is delivered to Morelos Dam via the buried conveyance pipeline. This opportunity seeks to take advantage of co-location with the existing gas-fired power plant (owned by Comisión Federal de Electricidad and capable of producing 632 MW of power) by potentially sharing intake/outfall structures, readily available electricity, and capture and use of waste thermal heat (in the form of steam) from the power plant.

It is envisioned that the end users of the water produced by Opportunity 4 will be Colorado River water users, located within Baja California and Sonora, Mexico, downstream of Morelos Dam. The treated water will have a maximum total dissolved solids concentration of 500 mg/L, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

As discussed in detail in the Marine Works section below, due to uncertainty about the capacity of the existing power plant cooling water system, as well as concerns about short-circuiting of the brine into the intake, the opportunity was revised to include construction of a new marine works (intake and outfall) just northwest of power plant.

Similar to Opportunity 1, the seawater intakes for Opportunity 4 are of the open water velocity cap type, located about 1,800 feet offshore where water depth at lowest tide is about 43 feet. Brine

## Oportunidad de Desalinización 4

La Oportunidad 4 comprende una planta de destilación térmica de agua de mar de 351 MLD ubicada junto a una planta de energía térmica existente en Puerto Libertad en la costa de Sonora. El agua tratada se entrega a la Presa Morelos a través de la tubería de conducción enterrada. Esta oportunidad busca aprovechar la ubicación conjunta con la planta de energía de gas existente (propiedad de la Comisión Federal de Electricidad y capaz de producir 632 MW de potencia) al compartir potencialmente las estructuras de toma/descarga, la electricidad fácilmente disponible y la captura y uso de calor térmico residual (en forma de vapor) de la central eléctrica.

Se prevé que los usuarios finales del agua producida por la Oportunidad 4 serán los usuarios del agua del río Colorado, ubicados en Baja California y Sonora, México, aguas abajo de la Presa Morelos. El agua tratada tendrá una concentración máxima total de sólidos disueltos de 500 mg/L, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con agua nativa del río Colorado.

Como se discutirá en detalle en la sección Obras Marinas a continuación, debido a la incertidumbre sobre la capacidad del sistema de agua de enfriamiento de la planta de energía existente, así como a las preocupaciones sobre el cortocircuito de la salmuera en la obra de toma, se revisó la oportunidad para incluir la construcción de nuevas obras marinas (toma y descarga) justo al noroeste de la central eléctrica.

Similar a la Oportunidad 1, las tomas de agua de mar para la Oportunidad 4 son del tipo de tapa de velocidad de agua abierta, ubicadas a unos 550 m de la costa donde la profundidad del agua en

disposal is via an outfall diffuser located about 3,400 feet offshore where water depth at lowest tide is about 75 feet.

Ideally, the proposed desalination plant would be located near to the power plant. However, directly adjacent to the power plant on the south are densely constructed residential homes, making it infeasible to site the desalination plant to the south of the power plant. Similarly, there is residential housing to the north of the power plant. Therefore, the most suitable location for the desalination plant would be inland, east of the existing power plant.

Figure 41 shows the approximate location of the facilities associated with Opportunity 4.

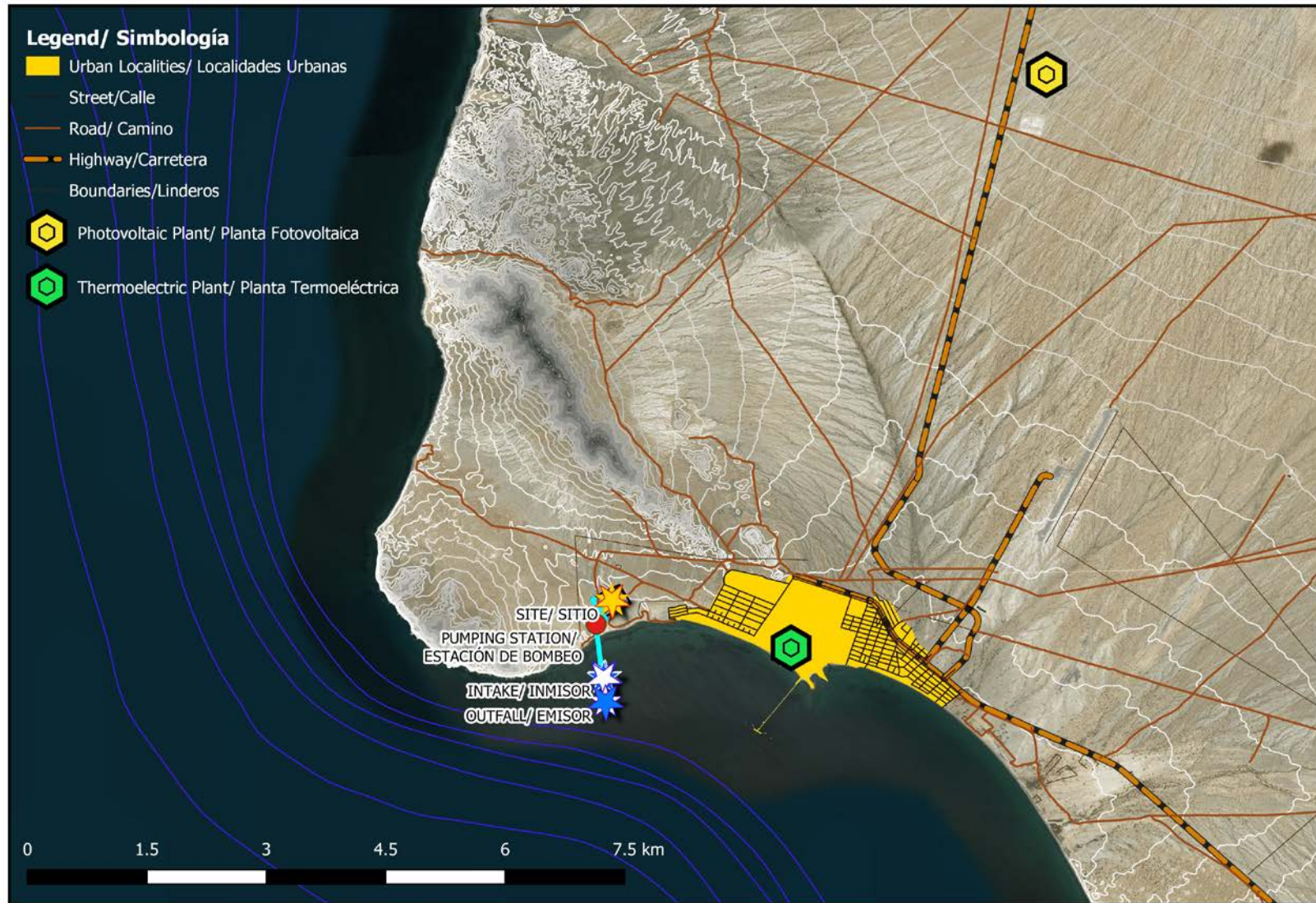
A site visit to Puerto Libertad was conducted in May 2019. Photos of the area are included as Figure 42.

la marea más baja es de aproximadamente 13 m. La eliminación de salmuera se realiza a través de un difusor de emisor ubicado a unos 1,050 m en alta mar, donde la profundidad del agua en la marea más baja es de unos 23 m.

Idealmente, la planta de desalinización propuesta estaría ubicada cerca de la planta de energía. Sin embargo, directamente adyacentes a la planta de energía en el sur se encuentran casas residenciales densamente construidas, lo que hace que sea imposible ubicar la planta de desalinización al sur de la planta de energía. Del mismo modo, hay viviendas residenciales al norte de la planta de energía. Por lo tanto, la ubicación más adecuada para la planta de desalinización sería tierra adentro, al este de la central eléctrica existente.

La Figura 41 muestra la ubicación aproximada de las instalaciones asociadas con la Oportunidad 4.

En mayo de 2019 se realizó una visita a Puerto Libertad. Las fotos de la zona se incluyen en la Figura 42.



**Figure/Figura 41**      **Opportunity 4 – General location map (Urban Development Program of the Population Center of Puerto Libertad 2018)**  
**Oportunidad 4 – Mapa de ubicación general (Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Puerto Libertad 2018)**



**Figure/Figura 42**      **Opportunity 4 – Representative site photos**  
**Oportunidad 4 – Fotos representativas del sitio**

## Land Use Considerations

The selected site is located in the town of Puerto Libertad, a town along the coast of the Sea of Cortez with 2,782 inhabitants registered by the 2010 National Institute of Statistics and Geography Census. Access to this area is via a paved road 9 miles from State Highway SON 3. Puerto Libertad has public service infrastructure such as drinking water, sewerage, and electricity.

In the area there is a 632 MW thermoelectric plant operated by the Comisión Federal de Electricidad. In 2018, a photovoltaic plant was constructed by Acciona 4 miles north of the thermoelectric plant. The plant has 405 MW of peak power and a nominal capacity of 317.5 MW.

In an approximate radius of 1 mile of the proposed site, heavy industry, fishing and housing areas are observed. According to the Urban Development Program of the Population Center of Puerto Libertad 2018, this area is located within an area zoned for heavy industry, which is compatible with the proposed desalination opportunity. In addition, on one side of Cerro Bola, there is a temporary fishing refuge area of 185 acres where sports-recreational fishing activities are carried out under the capture and release modality.

Figure 43 shows the land use surrounding the Opportunity 4 area.

## Consideraciones de Uso de Suelo

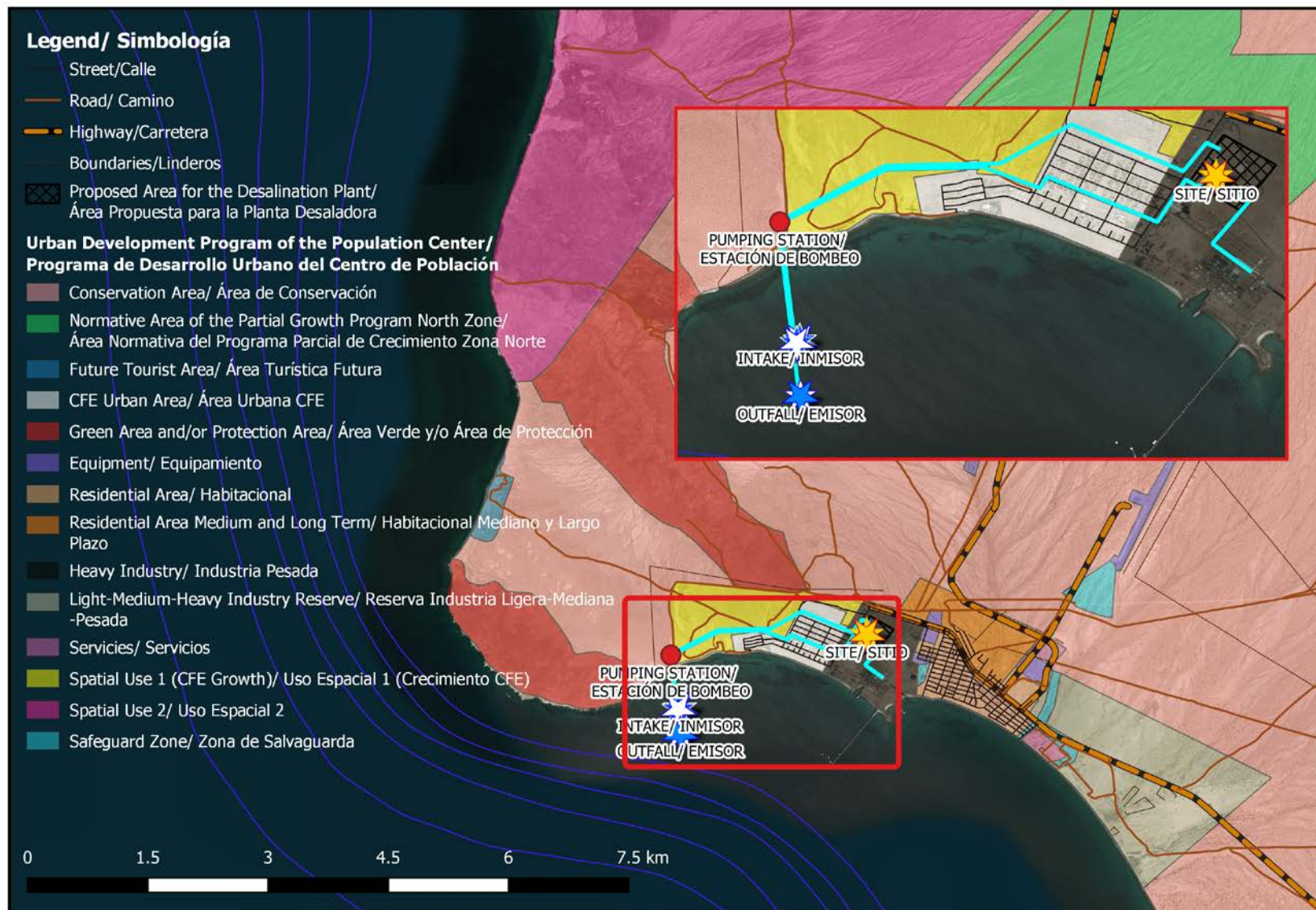
El sitio seleccionado se encuentra en la ciudad de Puerto Libertad, una ciudad a lo largo de la costa del Mar de Cortés con 2,782 habitantes registrados por el Censo Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010. El acceso a esta área es a través de una carretera pavimentada 14 km de la carretera estatal SON 3. Puerto Libertad cuenta con infraestructura de servicio público como agua potable, alcantarillado y electricidad.

En el área hay una planta termoeléctrica de 632 MW operada por la Comisión Federal de Electricidad. En 2018, Acciona construyó una planta fotovoltaica a 7 km al norte de la planta termoeléctrica. La planta tiene 405 MW de potencia pico y una capacidad nominal de 317.5 MW.

En un radio aproximado de 1.6 km del sitio propuesto, se observan áreas de industria pesada, pesca y vivienda. Según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Puerto Libertad 2018, esta área se ubica dentro de un área zonificada para la industria pesada, que es compatible con la oportunidad de desalinización propuesta. Además, en un lado del Cerro Bola, hay un área de refugio de pesca temporal de 75 hectáreas donde se realizan actividades de pesca deportiva y recreativa bajo la modalidad de captura y liberación.

La Figura 43 muestra el uso del suelo que rodea el área de la Oportunidad 4.





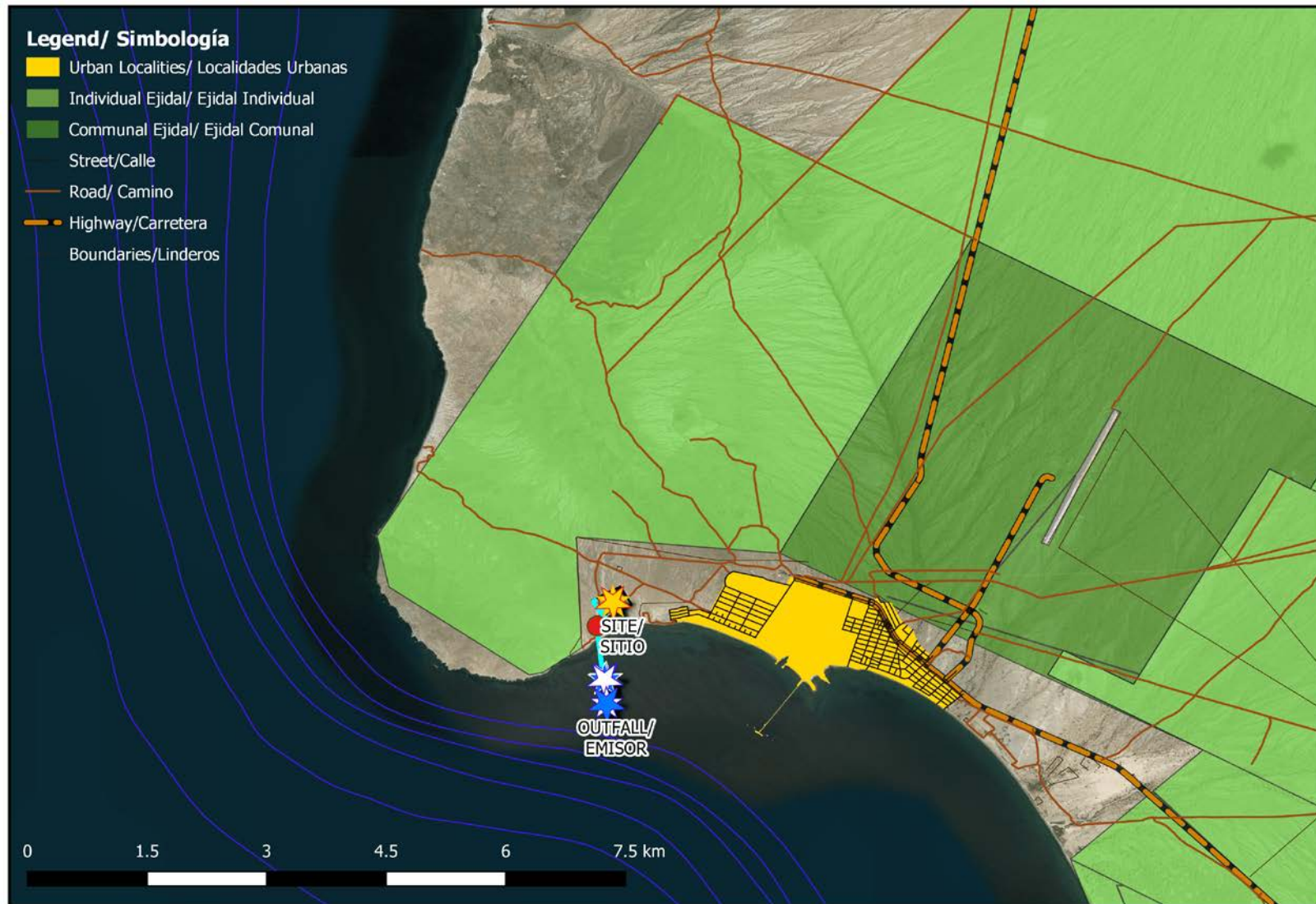
**Figure/Figura 43 Opportunity 4 – Land use (Urban Development Program of the Population Center of Puerto Libertad 2018)**  
**Oportunidad 4 – Usos de suelos (Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Puerto Libertad 2018)**

There is sufficient area for the installation of the proposed desalination plant (25-30 acres), as well as space to provide a buffer and for future expansions if necessary.

As shown in Figure 44, the proposed site is not located within an ejido. It is located within the jurisdiction of the Comisión Federal de Electricidad as a growth area for its infrastructure and, therefore it would be necessary to reach an agreement with the Comisión Federal de Electricidad to use this land.

Hay suficiente área para la instalación de la planta de desalinización propuesta (10-12 hectáreas), así como espacio para proporcionar un amortiguador y para futuras expansiones si es necesario.

Como se muestra en la Figura 44, el sitio propuesto no está ubicado dentro de un ejido. Se encuentra dentro de la jurisdicción de la Comisión Federal de Electricidad como un área de crecimiento para su infraestructura y, por lo tanto, sería necesario llegar a un acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad para usar esta tierra.



**Figure/Figura 44**      **Opportunity 4 – Ejido locations (National Agrarian Registry 2019)**  
**Oportunidad 4 – Ubicaciones ejido (Registro Agrario Nacional 2019)**

## Marine Works

Opportunity 4 was intended to be co-located with the existing thermal power station at Puerto Libertad, using waste heat from the power plant as a source of energy for thermal distillation of seawater from the Sea of Cortez. The philosophy was to adhere to the usual configuration at such co-located plants where the desalination intake and brine discharge points are located in the power station cooling water discharge channel, with discharge downstream of the intake. This arrangement does not affect power station cooling and may benefit from existing treatment of the cooling water flow.

No information about the existing thermal power station could be obtained from its owner or from other sources. However, examination of Google Earth imagery showed low depth of flow in the cooling water outlet channel while all four turbines appear to be operating. The imagery and posted photos indicate that the channel is about 50 ft wide at the water line. It has a trapezoidal section and is concrete lined. Flow depth in the channel is small (perhaps 1.5 ft) at the times of the imagery. Estimated discharge is between 175 and 350 ft<sup>3</sup>/s. This is considered insufficient for abstraction of water to feed a thermal distillation plant to produce 140 ft<sup>3</sup>/s of treated water. In addition, the cooling water discharges directly onto the beach in a cove where little local mixing may be expected. It is clear that blending such a low flow with desalination plant brine discharge would not meet to meet the 15% above ambient limit in the draft Mexican regulations at a distance of 330 ft from the channel outlet.

Taking water from the cooling water intake channel was considered as an alternative but, due to the relatively large flow

## Obras Marinas

La Oportunidad 4 tenía la intención de ubicarse junto con la central térmica existente en Puerto Libertad, utilizando el calor residual de la central eléctrica como fuente de energía para la destilación térmica del agua de mar del Mar de Cortés. La filosofía era adherirse a la configuración habitual en tales plantas de co-localización donde los puntos de entrada de desalinización y descarga de salmuera se encuentran en el canal de descarga de agua de enfriamiento de la central eléctrica, con descarga aguas abajo de la entrada. Esta disposición no afecta el enfriamiento de la estación de energía y puede beneficiarse del tratamiento existente del flujo de agua de enfriamiento.

No se pudo obtener información sobre la central térmica existente de su propietario o de otras fuentes. Sin embargo, el examen de las imágenes de Google Earth mostró una baja profundidad de flujo en el canal de salida de agua de enfriamiento mientras las cuatro turbinas parecen estar funcionando. Las imágenes y las fotos publicadas indican que el canal tiene unos 15 m de ancho en la línea de flotación. Tiene una sección trapezoidal y está forrada de hormigón. La profundidad del flujo en el canal es pequeña (quizás 0.5 m) en los momentos de las imágenes. La descarga estimada es de entre 5 y 10 m<sup>3</sup>/s. Esto se considera insuficiente para la extracción de agua para alimentar una planta de destilación térmica para producir 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua tratada. Además, el agua de enfriamiento se descarga directamente en la playa en una caleta donde se puede esperar poca mezcla local. Está claro que mezclar un flujo tan bajo con la descarga de salmuera de la planta de desalinización no alcanzaría el 15% por encima del límite ambiental establecido en el borrador de la norma mexicana a una distancia de 100 m de la salida del canal.

required, it was considered that this would not be acceptable to the power plant owner since the abstraction pumps and other infrastructure would reduce residual flow and water levels. Consequently, it was decided that independent intake and outfall facilities were necessary. Velocity cap intakes were selected for the same reasons as set out for Opportunity 1. Brine management is via ocean discharge and dispersion.

Figure 45 shows a plan view of the key elements of the marine works for Opportunity 4 in relation to the site selected for the thermal distillation plant. The proposed marine works for Opportunity 4 are located inside the limits of the Marine Priority area but are well south of the proposed Biological Fisheries Corridor along the Sonora coast of the northern Sea of Cortez.

Tomar agua del canal de entrada de agua de enfriamiento se consideró como una alternativa pero, debido al flujo relativamente grande requerido, se consideró que esto no sería aceptable para el propietario de la central eléctrica ya que las bombas de extracción y otra infraestructura reducirían los niveles del flujo residual y el agua. En consecuencia, se decidió que las instalaciones independientes de entrada y salida eran necesarias. Las tomas de velocidad máxima se seleccionaron por los mismos motivos establecidos en la Oportunidad 1. La gestión de la salmuera se realiza a través de la descarga y dispersión del océano.

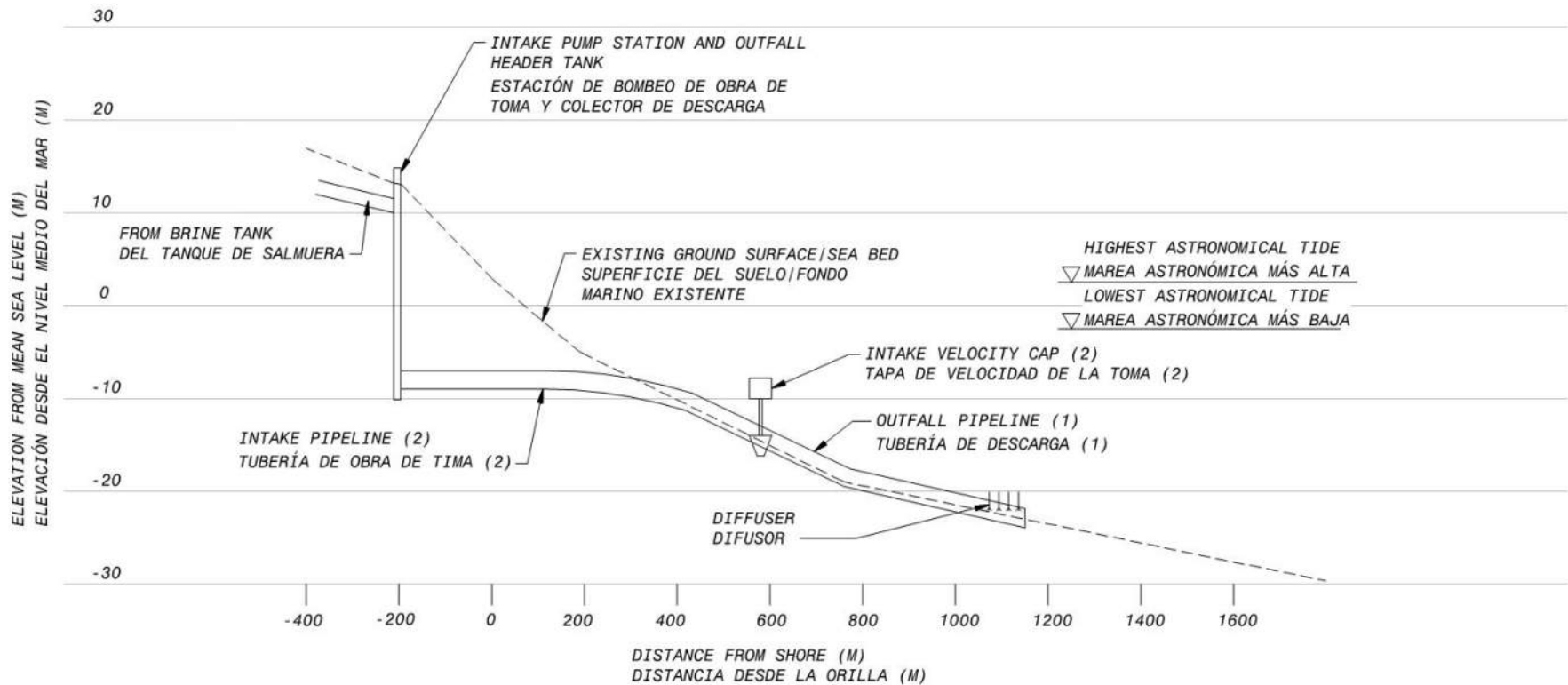
La Figura 45 muestra una vista en planta de los elementos clave de los obras marinas para la Oportunidad 4 en relación con el sitio seleccionado para la planta de destilación térmica. Los obras marinas para la Oportunidad 4 se encuentran dentro de los límites del área de Prioridad Marina, pero están bien al sur del Corredor de Pesca Biológica propuesto a lo largo de la costa de Sonora del Mar de Cortés.



**Figure/Figura 45**      **Opportunity 4 – Marine works plan**  
**Oportunidad 4 – Plan de obras marinas**

Figure 46 shows a profile through the intake and outfall systems. It is important to note that this intake/outfall design was utilized for Opportunity 5 as well.

La Figura 46 muestra un perfil a través de los sistemas de toma y descarga. Es importante tener en cuenta que este diseño de entrada/salida también se utilizó para la Oportunidad 5.



**Figure/Figura 46**      **Opportunity 4 – Marine works profile**  
**Opportunida d 4 – Perfil de obras marinas**

Table 35 lists the key elements of the intake system for Opportunity 4.

La Tabla 35 enumera los elementos clave del sistema de admisión para la Oportunidad 4.

**Table/Tabla 35**      **Opportunity 4 – Intake facilities**  
**Opportunidad 4 – Instalaciones de la toma**

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NÚMERO	DESCRIPTION DESCRIPCIÓN
Intake structure Estructura de Toma	2	Velocity cap type; wide concrete-filled steel base and steel riser with an octagonal or circular intake head; sea depth at intake location of 43 ft below lowest astronomical tide.  Tipo de tapa de velocidad; amplia base de acero rellena de hormigón y elevador de acero con un cabezal de entrada octogonal o circular; profundidad del mar en la ubicación de la toma de 13 m por debajo de la marea astronómica más baja.
Coarse screens Reja gruesa	1	Cupro-nickel bar screen with 3-inch spacing; bottom of opening 10 ft above sea bed; 5 ft height opening.  Pantalla de barra de cuproníquel con espaciado de 75 mm; parte inferior de la abertura 3 m sobre el fondo del mar; Apertura de 1.5 m de altura.
Intake pipeline Tubería de toma	2	High density polyethylene pipelines of 6 ft outside diameter with precast concrete weight blocks; total length 0.47 miles (0.34 miles of which are offshore).  Tuberías de polietileno de alta densidad de 2.0 m de diámetro exterior con bloques de peso de hormigón prefabricado; Longitud total de 750 m (550 m de los cuales son costa afuera).
Intake pump station Estación de bombeo de toma	1	Two in-line wet wells with floor 31 ft below mean sea level; facilities for cleaning intake pipelines.  Dos pozos húmedos en línea con piso a 9.5 m por debajo del nivel medio del mar; Instalaciones para la limpieza de tuberías de toma.

The outfall for Opportunity 4 comprises the key elements listed in Table 36. The configuration is intended to meet the requirements

La salida para la Oportunidad 4 comprende los elementos clave enumerados en la Tabla 36. La configuración está destinada a cumplir



of *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters*. Basic schematics of the diffuser system were shown in Figure 8.

con los requisitos de *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de admisión y descarga que deben cumplirse en el plantas de desalinización o procesos que generan aguas salinas o de rechazo de salmuera*. Los esquemas básicos del sistema difusor se muestran en la Figura 8.

**Table/Tabla 36**      **Opportunity 4 - Outfall facilities**  
**Oportunidad 4 – Instalaciones de la descarga**

ELEMENT ELEMENTO	NUMBER NÚMERO	DESCRIPTION DESCRIPCIÓN
Outfall header tank Estructura de del tanque colect	1	Single outfall header tank and drop shaft, integral with intake pump station; inlet weir and drop energy dissipator trough; maximum water elevation 30 ft above mean sea level; brine waste gravitates from a brine tank at the reverse osmosis plant (10 ft inland).  Tanque colector de descarga única y eje de caída, integral con estación de bomba de toman; entrada de vertedero y caída de canal de disipador de energía; elevación máxima del agua 9.0 m sobre el nivel medio del mar; los desechos de salmuera gravitan de un tanque de salmuera en la planta de ósmosis inversa (3.0 km tierra adentro).
Outfall pipeline Tubería de descarga	1	High density polyethylene pipeline; 6 ft outside diameter with precast concrete weight blocks, total length 0.78 miles (0.65 miles of which is offshore).  Tubería de polietileno de alta densidad; 2.0 m de diámetro exterior con bloques de peso de hormigón prefabricado, longitud total 1,250 m (1,050 m de los cuales está en alta mar).
Diffuser Difusor	1	Diffuser length 330 ft, high density polyethylene pipes of 6 ft outside diameter with 10-inch outside diameter nozzles at 10 ft spacings; facing in alternate directions and at 45 degrees to vertical.  Longitud del difusor 100 m, tubos de polietileno de alta densidad de 2.0 m de diámetro exterior con boquillas de 250 mm de diámetro exterior a distancias de 3 m; mirando en direcciones alternas y a 45 grados en vertical.

Unfortunately, at the time of this report, fundamental process information about the power plant was not made available. Therefore, the thermal desalination facility could not be conceptually designed, which provides information about the brine concentration and temperature. Once this technical information is provided an addendum will be added to this report accounting for the design and cost of the thermal desalination facility.

### **Desalination Facilities**

Unfortunately, at the time of this report, fundamental process information about the power plant was not made available. Therefore, the thermal desalination facility could not be conceptually designed. Once this technical information is provided an addendum will be added to this report accounting for the design and cost of the thermal desalination facility.

### **Conveyance of Treated Water**

Opportunity 4 includes conveyance of treated water from the desalination plant near Puerto Libertad to the delivery location at Morelos Dam. Similar to Opportunity 1, the pipeline design assumed conveyance of treated water from two desalination opportunities. Therefore, a design flow rate is 92.7 mgd from Puerto Libertad, corresponding to a pipe diameter of 60-inches. An additional 92.7 mgd of flow was assumed from Opportunity 1, for a total flow of 185 mgd, corresponding to a pipe diameter of

Lamentablemente, en el momento de este informe, no estaba disponible la información fundamental del proceso sobre la planta de energía. Por lo tanto, la instalación de desalinización térmica no pudo ser diseñada conceptualmente, lo que proporciona información sobre la concentración y temperatura de la salmuera. Una vez que se proporcione esta información técnica, se agregará un apéndice a este informe, que tendrá en cuenta el diseño y el costo de la instalación de desalinización térmica.

### **Instalaciones de Desalinización**

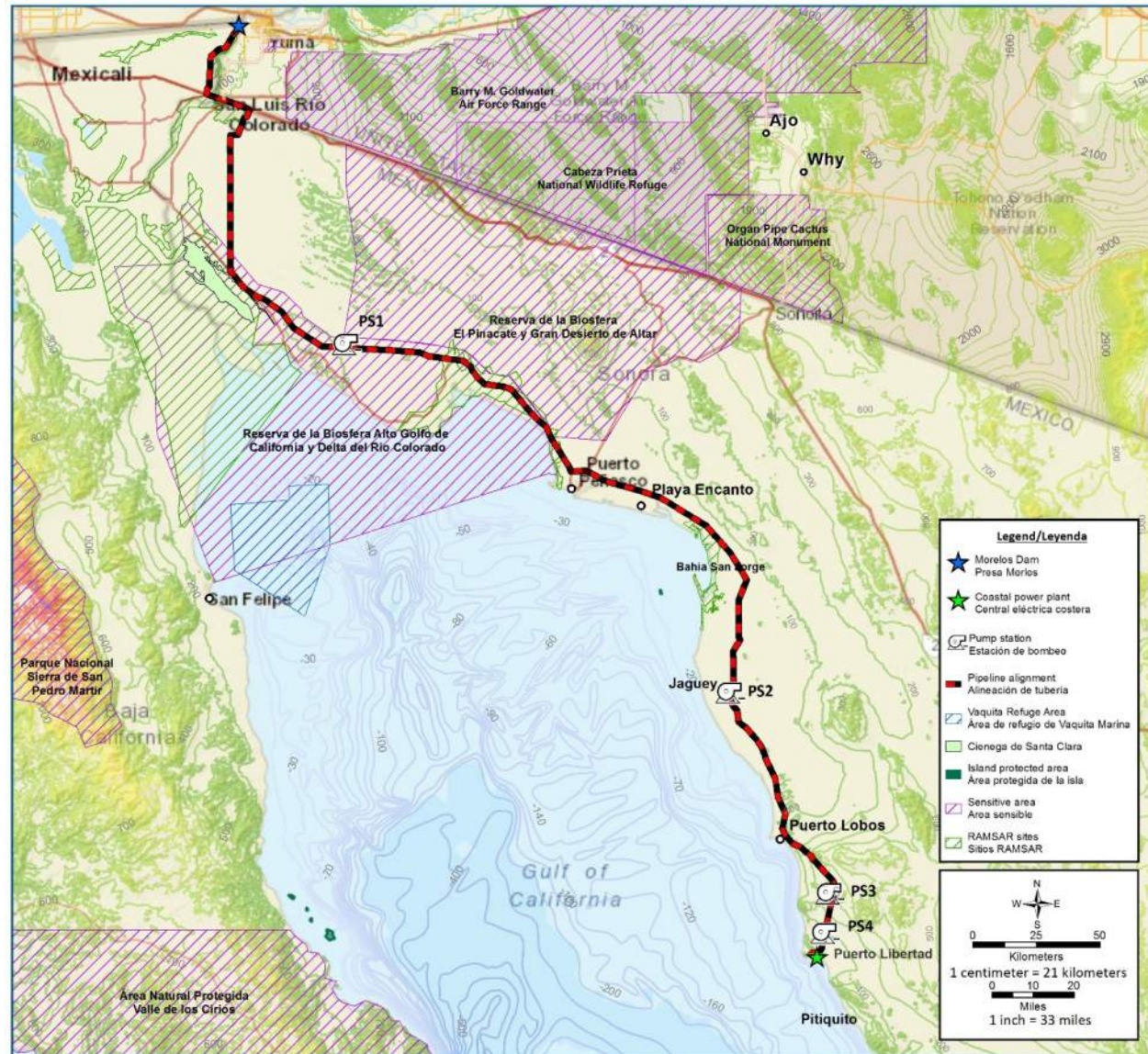
Lamentablemente, en el momento de este informe, no estaba disponible la información fundamental del proceso sobre la planta de energía. Por lo tanto, la instalación de desalinización térmica no pudo ser diseñada conceptualmente. Una vez que se proporcione esta información técnica, se agregará un apéndice a este informe, que tendrá en cuenta el diseño y el costo de la instalación de desalinización térmica.

### **Conducción de Agua Tratada**

La Oportunidad 4 incluye la conducción de agua tratada desde la planta de desalinización cerca de Puerto Libertad hasta el lugar de entrega en la Presa Morelos. Similar a la Oportunidad 1, el diseño de la tubería asumió la conducción de agua tratada a partir de dos oportunidades de desalinización. Por lo tanto, un caudal de diseño es de 351 MLD desde Puerto Libertad, que corresponde a un diámetro de tubería de 1500 mm. Se asumieron 351 MLD adicionales de flujo de Oportunidad 1, para un flujo total de 702 MLD, que corresponde a

84-inches. It is assumed that the pipeline would be constructed of steel pipe with cement mortar lining and polyurethane coating. This is a widely used pipe material/coating/lining selection for large diameter water transmission pipelines. Four pump stations and three stand-alone hydraulic break tanks are required along the 285-mile pipeline alignment. The pipeline alignment generally follows the existing coastal road and other existing roadways to the north. The exception is where the alignment follows the existing railroad tracks across the Biosphere Reserve. Figure 47 shows the proposed pipeline alignment for Opportunity 4 from Puerto Libertad to Morelos Dam with additional flow from Jagüey, as well as the locations of the proposed pump stations.

un diámetro de tubo de 2100 mm. Se supone que la tubería se construirá de tubería de acero con revestimiento de mortero de cemento y revestimiento de poliuretano. Esta es una selección de material/revestimiento/revestimiento de tubería ampliamente utilizada para tuberías de transmisión de agua de gran diámetro. Se requieren cuatro estaciones de bombeo y tres tanques de cambio de régimen autónomos a lo largo de la alineación de la tubería de 460 km. La alineación de la tubería generalmente sigue la carretera costera existente y otras carreteras existentes hacia el norte. La excepción es cuando la alineación sigue las vías del ferrocarril existentes a través de la Reserva de la Biosfera. La Figura 47 muestra la alineación propuesta del ducto para la Oportunidad 4 desde Puerto Libertad hasta la Presa Morelos con un flujo adicional desde Jagüey, así como las ubicaciones de las estaciones de bombeo propuestas.



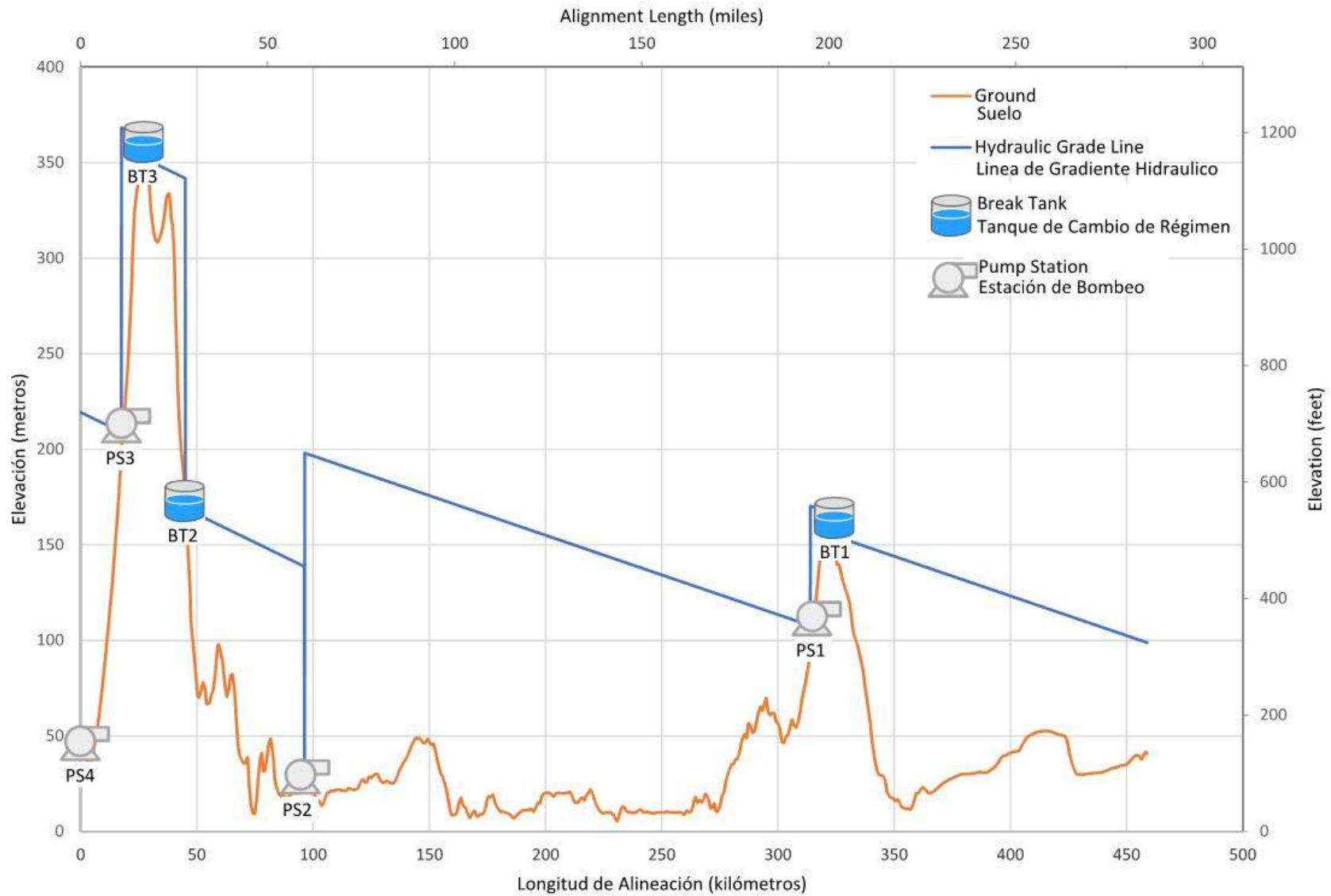
Figure/Figura 47 Opportunity 4 – Conveyance alignment (water from Opportunities 4 and 1)  
 Oportunidad 4 – Alineación de conducción (agua de Oportunidades 4 y 1)

It is estimated that the 285-mile conveyance alignment will require an easement similar to that required for Opportunity 1.

There will be a pump station (PS4) at the desalination plant near Puerto Libertad. Pump station PS4 will pump treated water to a second pump station (PS3). Pump station PS3 will pump water to a break tank (BT3), located at the high point north of Puerto Libertad. Water will flow from break tank BT3 to break tank BT2 and will continue to flow by gravity to pump station PS2 at Jagüey. Pump station PS2 will pump to pump station PS1. Pump station PS1 will pump to break tank BT1 at the high point on the west side of the Biosphere Reserve. Water will flow by gravity from break tank BT1 to the discharge structure near Morelos Dam. A pressure/flow control valve will be required at the discharge structure. Figure 48 shows the hydraulic profile for the conveyance system for Opportunity 4 with additional flows from Opportunity 1.

Se estima que la alineación del conducción de 460 km requerirá una servidumbre similar a la requerida para la Oportunidad 1.

Habrà una estación de bombeo (PS4) en la planta de desalinización cerca de Puerto Libertad. La estación de bombeo PS4 bombeará agua tratada a una segunda estación de bombeo (PS3). La estación de bombeo PS3 bombeará agua a un tanque de cambio de régimen (BT3), ubicado en el punto más alto al norte de Puerto Libertad. El agua fluirá desde el tanque de cambio de régimen BT3 hasta el tanque de cambio de régimen BT2 y continuará fluyendo por gravedad hacia la estación de bombeo PS2 en Jagüey. La estación de bombeo PS2 bombeará a la estación de bombeo PS1. La estación de bombeo PS1 bombeará al tanque de cambio de régimen BT1 en el punto más alto en el lado oeste de la Reserva de la Biosfera. El agua fluirá por gravedad desde el tanque de cambio de régimen BT1 hasta la estructura de descarga cerca de la Presa Morelo. Se requerirá una válvula de control de presión/flujo en la estructura de descarga. La Figura 48 muestra el perfil hidráulico del sistema de transporte para la Oportunidad 4 con flujos adicionales de la Oportunidad 1.



**Figure/Figura 48**      **Opportunity 4 – Treated water conveyance hydraulic profile**  
**Oportunidad 4 – Perfil hidráulico de conducción de agua producto**

The delivery elevation of this opportunity is approximately 200-feet higher than the desalination plant. It could be possible to eliminate three of the pump stations and two of the break tanks if the pipeline were tunneled through the high points. There would be two tunnels with approximate lengths of 16-miles and 10-miles.

Similar to Opportunity 1, the proposed conveyance alignment follows existing roads and railroad tracks. In future evaluations there may be opportunities to shorten the alignment. Items that will require further evaluation include geotechnical conditions, environmentally sensitive areas, cultural areas, existing utilities, land issues, regulatory issues, and more.

The guidelines to define the easements for the highway, railroad, electric transmission lines, dirt roads and the pipeline installation, follow those established in the *Procedures for the Use of the Right of Way in Roads and Quota Bridges Manual of the Ministry of Communications and Transportation, the Regulation of the Railway Service of Mexico, Regulations of Right of Way NRF-014-CFE-2014 of the CFE, Drinking Water Manual, Sewerage and Sanitation in its volume 14 "Executive Projects" of CONAGUA, and the Complementary Technical Standards for Drinking Water of the State of Baja California*, as described in Opportunity 1.

## Power Availability

Unfortunately, at the time of this report, fundamental process information about the power plant was not made available. Once

La elevación de entrega de esta oportunidad es aproximadamente 61 m más alta que la planta de desalinización. Podría ser posible eliminar tres de las estaciones de bombeo y dos de los tanques de cambio de régimen si la tubería se canalizara a través de los puntos más altos. Habría dos túneles con longitudes aproximadas de 26 km y 15 km.

Similar a la Oportunidad 1, la alineación de conducción propuesta sigue las vías existentes y las vías del ferrocarril. En futuras evaluaciones puede haber oportunidades para acortar la alineación. Los elementos que requerirán una evaluación adicional incluyen condiciones geotécnicas, áreas ambientalmente sensibles, áreas culturales, servicios públicos existentes, problemas de tierras, problemas regulatorios y más.

Los lineamientos para definir los derechos de vía para la carretera, vía de ferrocarril, líneas de transmisión eléctrica, caminos de terracería e instalación de tubería, siguen los establecido al *Manual de Procedimientos para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, el Reglamento del Servicio Ferroviario de México, Normas de Derecho de Vía NRF-014-CFE-2014 de la CFE, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en su tomo 14 "Proyectos Ejecutivos" de CONAGUA, y las Normas Técnicas Complementarias de Agua Potable del Estado de Baja California*, así como se describió en la Oportunidad 1.

## Disponibilidad de Energía

Desafortunadamente, en el momento de este informe, la información fundamental del proceso sobre la planta de energía no estaba

this technical information is provided, this section can be completed, if appropriate.

## Permitting and Regulatory Considerations

The regulatory considerations and permits for Opportunity 4 are the same as those for Opportunity 1, since they are within the same state and country. The municipal permits are the same but would be applied for/granted in the municipality of Pitiquito.

## Environmental Considerations

### Environmental Characterization of the Site

The projected location for Opportunity 4 is located within the town of Puerto Libertad. According to the 2015 National Institute of Statistics and Geography land and vegetation use chart, the proposed site for the installation of the plant is within a xerophilous scrub ecosystem, which means that it has thorn-like vegetation such as cacti and bromeliads, scrub shrubs, deciduous trees and semi-desert pasture.

The treated water conveyance pipeline from Puerto Libertad to Morelos Dam ecosystems of xerophilous scrub with the exception of the area near pump station PS2 where there are areas of induced vegetation. The proposed pump station sites are categorized as follows:

- PS1: xerophilous scrub ecosystem with microfilar desert vegetation

disponible. Una vez que se proporciona esta información técnica, se puede completar esta sección, si es apropiado.

## Permisos y Consideraciones Regulatorias

Las consideraciones y permisos reglamentarios para la Oportunidad 4 son los mismos que para la Oportunidad 1, ya que se encuentran dentro del mismo estado y país. Los permisos municipales son los mismos pero serían solicitados/otorgados en el municipio de Pitiquito.

## Consideraciones Ambientales

### Caracterización Ambiental del Sitio

La ubicación proyectada para la Oportunidad 4 se encuentra dentro de la localidad Puerto Libertad. De acuerdo a la carta de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía del 2015, el sitio propuesto para la instalación de la planta se encuentra dentro de un ecosistema tipo matorral xerófilo, lo que significa que tiene vegetación de tipo espinoso como las cactáceas y bromelias, arbustos achaparrados, árboles caducifolios y pastizal semidesértico.

La tubería de conducción de agua tratada desde Pitiquito hasta los ecosistemas de la presa Morelos de matorral xerófilo con la excepción del área cercana a la estación de bombeo PS2 donde hay áreas de vegetación inducida. Los sitios propuestos para las estaciones de bombeo se clasifican de la siguiente manera:



- PS2: xerophilous scrub, sandy deserts, induced vegetation
- PS3: xerophilous scrub, microfilar desert vegetation, and sarcocaulis scrub
- PS4: xerophilous scrub, desert microfilar, and mezquital desert vegetation

Examples of the vegetation for the various Opportunity 4 components are shown in Figure 42.

The proposed marine works are located within the Great Islands of the Sea of Cortez Marine Priority site. It is important to emphasize that a Marine Priority area does not have a limiting legal framework for activities within them. It is important to emphasize that a Marine Priority site does not have a limiting legal framework for activities within them, rather they are defined by the National Commission of Natural Protected Areas, The Nature Conservancy, and Pronatura in order to highlight their physical and biological importance for marine biodiversity. This designation results in a higher level of scrutiny for project reviews. The treated water conveyance pipeline and associated pump stations do not cross any additional sensitive areas beyond those described for Opportunity 1.

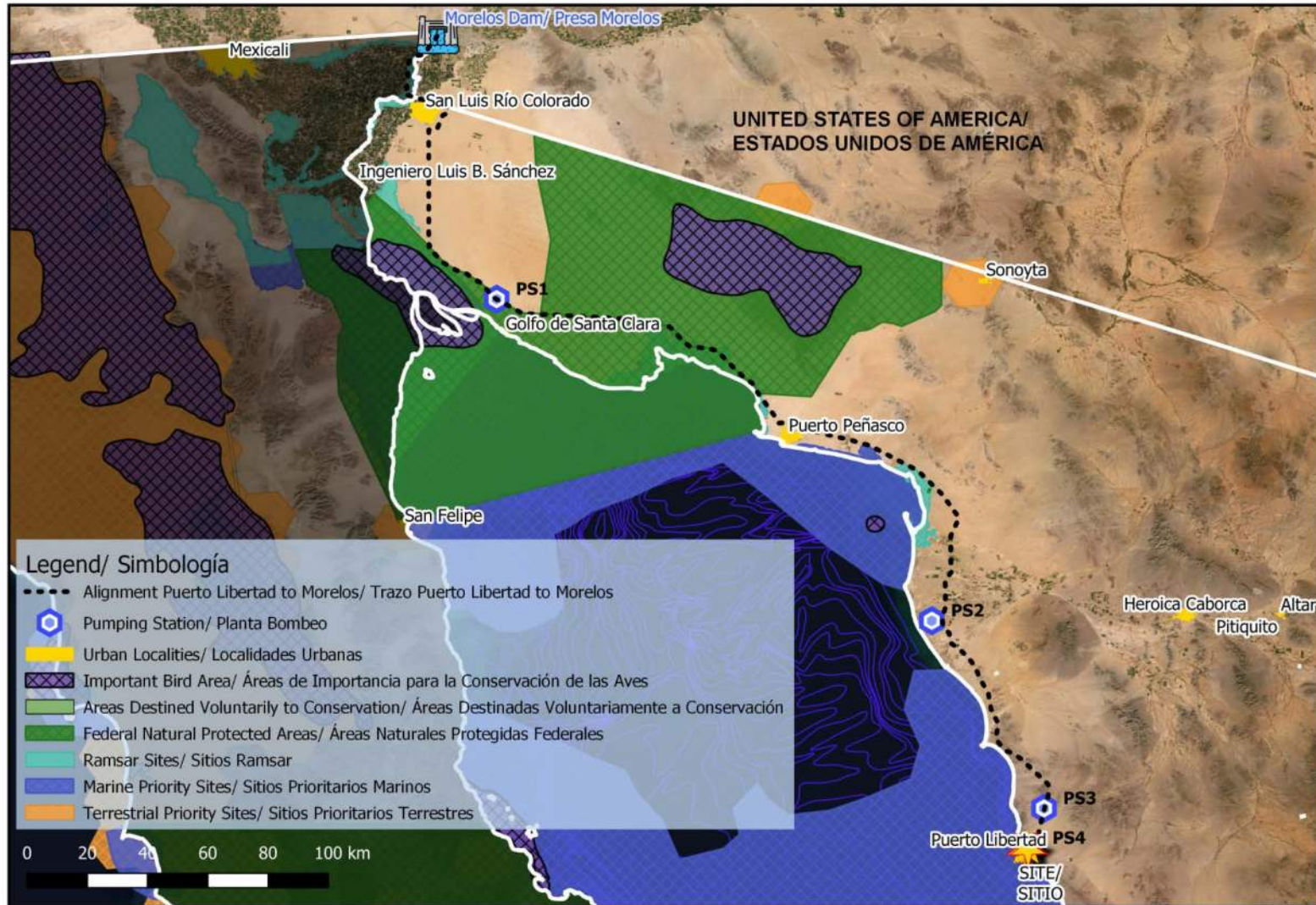
Figure 49 shows the proposed infrastructure associated with Opportunity 4 and the surrounding conservation areas.

- PS1: ecosistema de matorral xerófilo con vegetación desértica microfilar
- PS2: matorral xerófilo, desiertos arenosos, vegetación inducida
- PS3: matorral xerófilo, vegetación de microfilar desértica y matorral sarcocaulis
- PS4: matorral xerófilo, microfilar del desierto y vegetación del desierto mezquital

En la Figura 42 se muestran ejemplos de la vegetación para los diversos componentes de la Oportunidad 4.

Las obras marinas propuestas se encuentran dentro del sitio de Prioridad Marina de las Grandes Islas del Mar de Cortés. Es importante enfatizar que un área de Prioridad Marina no tiene un marco legal limitante para las actividades dentro de ellos. Es importante enfatizar que un sitio de Prioridad Marina no tiene un marco legal limitante para las actividades dentro de ellos, sino que están definidos por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy y Pronatura para resaltar su importancia física y biológica para la biodiversidad marina. Esta designación da como resultado un mayor nivel de escrutinio para las revisiones de proyectos. La tubería de transporte de agua tratada y las estaciones de bombeo asociadas no cruzan áreas sensibles adicionales más allá de las descritas para la Oportunidad 1.

La Figura 49 muestra la infraestructura propuesta asociada con la Oportunidad 4 y las áreas de conservación circundantes.



**Figure/Figura 49**      **Opportunity 4 – Conservation areas (CONABIO, 2018)**  
**Opportunida 4 – Áreas de conservación (CONABIO, 2018)**

CONABIO has a registry of sensitive and identified species under some degree of protection. Table 37 lists the protected species found within a radius of 1.9 miles of the project site. These species are categorized according to NOM-059-SEMARNAT-2010, likewise the state of conservation of the species is indicated according to the red list of the International Union for the Conservation of Nature. These are in addition to the sites identified for Opportunity 1. No species of concern were identified near pump station PS2 or pump station PS3, nor at the intake pump station site.

CONABIO tiene un registro de especies sensibles e identificadas bajo cierto grado de protección. La Tabla 37 enumera las especies protegidas encontradas dentro de un radio de 3 km del sitio del proyecto. Estas especies se clasifican de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como el estado de conservación de la especie se indica de acuerdo con la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Estos son adicionales a los sitios identificados para la Oportunidad 1. No se identificaron especies de interés cerca de la estación de bombeo PS2 o la estación de bombeo PS3, ni en el sitio de la estación de bombeo de admisión.

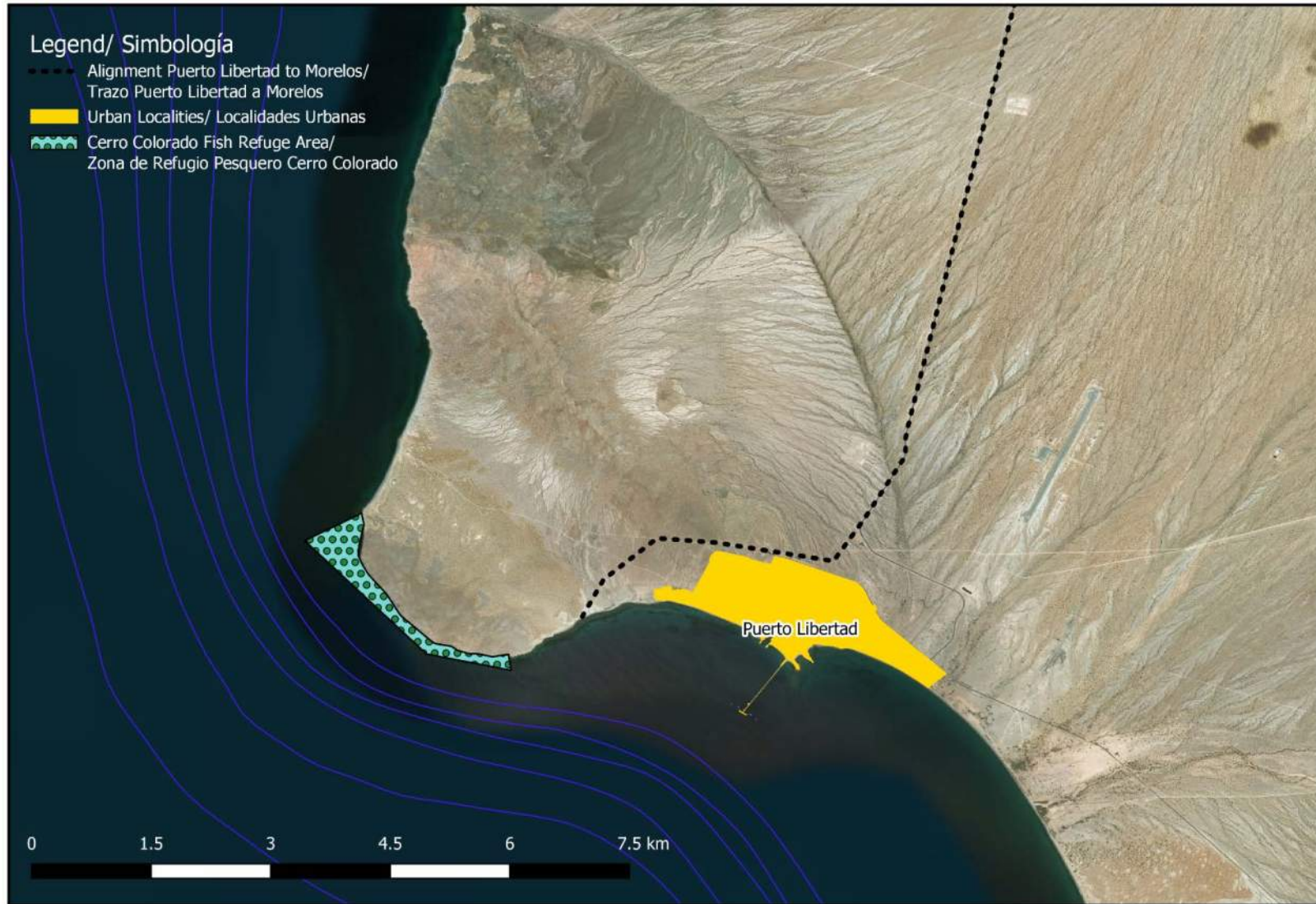
**Table/Tabla 37 Species registered by CONABIO near Opportunities 4 and 5  
 Especies registradas por CONABIO cerca del Oportunidades 4 y 5**

SPECIES ESPECIE	SITE DISTANCE DISTANCIA DEL SITIO	CATEGORY NOM-059 CATEGORÍA NOM-059	IUCN CATEGORY CATEGORÍA IUCN	ENDEMISM ENDENISMO	RESIDENCY RESIDENCIA
<b>Pump Station PS4 and Desalination Plant / Estación de Bombeo PS4 y Planta de Desalinización</b>					
Bighorn sheep Borrego cimarrón	~1.2 mi 2 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; minor concern Riesgo bajo; preocupación menor	No data Sin dato	No data Sin dato
Yellow-footed gull Gaviota Bajacaliforniana	~1.2 mi 2 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; minor concern Riesgo bajo; preocupación menor	Semiendemic Semiendémica	Resident Residente
Desert Banded Gecko Gecko Bandeado del Noroeste	~0.6 mi 1 km	Subject to special protection Sujeto a protección especial	Low risk; minor concern Riesgo bajo; preocupación menor	No data Sin dato	No data Sin dato
Desert tortoises Tortuga del desierto de Mojave	~1.2 mi 2 km	Near threatened Amenazada	Vulnerable	No data Sin dato	No data Sin dato

SPECIES ESPECIE	SITE DISTANCE DISTANCIA DEL SITIO	CATEGORY NOM-059 CATEGORÍA NOM-059	IUCN CATEGORY CATEGORÍA IUCN	ENDEMISM ENDENISMO	RESIDENCY RESIDENCIA
Coachwhip snakes Culebra Chirriónera Roja	~0.6 mi 1 km	Near threatened Amenazada	Low risk; minor concern Riesgo bajo; preocupación menor	No data Sin dato	No data Sin dato
Common side-blotched lizard Lagartija de Mancha Lateral Norteña	~2 mi 3 km	Near threatened Amenazada	Low risk; minor concern Riesgo bajo; preocupación menor	No data Sin dato	No data Sin dato

As shown on Figure 50, to the northwest of the town of Puerto Libertad is a fishing refuge area established by the Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food in 2017, known as "Cerro Bola". This area has been identified as having potential for shelter, growth, and feeding of species such as cabrillas, snappers, tripe, sea cucumber, mother pearl and black coral, and where it is expected to obtain an increase in biomass, animal sizes and biodiversity in general. In this area of 185 acres only sport-recreational fishing activities are carried out under the capture and release modality.

Como se muestra en la Figura 50, en dirección noroeste de la localidad de Puerto Libertad se encuentra una Zona de Refugio Pesquera establecida por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación en el 2017, conocida con el nombre de "Cerro Bola". Esta área se presenta un importante potencial productivo de resguardo, crecimiento y alimentación de especies como las cabrillas, pargos, callos, pepino de mar, madre perla y coral negro, y donde se espera obtener un incremento de la biomasa, las tallas de animales y biodiversidad en general. En esta área de 75 hectáreas se llevan a cabo únicamente actividades de pesca deportiva-recreativa bajo la modalidad de captura y liberación.



**Figure/Figura 50** Fishing Refuge Area "Cerro Bola" (SAGARPA, 2017)  
Zona de Refugio Pesquero "Cerro Bola" (SAGARPA, 2017)

### Potential Environmental Impacts

It is increasingly common to talk about the water-energy nexus and potential synergies due to the high energy requirements traditionally associated with the capture, treatment and distribution of water. In the case of Opportunity 4 attempted to utilize existing intake/outfall infrastructure at the thermoelectric plant as well as take advantage of its steam production to decrease the energy expenditure, compared to stand-alone desalination plants of multi-effects distillation.

The potential environmental impacts in the preparation and construction stages are similar to those of reverse osmosis desalination projects, which were described in detail for Opportunity 1. However, for Opportunity 4, the proposed facilities would be located within an existing industrial complex and therefore, the impacts would be potentially minor.

Regarding the impacts during the operation stages, the impact of the brine discharge is anticipated to be the same as described for Opportunity 1, with the exception of the temperature of the reject water, which is usually higher than for reverse osmosis. In addition, corrosion and scaling of oversaturated compounds such as calcium sulfate can occur due to the intense contact between the steam and the brine with the heat exchangers, and therefore, a greater use of chemicals may be necessary for cleaning and maintenance.

### Impactos Ambientales Potenciales

Es cada vez más común hablar sobre el nexo agua-energía y las posibles sinergias debido a los altos requerimientos de energía tradicionalmente asociados con la captura, el tratamiento y la distribución del agua. En el caso de Opportunity 4, se intentó utilizar la infraestructura existente de toma/descarga en la planta termoeléctrica, así como aprovechar su producción de vapor para disminuir el gasto de energía, en comparación con las plantas de desalinización independientes de destilación de efectos múltiples.

Los impactos ambientales potenciales en las etapas de preparación y construcción son similares a los de los proyectos de desalinización por ósmosis inversa, que se describieron en detalle para la Oportunidad 1. Sin embargo, para la Oportunidad 4, las instalaciones propuestas se ubicarían dentro de un complejo industrial existente y, por lo tanto, los impactos serían potencialmente menores.

Con respecto a los impactos durante las etapas de operación, se anticipa que el impacto de la descarga de salmuera será el mismo que el descrito para la Oportunidad 1, con la excepción de la temperatura del agua rechazada, que generalmente es más alta que para la ósmosis inversa. Además, la corrosión y la incrustación de compuestos sobresaturados, como el sulfato de calcio, pueden ocurrir debido al contacto intenso entre el vapor y la salmuera con los intercambiadores de calor. Por lo tanto, puede ser necesario un mayor uso de productos químicos para la limpieza y el mantenimiento.

## Socio-Economic Considerations

### Socio-Economic Aspects

Opportunity 4 is located in the coastal area of the municipality of Pitiquito, whose municipal seat is the City of Pitiquito, which is 140 miles northeast of the site. In 2010, it had 5,410 inhabitants, and this is where most of the goods and services in the region are concentrated.

The town of Puerto Libertad in its first census conducted in 1970 showed that there was only a total of 37 inhabitants. By the year 1980 the number of inhabitants had risen to 282 inhabitants while for the year 1990 it showed a total of 2,459 inhabitants. The population increase was primarily due to the investment made by Comisión Federal de Electricidad for the construction of the thermoelectric plant. However, during the periods 1990-2000, 2000-2005 and 2005-2010 there was a population change of -1.84%, 0.88% and 0.29%, respectively. According to the National Population Council, the projection of population towards the year 2030 is not very different from that of 2000-2010, presenting the same behavior of population decrease experienced by other localities of similar size in Mexico.

According to the 2010 Population Census, Puerto Libertad is the second town in the municipality with the highest number of indigenous people (9.0% of the indigenous population), followed by Desemboque de los Seris. The indigenous population located in Puerto Libertad as a whole, in addition to speaking some indigenous language, also speak Spanish.

## Consideraciones Socio-Económicas

### Aspectos Socio-Económicos

Oportunidad 4 se encuentra ubicado en la zona costa del municipio de Pitiquito, cuya cabecera municipal es la Ciudad de Pitiquito, que se encuentra a 225 km al Noreste del sitio y al 2010 contaba con 5,410 habitantes, siendo esta donde se concentra la mayoría de bienes y servicios de la región.

La ciudad de Puerto Libertad en su primer censo realizado en 1970 mostró que solo había un total de 37 habitantes. Para el año 1980, el número de habitantes había aumentado a 282 habitantes, mientras que para el año 1990 mostró un total de 2,459 habitantes. El aumento de la población se debió principalmente a la inversión realizada por la Comisión Federal de Electricidad para la construcción de la planta termoeléctrica. Sin embargo, durante los períodos 1990-2000, 2000-2005 y 2005-2010 hubo un cambio de la población de -1.84%, 0.88% y 0.29%, respectivamente. Según el Consejo Nacional de Población, la proyección de la población hacia el año 2030 no es muy diferente de la de 2000-2010, presentando el mismo comportamiento de disminución de la población experimentado por otras localidades de tamaño similar en México.

Según el Censo de población de 2010, Puerto Libertad es la segunda ciudad del municipio con el mayor número de indígenas (9.0% de la población indígena), seguido de Desemboque de los Seris. La población indígena ubicada en Puerto Libertad en su conjunto, además de hablar algún idioma indígena, también habla español.

### Indigenous Population and Archaeological Sites

Regarding archaeological sites, there are several sites in the area but none present a drawback for the opportunity according to the National Institute of Anthropology and History. To the southeast (3 miles) of the town of Puerto Libertad there are several camps, areas of concentration of artifacts and undefined settlements, while on the outskirts of the town to the west (2 miles), there is a seashell site, which are quite common along the coasts.

### Economic Activity

The power plant is a major employer in Puerto Libertad, as well as construction-related activities associated with the solar power plant located nearby. In addition, there's a strong fishing community located in Puerto Libertad. According to the 2010 Population Census, about 40% of the population of Puerto Libertad is able to work and 98% of that population are employed. Puerto Libertad presents opportunities and strengths in the diversification of sources of electricity generation such as natural gas, biofuel and solar irradiation. Agricultural and livestock activity in the town of Puerto Libertad is minimal due to the arid nature of the region.

Fishing is an important activity in the region, both for local consumption and for commercialization, in addition to sport fishing to a lesser extent. According to the 2017 National Fishing Charter, in the town of Puerto Libertad, the species that had the highest production were the cannonball jellyfish, the pink Chinese snail and the black Chinese snail, the Pacific shrimp, the Pacific crab, the giant squid, and the generous clam.

### Población Indígena y Sitios Arqueológicos

Con respecto a los sitios arqueológicos, hay varios sitios en el área, pero ninguno presenta un inconveniente para la oportunidad según el Instituto Nacional de Antropología e Historia. Al sureste (4 km) de la localidad de Puerto Libertad existen varios campamentos, zonas de concentración de artefactos y asentamientos indefinidos, mientras que a las afueras de la localidad, en dirección oeste (3 km), existe un conchero, los cuales son bastante comunes a lo largo de las costas.

### Actividad Económica

La planta de energía es un importante empleador en Puerto Libertad, así como las actividades relacionadas con la construcción asociadas con la planta de energía solar ubicada cerca. Además, hay una comunidad pesquera fuerte ubicada en Puerto Libertad. De acuerdo al Censo de población del 2010, cerca del 40% de la población de Puerto Libertad es económicamente activa y el 98% de esa población es ocupada, es decir, que cuentan con un empleo. Puerto Libertad presenta oportunidades y fortalezas en la diversificación de las fuentes de generación de energía eléctrica como el gas natural, el biocombustible y la irradiación solar. La actividad agrícola y ganadera en el pueblo de Puerto Libertad es mínima debido a la naturaleza árida de la región.

La pesca es una actividad importante en la región, tanto para el consumo local como para la comercialización, además de la pesca deportiva en menor medida. De acuerdo con la Carta Nacional de Pesca 2017, en la localidad de Puerto Libertad las especies que tuvieron una mayor producción fueron la medusa de bola de cañón, el caracol chino rosa y caracol chino negro, el camarón del pacífico, la jaiba del pacífico, el calamar gigante y la almeja generosa.



### Marginalization and Poverty

In the municipality of Pitiquito 4.2% of the population is in extreme poverty and approximately 31.0% in a situation of moderate poverty. The town of Puerto Libertad, being one of the towns with more than 100 inhabitants, has a low degree of marginalization and also a very low degree of social lag, that is, that there is little population without education and/or without some public service such as piped water (1.54%), sewerage (3.59%) or electricity (0.77%), according to the National Population Council 2015.

### Potential Socio-Economic Impacts

It can be assumed that the socio-economic impacts in the Puerto Libertad region will be similar to those for Opportunity 1.

### Constructability Considerations

Constructability considerations for Opportunity 4 will be addressed once the necessary technical information is provided.

### Cost

A capital cost estimate for Opportunity 4 was not compiled. Unfortunately, at the time of this report, fundamental process information about the power plant was not made available. Therefore, the thermal desalination facility could not be

### Marginación y Pobreza

En el municipio de Pitiquito, el 4.2% de la población se encuentra en extrema pobreza y aproximadamente el 31.0% en una situación de pobreza moderada. El pueblo de Puerto Libertad, siendo uno de los pueblos con más de 100 habitantes, tiene un bajo grado de marginación y también un muy bajo grado de retraso social, es decir, hay poca población sin educación y/o sin algún servicio público. como el agua entubada (1.54%), alcantarillado (3.59%) o electricidad (0.77%), según el Consejo Nacional de Población 2015.

### Potencial Impactos Socio-Económicos

Se puede suponer que los impactos socioeconómicos en la región de Puerto Libertad serán similares a los de la Oportunidad 1.

### Consideraciones de Construcción

Las consideraciones de constructibilidad para la Oportunidad 4 se abordarán una vez que se proporcione la información técnica necesaria.

### Costo

No se compiló una estimación del costo de capital para la Oportunidad 4. Desafortunadamente, en el momento de este informe, la información fundamental del proceso sobre la planta de energía no estaba disponible. Por lo tanto, la instalación de

conceptually designed. Once this technical information is provided an addendum will be added to this report accounting for the design and cost of the thermal desalination facility.

desalinización térmica no podría diseñarse conceptualmente. Una vez que se proporcione esta información técnica, se agregará un anexo a este informe que tendrá en cuenta el diseño y el costo de la instalación de desalinización térmica.

## Desalination Opportunity 5

Similar to Opportunity 4, Opportunity 5 is envisioned to be co-located with the existing thermal power station at Puerto Libertad. However, Opportunity 5 utilizes reverse osmosis desalination technology rather than thermal distillation of seawater from the Sea of Cortez. This desalination opportunity consists of an 92.7 mgd seawater reverse osmosis desalination plant. The treated water is delivered to Morelos Dam in Algodones, Baja California, via a buried conveyance pipeline. This opportunity seeks to take advantage of co-location with the existing gas-fired power plant (owned by Comisión Federal de Electricidad and capable of producing 632 MW of power) by potentially sharing intake/outfall structures and readily available electricity from the power plant.

It is envisioned that the end users of the water produced by Opportunity 5 will be Colorado River water users, located within Baja California and Sonora, Mexico, downstream of Morelos Dam. The treated water will have a maximum total dissolved solids concentration of 500 mg/L, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

As discussed in detail in the Marine Works section below, due to uncertainty about the capacity of the existing power plant cooling water system, as well as concerns about short-circuiting of the brine into the intake, the opportunity was revised to include construction of a new marine works (intake and outfall) just northwest of power plant.

Similar to Opportunity 1, the seawater intakes for Opportunity 5 are of the open water velocity cap type, located about 1,800 feet

## Oportunidad de Desalinización 5

Al igual que en la Oportunidad 4, se prevé que la Oportunidad 5 se coloque junto con la central térmica existente en Puerto Libertad. Sin embargo, la Oportunidad 5 utiliza la tecnología de desalinización por ósmosis inversa en lugar de la destilación térmica del agua de mar del Mar de Cortés. Esta oportunidad de desalinización consiste en una planta desalinizadora de ósmosis inversa de agua marina de 351 MLD. El agua tratada se entrega a la presa Morelos en Algodones, Baja California, a través de una tubería de conducción enterrada. Esta oportunidad busca aprovechar la ubicación conjunta con la central eléctrica de gas (propiedad de la Comisión Federal de Electricidad y capaz de producir 632 MW de energía) por potencialmente compartir estructuras de entrada/salida y electricidad fácilmente disponible de la planta de energía.

Se prevé que los usuarios finales del agua producida por la Oportunidad 5 serán los usuarios del agua del río Colorado, ubicados en Baja California y Sonora, México, aguas abajo de la Presa Morelos. El agua tratada tendrá una concentración máxima total de sólidos disueltos de 500 mg/L, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con agua nativa del Río Colorado.

Como se discutirá en detalle en la sección Obras Marinas a continuación, debido a la incertidumbre sobre la capacidad del sistema de agua de enfriamiento de la planta de energía existente, así como a las preocupaciones sobre el cortocircuito de la salmuera en la obra de toma, se revisó la oportunidad para incluir la construcción de nuevas obras marinas (toma y descarga) justo al noroeste de la central eléctrica.

offshore where water depth at lowest tide is about 43 feet. Brine disposal is via an outfall diffuser located about 3,400 feet offshore where water depth at lowest tide is about 75 feet.

Ideally, the proposed desalination plant would be located near to the power plant. However, directly adjacent to the power plant on the south are densely constructed residential homes, making it infeasible to site the desalination plant to the south of the power plant. Similarly, there is residential housing to the north of the power plant. In order to minimize intake and outfall pipeline lengths, the proposed desalination plant was sited north of the existing power plant.

Figure 51 show the approximate location of the facilities associated with Opportunity 5. Figure 51 also shows the land use surrounding the Opportunity 5 area.

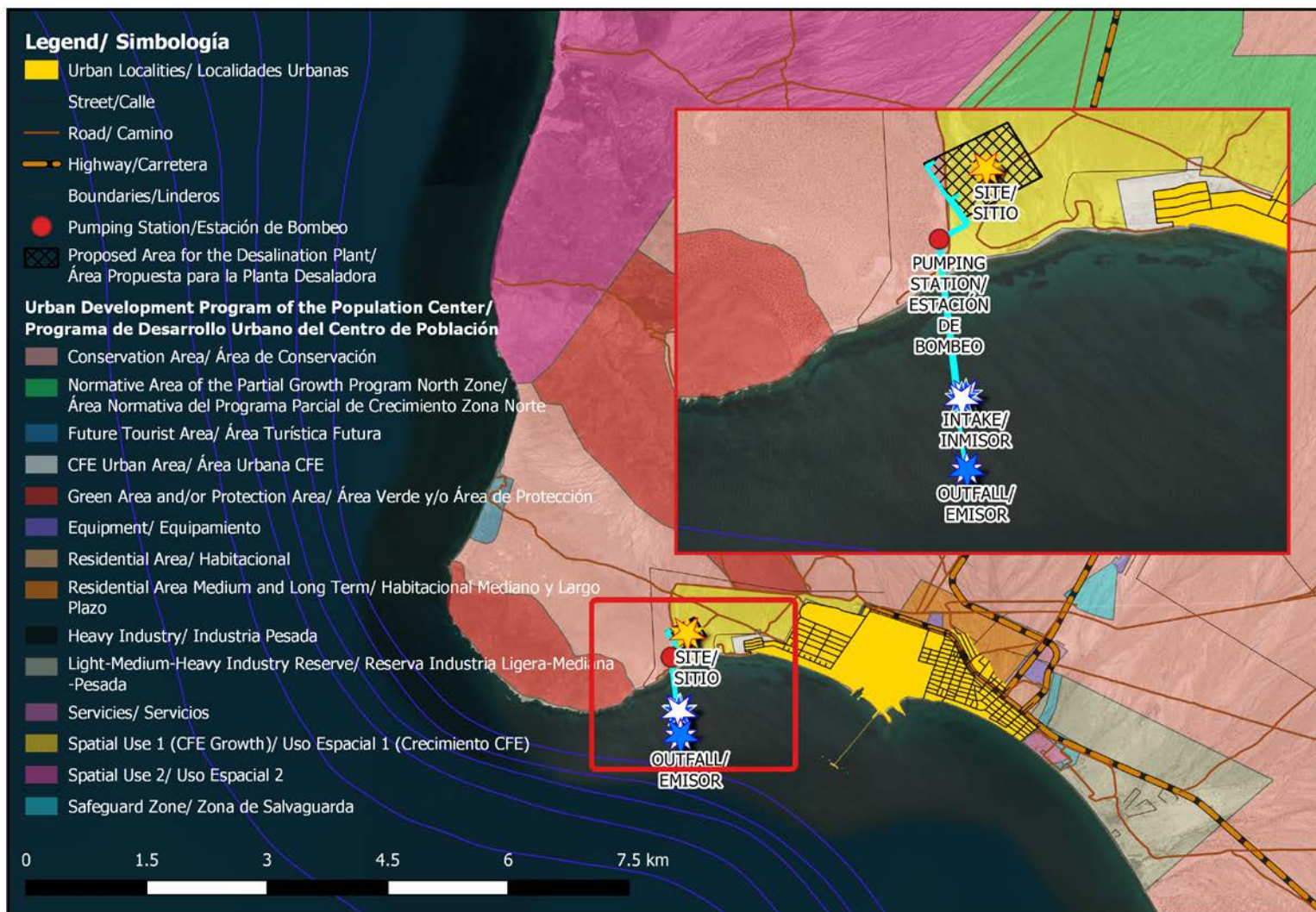
A site visit to Puerto Libertad was conducted in May 2019. Photos of the area are included (as part of Opportunity 4) in Figure 42.

Similar a la Oportunidad 1, las tomas de agua de mar para la Oportunidad 5 son del tipo de tapa de velocidad de agua abierta, ubicadas a unos 550 m de la costa donde la profundidad del agua en la marea más baja es de aproximadamente 13 m. La eliminación de salmuera se realiza a través de un difusor de emisor ubicado a unos 1,050 m en alta mar, donde la profundidad del agua en la marea más baja es de unos 23 m.

Idealmente, la planta de desalinización propuesta estaría ubicada cerca de la planta de energía. Sin embargo, directamente adyacentes a la planta de energía en el sur se encuentran casas residenciales densamente construidas, lo que hace que sea imposible ubicar la planta de desalinización al sur de la planta de energía. Del mismo modo, hay viviendas residenciales al norte de la central eléctrica. Con el fin de minimizar la longitud de la tubería de entrada y salida, la planta de desalinización propuesta se ubicó al norte de la planta de energía existente.

La Figura 51 muestra la ubicación aproximada de las instalaciones asociadas con la Oportunidad 5. La Figura 51 también muestra el uso del suelo que rodea el área de la Oportunidad 5.

En mayo de 2019 se realizó una visita a Puerto Libertad. Las fotos de la zona se incluyen (como parte de la Oportunidad 4) en Figura 42.



**Figure/Figura 51 Opportunity 5 – General location map (Urban Development Program of the Population Center of Puerto Libertad 2018)**  
**Oportunidad 5 - Mapa de ubicación general (Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Puerto Libertad 2018)**

## Land Use Considerations

Land use considerations for Opportunity 5 are the same as those described for Opportunity 4.

## Marine Works

Opportunity 5 was intended to be co-located with the existing thermal power station at Puerto Libertad, utilizing the existing intake and outfall structure as well as power generated at that plant for desalination of seawater by reverse osmosis from the Sea of Cortez.

No information about the existing thermal power station could be obtained from its owner or from other sources. However, examination of Google Earth imagery showed low depth of flow in the cooling water outlet channel while all four turbines appear to be operating. The imagery and posted photos indicate that the channel is about 50 ft wide at the water line. It has a trapezoidal section and is concrete lined. Flow depth in the channel is small (perhaps 1.5 ft) at the times of the imagery. Estimated discharge is between 175 and 350 ft<sup>3</sup>/s. This is considered insufficient for abstraction of water to feed a thermal distillation plant to produce 140 ft<sup>3</sup>/s of treated water. In addition, the cooling water discharges directly onto the beach in a cove where little local mixing may be expected. It is clear that blending such a low flow with desalination plant brine discharge would not meet to meet the 15% above ambient limit in the draft Mexican regulations at a distance of 330 ft from the channel outlet.

## Consideraciones de Uso de Suelo

Las consideraciones de uso del suelo para la Oportunidad 5 son las mismas que las descritas para la Oportunidad 4.

## Obras Marinas

La Oportunidad 5 tenía la intención de ubicarse junto con la central térmica existente en Puerto Libertad, utilizando la estructura de toma y descarga existente, así como la energía generada en esa planta para la desalinización del agua de mar por ósmosis inversa del Mar de Cortés.

No se pudo obtener información sobre la central térmica existente de su propietario o de otras fuentes. Sin embargo, el examen de las imágenes de Google Earth mostró una baja profundidad de flujo en el canal de salida de agua de enfriamiento mientras las cuatro turbinas parecen estar funcionando. Las imágenes y las fotos publicadas indican que el canal tiene unos 15 m de ancho en la línea de flotación. Tiene una sección trapezoidal y está forrada de hormigón. La profundidad del flujo en el canal es pequeña (quizás 0.5 m) en los momentos de las imágenes. La descarga estimada es de entre 5 y 10 m<sup>3</sup>/s. Esto se considera insuficiente para la extracción de agua para alimentar una planta de destilación térmica para producir 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua tratada. Además, el agua de enfriamiento se descarga directamente en la playa en una caleta donde se puede esperar poca mezcla local. Está claro que mezclar un flujo tan bajo con la descarga de salmuera de la planta de desalinización no alcanzaría el 15% por encima del límite ambiental establecido en el borrador de las norma mexicana a una distancia de 100 m de la salida del canal.

Taking water from the cooling water intake channel was considered as an alternative but, due to the relatively large flow required, it was considered that this would not be acceptable to the power plant owner since the abstraction pumps and other infrastructure would reduce residual flow and water levels. Consequently, it was decided that independent intake and outfall facilities were necessary. Velocity cap intakes were selected for the same reasons as set out for Opportunity 1. Brine management is via ocean discharge and dispersion.

Figure 52 shows a plan view of the key elements of the marine works for Opportunity 5 in relation to the site selected for the reverse osmosis desalination plant. The proposed marine works for Opportunity 5 are located inside the limits of the Marine Priority area but are well south of the proposed Biological Fisheries Corridor along the Sonora coast of the northern Sea of Cortez.

Tomar agua del canal de entrada de agua de enfriamiento se consideró como una alternativa pero, debido al flujo relativamente grande requerido, se consideró que esto no sería aceptable para el propietario de la central eléctrica ya que las bombas de extracción y otra infraestructura reducirían los niveles del flujo residual y el agua. En consecuencia, se decidió que las instalaciones independientes de entrada y salida eran necesarias. Las tomas de velocidad máxima se seleccionaron por los mismos motivos establecidos en la Oportunidad 1. La gestión de la salmuera se realiza a través de la descarga y dispersión del océano.

La Figura 52 muestra una vista en planta de los elementos clave de las obras marinas para la Oportunidad 5 en relación con el sitio seleccionado para la planta de desalinización por ósmosis inversa. Los obras marinas para la Oportunidad 5 se encuentran dentro de los límites del área de Prioridad Marina, pero están bien al sur del Corredor de Pesca Biológica propuesto a lo largo de la costa de Sonora del Mar de Cortés.



**Figure/Figura 52**      **Opportunity 5 – Marine works plan**  
**Opportunida 5 – Plan de obras marinas**



The key elements of the intake and outfall systems for Opportunity 5 are the same as for Opportunity 4, as shown on Figure 46 and listed in Tables 35 and 36, respectively.

As demonstrated in the brine dispersion modeling technical memorandum (TM4), discharge of the brine for Opportunity 5 produces a salinity of less than 15% above natural local sea salinity at a distance of 330 feet from the outfall, and therefore, the salinity limit set in the draft Mexican regulations will be met. Determination of any increase in salinity at the intakes cannot be determined without 3D modeling, preferably using a time history (historical or simulated) of the variables that may be expected over one winter month and one summer month; having underlying winter and summer currents in different directions.

### Desalination Facilities

The following conceptual design describes the recommended treatment components for a reverse osmosis desalination plant co-located with the existing power plant as well as the expected performance and costs of operation. Reverse osmosis plants that are co-located with power plants typically utilize the power plant cooling water discharge as the plant intake; however, due to concerns regarding the flow available from the existing facilities, independent marine works were developed. Therefore, the water quality used to design the desalination plant is considered identical to the average concentrations for the region as previously described in detail for Opportunity 1. In general, there

Los elementos clave de los sistemas de la toma y descarga para la Oportunidad 5 son los mismos que para la Oportunidad 4, como se muestra en la Figura 46 y las Tablas 35 y 36, respectivamente.

Como se demostró en el memorando técnico de modelado de dispersión de salmuera (TM4), la descarga de la salmuera para la Oportunidad 5 produce una salinidad de menos del 15% por encima de la salinidad natural del mar local a una distancia de 330 pies del emisor y, por lo tanto, el límite de salinidad establecido en el proyecto se cumplirán la norma mexicana. La determinación de cualquier aumento en la salinidad en las ingestas no se puede determinar sin el modelado 3D, preferiblemente usando un historial de tiempo (histórico o simulado) de las variables que pueden extirparse durante un mes de invierno y un mes de verano; teniendo corrientes subyacentes de Invierno y verano en diferentes direcciones.

### Instalaciones de Desalinización

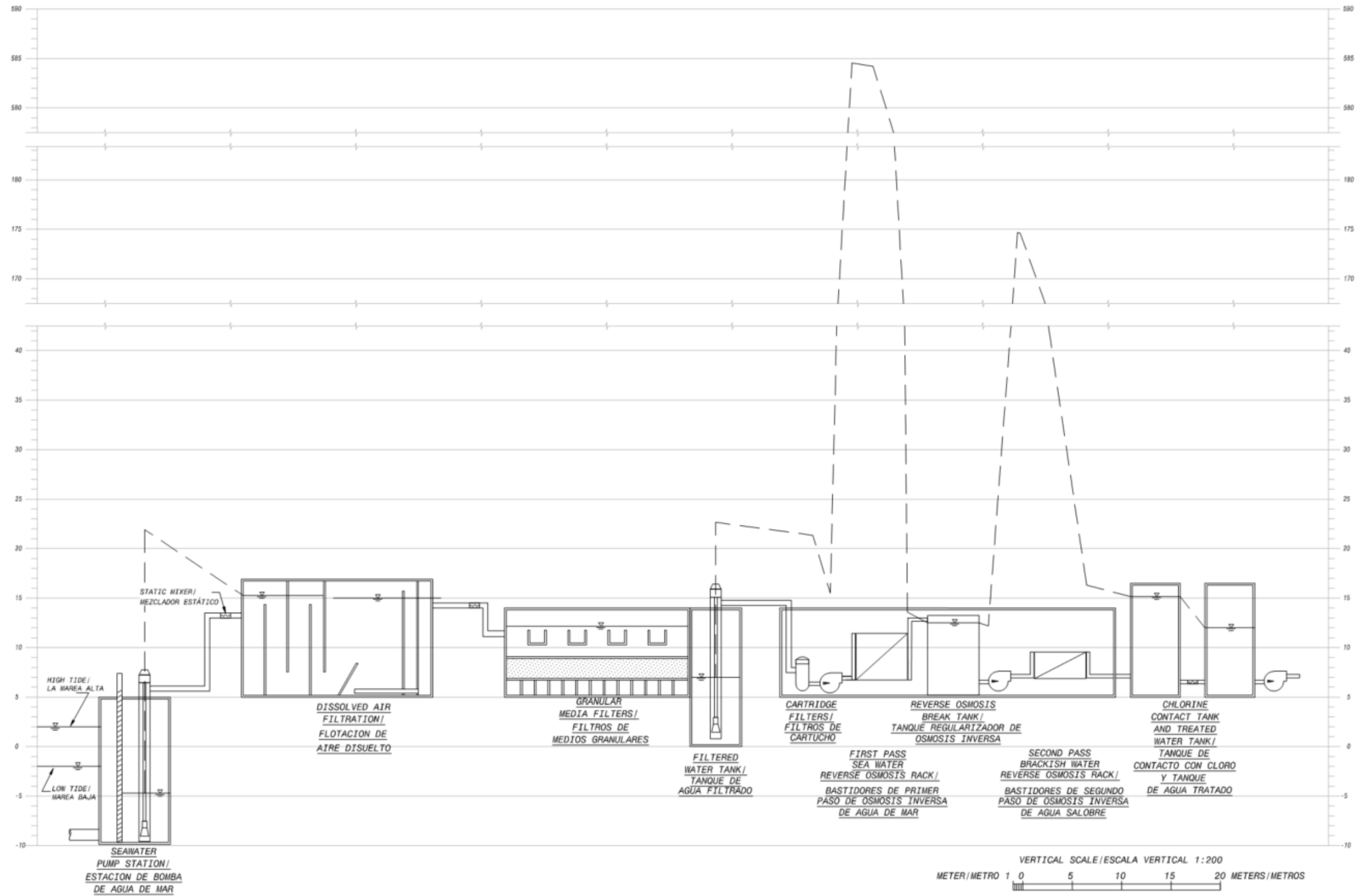
El siguiente diseño conceptual describe los componentes de tratamiento recomendados para una planta de desalinización por ósmosis inversa ubicada junto a la planta de energía existente, así como el rendimiento esperado y los costos de operación. Las plantas de ósmosis inversa que se ubican conjuntamente con las plantas de energía generalmente utilizan la descarga de agua de enfriamiento de la planta de energía como la entrada de la planta; sin embargo, debido a las preocupaciones con respecto al flujo disponible de las instalaciones existentes, se desarrollaron obras marinas independientes. Por lo tanto, la calidad del agua utilizada para diseñar la planta de desalinización se considera idéntica a las

are no significant differences in the conceptual design and operation of the reverse osmosis desalination plants at Opportunity 5 and Opportunity 1.

The plant layout and process schematic for Opportunity 5 are considered identical to Opportunity 1. However, there is a slight difference in the hydraulic profiles between Opportunities 1 and 5 due to the difference in intake depth between the two facilities. However, once pressure is broken to atmosphere in the dissolved air flotation inlet chamber, the profiles become identical for the remainder of the process equipment between Opportunity 1 and Opportunity 5. Figure 53 shows the hydraulic profile for Opportunity 5.

concentraciones promedio para la región como se describió en detalle para la Oportunidad 1. En general, no hay diferencias significativas en el diseño conceptual y el funcionamiento de las plantas de desalinización de ósmosis inversa de 409 MLD en la Oportunidad 5 y la Oportunidad 1.

El diseño de la planta y el esquema del proceso para la Oportunidad 5 se consideran idénticos a la Oportunidad 1. Sin embargo, existe una ligera diferencia en los perfiles hidráulicos entre las Oportunidades 1 y 5 debido a la diferencia en la profundidad de admisión entre las dos instalaciones. Sin embargo, una vez que se rompe la presión a la atmósfera en la cámara de entrada de flotación de aire disuelto, los perfiles se vuelven idénticos para el resto del equipo de proceso entre la Oportunidad 1 y la Oportunidad 5. La Figura 53 muestra el perfil hidráulico para la Oportunidad 5.



Figure/Figura 53 Opportunity 5 – Desalination treatment plant hydraulic profile  
 Oportunidad 5 – Perfil hidráulico planta de desalinización de tratamiento

### Conveyance of Treated Water

The proposed conveyance alignment for Opportunity 5 is the same as Opportunity 4 as they both start at the desalination plant near Puerto Libertad and end at Morelos Dam with additional flow added at Jagüey.

### Power Availability

The load centers for Opportunity 5 include the reverse osmosis desalination plant and 4 pumping stations to convey treated water to Morelos Dam. Table 38 shows the installed capacities and the demand for each of the load centers.

### Conducción de Agua Tratada

La alineación de conducción propuesta para la Oportunidad 5 es la misma que la Oportunidad 4, ya que ambas comienzan en la planta de desalinización cerca de Puerto Libertad y terminan en la Presa Morelos con un flujo adicional agregado en Jagüey.

### Disponibilidad de Energía

Los centros de carga para la Oportunidad 5 incluyen la planta desaladora de ósmosis inversa y 4 estaciones de bombeo para transportar el agua tratada a la presa Morelos. La Tabla 38 se indican las capacidades instaladas y la demanda por cada uno de los centros de carga.

**Table/Tabla 38**      **Opportunity 5 – Electric power demand**  
**Opportunidad 5 – Demanda de energía eléctrica**

EQUIPMENT EQUIPO	CONNECTION POWER POTENCIA DE CONEXIÓN	DEMAND DEMANDA
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	-	52 MW
Pump Station PS4 Estación de Bombeo PS4	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS3 Estación de Bombeo PS3	13,000 kW	10,000 kW
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	22,000 kW	19,000 kW

EQUIPMENT EQUIPO	CONNECTION POWER POTENCIA DE CONEXIÓN	DEMAND DEMANDA
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	12,000 kW	9,000 kW

There are two 230 kV/ 3 phases/ 60 Hz transmission lines on steel towers near the proposed location of the Opportunity 5 desalination plant and pump station PS4. One line connects Hermosillo with the thermoelectric plant in Puerto Libertad and the other connects the Seis de Abril Substation with the thermoelectric plant in Puerto Libertad. Two transmission lines go out from the substation; one 115 kV/ 3 phases/ 60 Hz to Puerto Peñasco, and a second 230 kV/ 3 phase/ 60 Hz to the west, supplying localities such as Heroica Caborca, Pitiquito and Altar. Pump station PS2 is 30 miles from Seis de Abril Substation.

Pump station PS1 is located to the west of Gulf of Santa Clara where there are no 115 kV or 230 kV transmission lines nearby, the closest being the Puerto Peñasco transmission line 78 miles away.

The power supply approach for Opportunity 5 contemplates interconnecting at 3 different points of the National Transmission Network. The first is a connection with a 230 kV transmission line 1.3 miles east of Puerto Libertad, where the construction of the Main Substation 3 is planned. The second is a connection to 115 kV transmission line 15 miles north of pump station PS2, and the third is a connection to a 230 kV transmission line 78 miles south in Puerto Peñasco. The proposed design includes two feeders per connection for redundancy. This requires the

Hay dos líneas de transmisión de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz en torres de acero cerca de la ubicación propuesta de la planta desaladora Opportunity 5 y la estación de bombeo PS4. Una línea conecta Hermosillo con la planta termoeléctrica en Puerto Libertad y la otra conecta la Subestación Seis de Abril con la planta termoeléctrica en Puerto Libertad. Dos líneas de transmisión salen de la subestación; una de 115 kV/ 3 fases/ 60 Hz a Puerto Peñasco, y una segunda fase de 230 kV/ 3 fases/ 60 Hz al oeste, que abastece a localidades como Heroica Caborca, Pitiquito y Altar. La estación de bombeo PS2 está a 48 km de la subestación Seis de Abril.

La estación de bombeo PS1 se encuentra al oeste del Golfo de Santa Clara, donde no hay líneas de transmisión de 115 kV o 230 kV cerca, la más cercana es la línea de transmisión de Puerto Peñasco a 125 km de distancia.

El planteamiento de solución eléctrica de la Oportunidad 5 contempla interconectarse en 3 puntos distintos de la Red Nacional de Transmisión. La primera es una conexión con una línea de transmisión de 230 kV a 2km al este Puerto Libertad, donde se plantea la construcción de la Subestación Principal 3. La segunda es conectarse a una línea de transmisión de 115 kV a 24 km al norte de la estación de bombeo PS2, y la tercera es conectarse a una línea de transmisión de 230 kV a 125 km al sur en Puerto Peñasco. El diseño propuesto incluye dos alimentadores por conexión para redundancia.

construction of 8 substations: three main substations that reduce the voltage level of the transmission lines and five substations to reduce the voltage level to that required by the pumping station and the desalination plant equipment, as described below and shown on Figure 54:

- Main Substation 1 (S-PWR-1): This substation is located near the pump station PS1 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 2 (S-PWR-2): This substation will be located near pump station PS2 and will reduce the 115 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Main Substation 3 (S-PWR-3): This substation will be located near the desalination plant and will reduce the 230 kV voltage level coming from the Comisión Federal de Electricidad transmission line to 34.5 kV.
- Desalination Plant Substation (S-BDP): This substation will be located within the desalination plant site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 3 to 4.16 kV.
- Substation 1 (S-1): This substation will be located within the pump station PS1 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from Main Substation 1 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 2 (S-2): This substation will be located within the pump station PS2 site and will reduce the voltage

Esto requiere la construcción de 8 subestaciones: tres subestaciones principales que reducen el nivel de voltaje de las líneas de transmisión y cinco subestaciones para reducir el nivel de voltaje al requerido por la estación de bombeo y el equipo de la planta de desalinización, como se describe a continuación y como se muestra en la Figura 54:

- Subestación Principal (S-PWR-1): Esta subestación se localizará cerca de la estación de bombeo PS1 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación Principal 2 (S-PWR-2): Esta subestación se localizará cerca de la estación de bombeo PS2 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 115 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación Principal 3 (S-PWR-3): Esta subestación se localizará cerca de la planta de desalinizadora y estación de bombeo PS4 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 230 kV proveniente de la línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad a 34.5 kV.
- Subestación Planta Desalinizadora (S-BDP): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la planta de desalinizadora y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrarla de energía.
- Subestación 1 (S-1): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la estación de bombeo PS1 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente

level of 34.5 kV from the Main Substation 2 to 4.16 kV to supply the required energy.

- Substation 3 (S-3): This substation will be located within the pump station PS3 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from the Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.
- Substation 4 (S-4): This substation will be located within the pump station PS4 site and will reduce the voltage level of 34.5 kV from the Main Substation 3 to 4.16 kV to supply the required energy.

de la Subestación Principal 1 a 4.16 kV para suministrarla de energía.

- Subestación 2 (S-2): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la estación de bombeo PS2 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 2 a 4.16 kV para suministrarla de energía.
- Subestación 3 (S-3): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la estación de bombeo PS3 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrarla de energía.
- Subestación 4 (S-4): Esta subestación se localizará dentro de la instalación de la estación de bombeo PS4 y tendrá la función de reducir el nivel de tensión de 34.5 kV proveniente de la Subestación Principal 3 a 4.16 kV para suministrarla de energía.



**Figure/Figura 54**      **Opportunity 5 – Proposed electrical power design**  
**Oportunidad 5 – Diseño de energía eléctrica propuesto**



Table 39 lists the technical data for the substations. The electrical approach is based on vector information from the National Institute of Statistics and Geography 2010 and the Uniform Diagrams of the National Electrical System 2018 - 2023. The proposed solution is expected to undergo changes in the design stage once reviewed by the National Center for Energy Control, who determines the precise location of the connection point with the National Transmission Network.

La Tabla 39 enumera los datos técnicos de las subestaciones. El enfoque eléctrico se basa en información vectorial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010 y en los Diagramas Uniformes del Sistema Eléctrico Nacional 2018-2023. Se espera que la solución propuesta experimente cambios en la etapa de diseño una vez revisada por el Centro Nacional de Energía Control, quien determina la ubicación precisa del punto de conexión con la Red Nacional de Transmisión.

**Table/Tabla 39**      **Opportunity 5 – Technical data for each proposed substation**  
**Opportunida 5 – Datos técnicos de cada subestación propuesta**

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN		VOLTAGE/ VOLTAJE	
			CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO	
Desalination Plant Planta de Desalinizadora	28.9 MW	2	90 MVA	230 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV	
		4	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV	
		4	5 MVA	4.16 kV	0.48 kV	
Pump Station PS4 Estación de Bombeo PS4	13 MW	2	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV	
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV	
Pump Station PS3 Estación de Bombeo PS3	13 MW	2	15 MVA	34.5 kV	4.16 kV	
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV	
Pump Station PS2 Estación de Bombeo PS2	22 MW	2	25 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV	
		2	25 MVA	34.5 kV	4.16 kV	
		2	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV	

SITE SITIO	LOAD CARGA	NUMBER OF TRANSFORMERS CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	SUBSTATION/ SUBESTACIÓN CAPACITY PER TRANSFORMER CAPACIDAD POR TRANSFORMADOR	VOLTAGE/ VOLTAJE	
				PRIMARY PRIMARIO	SECONDARY SECUNDARIO
Pump Station PS1 Estación de Bombeo PS1	12 MW	2	12 MVA	115 kV <sup>(1)</sup>	34.5 kV
		2	12 MVA	34.5 kV	4.16 kV
		1	1 MVA	4.16 kV	0.48 kV

(1) Primary voltage 230 and 115 kV came from National Transmission Network Electrical Service RNT.  
 El voltaje primario 230kV y 115 kV viene del Servicio Eléctrico de la Red Nacional de Transmisión RNT.

As discussed for Opportunity 1, the potential use of alternative energy sources should be explored as part of subsequent phases of this project.

Como se discutió para la Oportunidad 1, el uso potencial de fuentes de energía alternativas debe explorarse como parte de las fases posteriores de este proyecto.

### Permitting and Regulatory Considerations

The regulatory considerations and permits for Opportunity 5 are the same as those for Opportunity 1, since they are within the same state and country. The municipal permits are the same but would be applied for/granted in the municipality of Pitiquito.

### Consideraciones de Permisos y Regulaciones

Las consideraciones y permisos reglamentarios para la Oportunidad 5 son los mismos que para la Oportunidad 1, ya que se encuentran dentro del mismo estado y país. Los permisos municipales son los mismos pero serían solicitados/otorgados en el municipio de Pitiquito.

### Environmental Considerations

Since the sites proposed for Opportunity 5 are nearly identical to those for Opportunity 4, the environmental considerations and potential environmental impacts are the same as well.

### Consideraciones Ambientales

Dado que los sitios propuestos para la Oportunidad 5 son casi idénticos a los de la Oportunidad 4, las consideraciones ambientales y los posibles impactos ambientales también son los mismos.

## Socio-Economic Considerations

Since the sites proposed for Opportunity 5 are nearly identical to those for Opportunity 4, the socio-economic considerations and potential socio-economic impacts are the same as well.

## Constructability Considerations

As discussed for Opportunity 1, the overall methods for installation are based on similar construction methodologies for Desalination Plants in North and South America.

The marine works scope is expected to be performed by an international contractor/consortium and will therefore not be impacted by local labor. The desalination plant is situated approximately 150 miles from Hermosillo. Hermosillo is the most likely location where craft labor would be sourced. However, specialized welders for the plant piping may be required to travel from the more industrial locations of Mexico.

The desalination plant is located approximately 205 miles from Guaymas, which is the closest major port for offloading globally supplied materials. It is assumed that the conveyance system and high voltage system can be constructed by a Mexican contractor.

Opportunity 5 is unique in that the plant location is in close proximity to the Puerto Libertad Power Station. This power station could allow the project to be on permanent power faster than the other opportunities.

## Consideraciones Socio-Económicas

Dado que los sitios propuestos para la Oportunidad 5 son casi idénticos a los de la Oportunidad 4, las consideraciones socioeconómicas y los posibles impactos socioeconómicos también son los mismos.

## Consideraciones de Construcción

Como se discutió para la Oportunidad 1, los métodos generales para la instalación se basan en metodologías de construcción similares para plantas de desalinización en América del Norte y del Sur.

Se espera que el alcance de las obras marinas sea realizado por un contratista/consorcio internacional y, por lo tanto, no se verá afectado por la mano de obra local. La planta de desalinización se encuentra aproximadamente a 250 km de Hermosillo. Hermosillo es el lugar más probable donde se obtendría el trabajo especializado. Sin embargo, los soldadores especializados para la tubería de la planta pueden verse obligados a viajar desde las ubicaciones más industriales de México.

La planta de desalinización se encuentra aproximadamente a 340 km de Guaymas, que es el puerto principal más cercano para descargar materiales suministrados a nivel mundial. Se supone que el sistema de conducción y el sistema de alta tensión pueden ser construidos por un contratista mexicano.

La Oportunidad 5 es única porque la ubicación de la planta está muy cerca de la central eléctrica de Puerto Libertad. Esta estación de

energía podría permitir que el proyecto esté en energía permanente más rápido que las otras oportunidades.

## Cost

This section provides the cost estimate for Opportunity 5 of the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez. The estimate was prepared using the same method described for Opportunity 1.

Table 40 summarizes the Class 4 capital cost estimate developed for Opportunity 5, presented in both US Dollars and Mexican Pesos. An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) based on Black & Veatch’s Corporate Foreign Exchange Rates for the month of July 2019. Costs were broken down by the major areas associated with the opportunity.

## Costo

Esta sección proporciona el costo estimado para la Oportunidad 5 del Estudio Binacional de Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés. La estimación se preparó utilizando el mismo método descrito para la Oportunidad 1.

La Tabla 40 resume la estimación del costo de capital Clase 4 desarrollada para la Oportunidad 5, presentada tanto en dólares estadounidenses como en pesos mexicanos. Una tasa de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar estadounidense (USD) basada en las tasas de cambio corporativas de Black & Veatch para el mes de julio de 2019. Los costos se desglosaron por las principales áreas asociadas con la oportunidad.

**Table/Tabla 40**      **Opportunity 5 – Capital cost summary**  
**Opportunidad 5 – Resumen del capital de costo**

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>1</sup>
Marine Works / Obras Marinas	-	751,745	\$86,991,223	\$1,671,623,341
Desalination Plant / Planta de Desalinizadora	-	4,492,629	\$445,986,490	\$8,570,076,392
Conveyance System – Pipeline / Sistema de Conducción - Tubería	-	10,242,893	\$966,307,587	\$18,568,566,592
Conveyance System – Pump Station / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo	-	3,189,181	\$316,212,472	\$6,076,338,862

DESCRIPTION DESCRIPCIÓN	FACTOR	MANHOURS HORAS HOMBRE	COST COSTO	
			(USD)	(MXN) <sup>1</sup>
High Voltage System - Treatment / Sistema de Alta Tensión - Tratamiento	-	328,195	\$21,746,288	\$417,876,670
High Voltage System - Conveyance / Sistema de Alta Tensión - Conducción	-	1,272,755	\$84,333,166	\$1,620,546,118
<b>Direct Cost – Subtotal / Costo Directo – Subtotal</b>	-	<b>20,277,398</b>	<b>\$1,921,577,226</b>	<b>\$36,925,027,975</b>
Marine Works Indirects / Obras Marinas Indirectos	30%	-	\$26,058,221	\$500,734,772
Desalination Plant Indirects / Planta de Desalinizadora Indirectos	54%	-	\$238,602,772	\$4,584,990,870
Conveyance System – Pipeline Indirects / Sistema de Conducción – Tubería Indirectos	25%	-	\$241,576,897	\$4,642,141,648
Conveyance System – Pump Station Indirects / Sistema de Conducción – Estación de Bombeo Indirectos	54%	-	\$169,173,673	\$3,250,841,291
High Voltage System Indirects - Treatment / Sistema de Alta Tensión – Tratamiento Indirectos	54%	-	\$11,634,264	\$223,564,017
High Voltage System Indirecto - Conveyance / Sistema de Alta Tensión – Conducción Indirectos	54%	-	\$45,118,244	\$866,992,177
Owners Cost / Costo de los Propietarios	-	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
<b>Indirect Cost Subtotal / Costo Indirecto Subtotal</b>	-	-	<b>\$732,164,071</b>	<b>\$14,069,264,775</b>
<b>Direct + Indirect / Directo + Indirecto</b>	-	-	<b>\$2,653,741,297</b>	<b>\$50,994,292,750</b>
Escalation / Escalamiento	Excluded / Excluido	-	Excluded / Excluido	Excluded / Excluido
Contingency / Contingencia	20%	-	\$530,748,259	\$10,198,858,550
<b>Total Cost / Costo Total</b>	-	-	<b>\$3,184,489,556</b>	<b>\$61,193,151,300</b>

<sup>1</sup>An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate. / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

Similar to Opportunity 1, operating costs for Opportunity 5 were determined for the desalination plant based on the cost of energy, consumables, labor, maintenance, and contingency. As mentioned earlier, identical water quality and performance conditions between Opportunities 1 and 5 resulted in similar operational and maintenance costs, as shown in Table 41. The major difference is the amount of energy needed to convey the treated water from Puerto Libertad. Specifically, conveyance costs are more substantial for Opportunity 5 based on the greater lengths required to reach Morelos Dam with treated water pump stations accounting for 35% of the overall operating cost and 48% of the energy.

Table 41 summarizes the total estimated operational and maintenance costs as broken down by the contributions from the desalination facilities and conveyance components.

Similar a la Oportunidad 1, los costos operativos para la Oportunidad 5 se determinaron para la planta de desalinización en función del costo de energía, consumibles, mano de obra, mantenimiento y contingencia. Como se mencionó anteriormente, la calidad del agua y las condiciones de rendimiento son idénticas entre las Oportunidades 1 y 5 resultaron en costos operativos y de mantenimiento similares, como se muestra en la Tabla 41. La principal diferencia es la cantidad de energía necesaria para transportar el agua tratada desde Puerto Libertad. Específicamente, los costos de conducción son más importantes para la Oportunidad 5 en función de las mayores longitudes requeridas para llegar a la Presa Morelos con estaciones de bombeo de agua tratada que representan el 35% del costo operativo total y el 48% de la energía.

La Tabla 41 resumen los costos operativos y de mantenimiento estimados totales por las contribuciones de las instalaciones de desalinización y los componentes de conducción.

**Table/Tabla 41 Opportunity 5 – Total operational and maintenance costs**  
**Oportunidad 5 – Costos totales de operación y mantenimiento**

ANNUAL OPERATING COST ITEM TEMA DE COSTO OPERATIVO ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)
Desalination plant energy (including intake pumps) <sup>1</sup> Energía de la planta de desalinización (incluyendo bombas de la toma de agua) <sup>1</sup>	\$44,159,000 (\$848,559,000)	\$0.36 (\$6.89)	\$1.36 (\$26.07)
Treated water conveyance energy <sup>2</sup> Energía de conducción de agua tratada <sup>2</sup>	\$42,048,000 (\$807,994,000)	\$0.17 (\$3.28)	\$0.65 (\$12.41)

ANNUAL OPERATING COST ITEM TEMA DE COSTO OPERATIVO ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)
Chemical costs Costos de químicos	\$18,130,000 (\$348,386,000)	\$0.15 (\$2.83)	\$0.56 (\$10.70)
Process consumables <sup>3</sup> Consumibles del proceso <sup>3</sup>	\$4,100,000 (\$78,786,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.13 (\$2.42)
Spare parts Partes para respuestos	\$3,423,000 (\$65,776,000)	\$0.03 (\$0.58)	\$0.11 (\$2.11)
Labor cost Costo de mano de obra	\$1,282,000 (\$24,631,000)	\$0.01 (\$0.20)	\$0.04 (\$0.76)
Maintenance cost Costo de mantenimiento	\$5,306,000 (\$101,960,000)	\$0.04 (\$0.77)	\$0.16 (\$3.07)
Miscellaneous Misceláneos	\$350,000 (\$6,726,000)	\$0.003 (\$0.05)	\$0.01 (\$0.21)
Contingency Contingencia	\$505,000 (\$9,704,000)	\$0.004 (\$0.08)	\$0.02 (\$0.30)
<b>TOTAL</b>	<b>\$119,303,000</b> <b>(\$2,292,522,000)</b>	<b>\$0.80</b> <b>(\$15.26)</b>	<b>\$3.04</b> <b>(\$58.05)</b>

ANNUAL OPERATING COST ITEM TEMA DE COSTO OPERATIVO ANUAL	TOTAL ANNUAL COST COSTO ANUAL TOTAL USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER CUBIC METER COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)	COST PER THOUSAND GALLONS COSTO POR METRO CÚBICO USD/YEAR (MXN/AÑO)
<p><sup>1</sup>Based on average electricity cost of \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) and reverse osmosis treatment of 92.7 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y tratamiento de ósmosis inversa de 351 MLD</p> <p><sup>2</sup>Based on average electricity cost of \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) and conveyance flow of 185 mgd / Basado en el costo promedio de la electricidad de \$0.10 USD/kWh (\$1.92 MXN/kWh) y flujo de conducción de 702 MLD</p> <p><sup>3</sup>Based on the following unit costs: /Basado en los siguientes costos unitarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>n. \$600 USD per seawater reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua de mar</li> <li>o. \$600 USD per brackish water reverse osmosis membrane element / \$11,529.60 MXN por elemento de membrana de ósmosis inversa de agua salobre</li> <li>p. \$1.70 USD per gallon anthracite media / \$32.67 MXN por galón de medios de antracita</li> <li>q. \$1.33 USD per gallon sand media / \$25.56 MXN por galón de medios de arena</li> <li>a. \$12 USD per cartridge filter / \$230.59 MXN por filtro de cartucho</li> </ul>			

## Conclusions

As discussed at the beginning of this technical memorandum, all of the potential opportunities were developed based on a desalination plant capacity size of 100,000 AFY. However, the maximum size of any opportunity (or combination of opportunities) is 200,000 AFY. As such, conveyance facilities for treated water were sized as appropriate to deliver 200,000 AFY. Life cycle unit costs were not developed for the individual opportunities due to the difference in capacities between the desalination and treated water conveyance facilities. Therefore, opportunities were combined in order to present life cycle unit costs based on an overall exchange opportunity of 200,000 AFY. Three combinations of opportunities could result in an overall exchange opportunity of 200,000 AFY. These combinations consist of two 100,000 AFY desalination facilities and a shared

## Conclusiones

Como se discutió al comienzo de este memorándum técnico, todas las oportunidades potenciales se desarrollaron en base a un tamaño de capacidad de planta de desalinización de 3.9 m<sup>3</sup>/s. Sin embargo, el tamaño máximo de cualquier oportunidad (o combinación de oportunidades) será de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Como tal, las instalaciones de conducción de agua tratada se dimensionaron para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s. Los costos unitarios del ciclo de vida no se desarrollaron para las oportunidades individuales debido a la diferencia de capacidades entre las instalaciones de desalinización y de conducción de agua tratada. Por lo tanto, las oportunidades se combinaron para presentar los costos unitarios del ciclo de vida basados en una oportunidad de intercambio general de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Tres combinaciones de oportunidades podrían dar como resultado una oportunidad de intercambio general de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Estas combinaciones consisten en



treated transmission system to deliver treated water to Morelos Dam for exchange. Starting from the southern most opportunity, these combinations include:

- Opportunity 2 (Pitiquito) and Opportunity 5 (Puerto Libertad reverse osmosis)
- Opportunity 2 (Pitiquito) and Opportunity 1 (Jagüey)
- Opportunity 5 (Puerto Libertad reverse osmosis) and Opportunity 1 (Jagüey)

A net present value analysis was performed to determine the unit cost of each combination. The analysis assumed a nominal interest rate of 5%, an inflation rate of 3%, a real interest rate of 1.9%, and 30 years for both the amortization and life cycle periods. The results of this analysis are shown in Table 42.

As discussed previously, these opportunities have not been evaluated comparatively. This will be completed subsequently and the results will be presented in the next technical memorandum, along with recommendations for next steps.

dos instalaciones de desalinización de 3.9 m<sup>3</sup>/s y un sistema de transmisión de agua tratada compartido para entregar el agua a la Presa Morelos para su intercambio. A partir de la oportunidad ubicada más al sur, estas combinaciones incluyen:

- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 5 (ósmosis inversa de Puerto Libertad)
- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 1 (Jagüey)
- Oportunidad 5 (ósmosis inversa de Puerto Libertad) y Oportunidad 1 (Jagüey)

Se realizó un análisis del valor presente neto para determinar el costo de la unidad de cada combinación. El análisis asumió una tasa de interés nominal del 5%, una tasa de inflación del 3%, una tasa de interés real del 1.9%, y 30 años tanto para el período de amortización como para el ciclo de vida. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 42.

Como se discutió anteriormente, estas oportunidades no se han evaluado comparativamente. Esto se completará posteriormente y los resultados se presentarán en el próximo memorando técnico, junto con recomendaciones para los próximos pasos.

**Table/Tabla 42**      **Unit cost evaluation for opportunity combinations**  
**Evaluación del costo unitario para combinaciones de oportunidades**

COST COMPONENT	UNIT	OPPORTUNITIES 2 + 5 OPORTUNIDADES 2 + 5	OPPORTUNITIES 2 + 1 OPORTUNIDADES 2 + 1	OPPORTUNITIES 5 + 1 OPORTUNIDADES 5 + 1
Annual amortized capital cost – Treatment	USD	\$143,072,368	\$164,379,209	\$151,048,430
Costo anual de capital amortizado – Tratamiento	MXN	\$2,749,278,623	\$3,158,710,880	\$2,902,546,631

COST COMPONENT	UNIT	OPPORTUNITIES 2 + 5 OPORTUNIDADES 2 + 5	OPPORTUNITIES 2 + 1 OPORTUNIDADES 2 + 1	OPPORTUNITIES 5 + 1 OPORTUNIDADES 5 + 1
Annual amortized capital cost – Conveyance Costo anual de capital amortizado - Conducción	USD MXN	\$165,570,998 \$3,181,612,298	\$154,774,821 \$2,974,152,960	\$142,284,821 \$2,734,135,120
<b>Annual amortized capital cost – Total Costo anual de capital amortizado – Total</b>	<b>USD MXN</b>	<b>\$308,643,366 \$5,930,890,921</b>	<b>\$319,154,030 \$6,132,863,840</b>	<b>\$293,333,251 \$5,636,691,751</b>
Annual operational cost (2019) – Treatment Costo operativo anual (2019)– Tratamiento	USD MXN	\$123,395,000 \$2,371,158,320	\$123,395,000 \$2,371,158,320	\$154,510,000 \$2,969,064,160
Annual operational cost (2019) – Conveyance Costo operativo anual (2019) – Conducción	USD MXN	\$31,974,000 \$614,412,384	\$24,996,000 \$480,323,136	\$42,048,000 \$807,994,368
<b>Annual operational cost (2019) – Total Costo operativo anual (2019) – Total</b>	<b>USD MXN</b>	<b>\$155,369,000 \$2,985,570,704</b>	<b>\$148,391,000 \$2,851,481,456</b>	<b>\$196,558,000 \$3,777,058,528</b>
Net present value (2019) – Treatment Valor presente neto (2019) - Tratamiento	USD MXN	\$7,464,950,537 \$143,446,489,519	\$7,945,978,609 \$152,689,924,950	\$8,712,868,067 \$167,426,472,775
Net present value (2019) – Conveyance Valor presente neto (2019) - Conducción	USD MXN	\$4,835,401,212 \$92,917,069,690	\$4,351,147,935 \$83,611,658,719	\$4,655,403,697 \$89,458,237,442
<b>Net present value (2019) – Total Valor presente neto (2019) - Total</b>	<b>USD MXN</b>	<b>\$12,300,351,749 \$236,363,559,209</b>	<b>\$12,297,126,544 \$236,301,583,670</b>	<b>\$13,368,271,764 \$256,884,710,217</b>
<b>Net present value unit cost – Total Costo unitario del valor presente neto - Total</b>	<b>\$USD/AF \$MXN/m<sup>3</sup></b>	<b>\$2,050 \$31.94</b>	<b>\$2,050 \$31.94</b>	<b>\$2,228 \$34.71</b>

Assumes a nominal interest rate of 5%, an inflation rate of 3%, a real interest rate of 1.9%, and 30 years for both the amortization and life cycle periods. /  
 Asume una tasa de interés nominal del 5%, una tasa de inflación del 3%, una tasa de interés real del 1.9%, y 30 años tanto para el período de amortización  
 como para el ciclo de vida.

An exchange rate of 19.216 Mexican Pesos (MXN) to 1 US Dollar (USD) was used in the estimate. / En la estimación se utilizó un tipo de cambio de 19.216  
 pesos mexicanos (MXN) a 1 dólar Estados Unidos (USD).

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM3 – Appendix A: Summary of  
Site Visits (May 2019)

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM3 – Apéndice A: Resumen de  
Visitas al Sitio (Mayo de 2019)

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Site Visits Background

As part of Tasks 4 and 5 of the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez, members of the consultant team of Black & Veatch and Libra spent May 21-22, 2019 conducting reconnaissance-level site visits along the Sonoran Coast of Mexico. The plan was to visit three of the four general locations identified by the Desalination Work Group on the teleconference call of April 29, 2019. These three general locations include: Area Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos, Puerto Libertad (includes two potential desalination opportunities), and the Pitiquito site (Oceanus opportunity). The fourth site, Playa Encanto, had been part of an earlier reconnaissance-level site visit in 2018.

Included herein are notes, pictures, and discussion about these sites. The information presented is comprehensive of the four consultant team members' notes and pictures.

## General Summary of the Sonoran Coast

The Sonoran Coast along the Sea of Cortez is characterized as desert, containing cacti and brush. The terrain, south of Puerto Lobos is a sandy loam containing large igneous aggregate. Puerto Lobos itself contains rocky features, whereas the area north of Puerto Lobos transitions to large expanses of sand including dunes. The topography north of Puerto Lobos flattens.

There are a handful of fishing villages along the coast. The existing power plant in Puerto Libertad supplies electricity both

## Antecedentes de Visitas al Sitio

Como parte de las Tareas 4 y 5 del Estudio Binacional de Oportunidades de Desalinización del Agua en el Mar de Cortés, los miembros del equipo consultor de Black&Veatch y Libra pasaron del 21 al 22 de mayo del 2019 realizando visitas a sitios de nivel de reconocimiento a lo largo de la Costa de Sonora de Mexico. El plan era visitar tres de las cuatro ubicaciones generales identificadas por el Grupo de trabajo de desalinización en la teleconferencia del 29 de abril de 2019. Estas tres ubicaciones generales incluyen: Área entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos, Puerto Libertad (incluye dos oportunidades potenciales de desalinización), y el sitio Pitiquito (oportunidad Oceanus). El cuarto sitio, Playa Encanto, había sido parte de una visita anterior a nivel de reconocimiento en 2018.

Aquí se incluyen notas, fotos y debates sobre estos sitios. La información presentada es exhaustiva de las notas e imágenes de los cuatro miembros del equipo consultor.

## Resumen General de la Costa de Sonora

La Costa de Sonora a lo largo del Mar de Cortés se caracteriza por ser desértica, conteniendo cactus y matorrales. El terreno, al sur de Puerto Lobos, es una franja arenosa que contiene un gran agregado ígneo. Puerto Lobos contiene características rocosas, mientras que el área al norte de Puerto Lobos pasa a tener grandes extensiones de arena, incluidas las dunas. La topografía al norte de Puerto Lobos se vuelve plana.

north and south, and to Caborca. Large transmission lines carry power to Caborca, whereas low voltage lines supply power to the fishing villages.

Hay un puñado de pueblos pesqueros a lo largo de la costa. La central eléctrica existente en Puerto Libertad suministra electricidad tanto al norte como al sur de la localidad, y a Caborca. Las grandes líneas de transmisión transportan energía a Caborca, mientras que las líneas de baja tensión suministran energía a los pueblos pesqueros.



**Figure/Figura 1**      **Representative pictures of Sonora near the coast**  
**Fotos representativas de Sonora cerca de la costa**



**Figure/Figura 2**      **Representative pictures of Sonora near the coast**  
**Fotos representativas de Sonora cerca de la costa**

## Area Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos

Due to the vastness of the Area Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos, the consultant team visited several sites to get a solid representation of the area. Visits were made to Los Tanques, Desemboque, Martín Encizo, and Puerto Lobos.

The general sense of this area is that both the terrain and bathymetry are extremely low sloped. The four sites in this area were visited during low tide conditions which allowed the consultant team to view portions of the bathymetry. There is minimal population in this area, mainly centered in two communities: Desemboque and Puerto Lobos.

### Los Tanques

Los Tanques is a remote beach area which includes an aquaculture operation for oysters. It was accessed through an unpaved road which at the highway had a posted sign for fresh oysters and a community named Los Tanques. The distance to the site was approximately 2.2 miles from the highway (SON3). The site is located at a small coastal lagoon with some halophytes. The bed composition is fine sand and in some flat areas the presence of deposited very fine sediment was visible. The time of visit was approximately at 10am where the tide was at low level and a very flat underwater slope of the lagoonal area was observed. The oceanic slope was also very mild.

## Area Entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos

Debido a la inmensidad del área entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos, el equipo de consultores visitó varios sitios para obtener una representación sólida del área. Se hicieron visitas a Los Tanques, Desemboque, Martín Encizo y Puerto Lobos.

El sentido general de esta área es que tanto el terreno como la batimetría tienen una pendiente extremadamente baja. Los cuatro sitios en esta área fueron visitados durante las condiciones de marea baja, lo que permitió al equipo consultor ver partes de la batimetría. Hay una población mínima en esta área, centrada principalmente en dos comunidades: Desemboque y Puerto Lobos.

### Los Tanques

Los Tanques es un área de playa remota que incluye una operación de acuicultura para ostras. Se accedió a través de un camino sin pavimentar que en la carretera tenía un letrero de ostras frescas y una comunidad llamada Los Tanques. La distancia al sitio era de aproximadamente 3.5 km desde la autopista (SON3). El sitio está ubicado en una pequeña laguna costera con algunos halófitos. La composición del lecho es arena fina y en algunas áreas planas era visible la presencia de sedimentos muy finos depositados. El tiempo de visita fue aproximadamente a las 10 a.m., donde la marea estaba en un nivel bajo y se observó una pendiente submarina muy plana en el área de la laguna. La pendiente oceánica también se observó muy ligera.

This terrain in this area (and most the area north of Puerto Lobos) was sandy, and includes sand dunes. There were low voltage power lines that paralleled the highway (SON3).

This area seems unsuitable as a potential site for a desalination plant, as marine works would be extensive to achieve water depths necessary for intake and outfall structures and the availability of sufficient power is limited.

Este terreno en esta área (y la mayoría del área al norte de Puerto Lobos) era arenoso con dunas de arena. Había líneas eléctricas de baja tensión paralelas a la autopista (SON3).

Esta área parece inadecuada como sitio potencial para una planta de desalinización, ya que los trabajos marinos serían extensos para lograr las profundidades de agua necesarias para las estructuras de entrada y descarga y la disponibilidad de energía suficiente es limitada.





**Figure/Figura 3**      **Location map of Los Tanques**  
**Mapa de ubicación de Los Tanques**



**Figure/Figura 4**      **Representative pictures of Los Tanques**  
**Fotos representativas de Los Tanques**

## Desemboque

Desemboque is a fishing community located north of Puerto Lobos. It was accessed through a paved road almost all the way into the community, approximately 5 miles in length. Arrival was at approximately 10:30 a.m. when tide was low. Fishing activity (fish sorting) was observed throughout the community indicating an important economic aspect of the town. Among the capture, small fish and large shrimp were seen. The beach showed a very mild slope, which based on hand held GPS, the distance between the highest tide level and the water level was approximately 732 ft and an elevation difference of approximately 10 ft, giving a slope of 1:74. Through anecdotal communication with local fisherman, we were told that water depths of approximately 49 ft can be reached at about 6 miles from the coastline. The beach bed was composed of well sorted medium-fine sand.

This soil surrounding the community was sandy with underlying silty clay. There were low voltage power lines that paralleled the road (SON3), as well as power lines that delivered power to the village.

Given the strong community of fisherman, if the project took place in this settlement, it would be necessary to establish a good communication plan with the fishermen to avoid conflicts.

This area seems unsuitable as a potential site for a desalination plant, as marine works would be extensive to achieve water depths necessary for intake and outfall structures.

## Desemboque

Desemboque es una comunidad pesquera ubicada al norte de Puerto Lobos. Se accedió a través de un camino pavimentado casi en su totalidad hasta la comunidad, de aproximadamente 8 km de longitud. La llegada fue aproximadamente a las 10:30 a.m. cuando la marea estaba baja. Se observó actividad pesquera (variedad de peces) en toda la comunidad, lo que indica un aspecto económico importante de la ciudad. Entre la captura, se vieron los peces pequeños y camarones grandes. La playa mostró una pendiente muy suave, que según el GPS de mano, la distancia entre el nivel más alto de la marea y el nivel del agua fue de 223 m una diferencia de elevación de 3 m, dando una pendiente de 1:74. A través de una comunicación anecdótica con los pescadores locales, nos dijeron que se puede llegar a profundidades de agua de aproximadamente 15 m a unos 10 km de la costa. El lecho de la playa estaba compuesto de arena media-fina bien mezclada.

Este suelo que rodea a la comunidad era arenoso con arcilla limosa subyacente. Había líneas eléctricas de baja tensión paralelas a la carretera (SON3), así como líneas eléctricas que suministraban energía a la aldea.

Dada la comunidad fuerte de pescadores, si el proyecto se llevara a cabo en este asentamiento, sería necesario establecer un buen plan de comunicación con los pescadores para evitar conflictos.

Esta área parece inadecuada como sitio potencial para una planta de desalinización, ya que los trabajos marinos serían extensos para lograr las profundidades de agua necesarias para las estructuras de entrada y descarga.



**Figure/Figura 5**      **Location map of Desemboque**  
**Mapa de ubicación de Desemboque**



**Figure/Figura 6**      **Representative pictures of Desemboque**  
**Fotos representativas de Desemboque**



**Figure/Figura 7**      **Representative pictures of Desemboque**  
**Fotos representativas de Desemboque**

## Martín Encizo

Martín Encizo is an area north of Desemboque which is accessed via an unpaved road, approximately 5 miles from the main highway (SON3). This site is located within an alluvial fan created by runoff deposits where agricultural activity is present. The soil throughout the access road is clay (powder like) and at the dunes and beach is mainly fine sand. The beach slope is similar to the Desemboque site. There was not much infrastructure other than some abandoned houses.

This area seems unsuitable as a potential site for a desalination plant, as marine works would be extensive to achieve water depths necessary for intake and outfall structures.

## Martín Encizo

Martín Encizo es un área al norte de Desemboque a la que se accede a través de una carretera sin pavimento, aproximadamente a 8 km de la carretera principal (SON3). Este sitio está ubicado dentro de un abanico aluvial creado por depósitos de escorrentía donde la actividad agrícola está presente. El suelo a lo largo del camino de acceso es de arcilla (como polvo) y en las dunas y la playa es principalmente arena fina. La pendiente de la playa es similar al sitio de Desemboque. No había mucha infraestructura aparte de algunas casas abandonadas.

Esta área parece inadecuada como sitio potencial para una planta de desalinización, ya que los trabajos marinos serían extensos para lograr las profundidades de agua necesarias para las estructuras de entrada y descarga.



**Figure/Figura 8**      **Location map of Martín Encizo**  
**Mapa de ubicación de Martín Encizo**





**Figure/Figura 9**      **Representative pictures of Martín Encizo**  
**Fotos representativas de Martín Encizo**



**Figure/Figura 10**      **Representative pictures of Martín Encizo**  
**Fotos representativas de Martín Encizo**

### **Puerto Lobos**

Puerto Lobos is a small village at the southern boundary of the general location identified as the Area Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos. The village is located on a rocky point that juts out into the Sea of Cortez. Access to the village is via an unpaved road with an approximate length of approximately 3 miles from the main highway. The primary activity of the community is fishing and when we arrived, local fisherman were observed sorting fish and preparing long-line fishing equipment, usually used for catching large fish and shark. Puerto Lobos is formed by a headland where the adjacent northern beach is mainly sandy and lower slope and the adjacent eastern coastline shows a

### **Puerto Lobos**

Puerto Lobos es un pequeño pueblo en el límite sur de la ubicación general identificada como el Área Entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos. El pueblo está ubicado en un punto rocoso que se adentra en el Mar de Cortés. El acceso al pueblo es a través de una carretera sin pavimentar con una longitud aproximada de 5 km desde la carretera principal. La actividad principal de la comunidad es la pesca y cuando llegamos, se observó a los pescadores locales clasificando los peces y preparando equipos de pesca de palangre, generalmente utilizados para la captura de los peces grandes y tiburones. Puerto Lobos es formado por un cabo donde la playa adyacente del norte es principalmente arenosa y con una pendiente más baja, y la costa

greater slope and coarser sediment material such as pebbles and rock. This behavior shows that the sediment transport direction is mainly from north to south (sand accumulating on the northern part) and the eastern coastline is more energetic where no fine sand is present nor sand accumulation. The headland shore line is rocky and based on observation we could say that the slope is high since no exposed beach areas were seen and rocky bottom was observed through aerial photography. Based on anecdotal information provided by local fisherman, depths of approximately 49 ft can be reached at approximately 1,640 ft from the shoreline on the eastern beach area.

Topography and bathymetry in Puerto Lobos is such, that locating a desalination plant in and around the village would be difficult.

oriental adyacente muestra una mayor pendiente y material de sedimento más grueso, como gravilla y rocas. Este comportamiento muestra que la dirección del transporte de sedimentos es principalmente del norte a sur (arena que se acumula en la parte norte) y la costa Este es más enérgica donde no hay arena fina ni acumulación de arena. La línea costera del cabo es rocosa y, según la observación, podríamos decir que la pendiente es alta ya que no se vieron áreas de playa expuestas y se observó fondo rocoso a través de fotografías aéreas. Según la información anecdótica proporcionada por los pescadores locales, se puede alcanzar profundidades de aproximadamente 15 m a aproximadamente 500 m de la costa en el área de la playa oriental.

La topografía y la batimetría en Puerto Lobos es tal que sería difícil ubicar una planta desalinizadora dentro y alrededor del pueblo.



**Figure/Figura 11**      **Location map of Puerto Lobos**  
**Mapa de ubicación de Puerto Lobos**



**Figure/Figura 12**      **Aerial picture of Puerto Lobos from Rocky Point**  
**Foto aérea de Puerto Lobos desde el Punto Rocosó**



**Figure/Figura 13**      **Representative pictures of Puerto Lobos**  
**Fotos representativas de Puerto Lobos**



**Figure/Figura 14**      **Representative pictures of Puerto Lobos**  
**Fotos representativas de Puerto Lobos**

## Site Southeast of Puerto Lobos

Approximately 2.4 miles east/southeast of Puerto Lobos a potential site was identified for the location of a large-scale desalination plant. The site was accessed via unpaved road, approximately 1.2 miles from SON3. A power transmission line exists parallel to the highway. There is a flat surface of approximately 50 acres at the shore. The beach is composed of coarse sand and pebbles. There are loose material bluffs delimiting the shoreline where alluvial formations are present. Based on the height of a consultant team member, a beach slope of approximately 1:11 was determined. This area, and south of Puerto Lobos, is less sandy and the soil could be classified more as a sandy clay, with large aggregates mixed in.

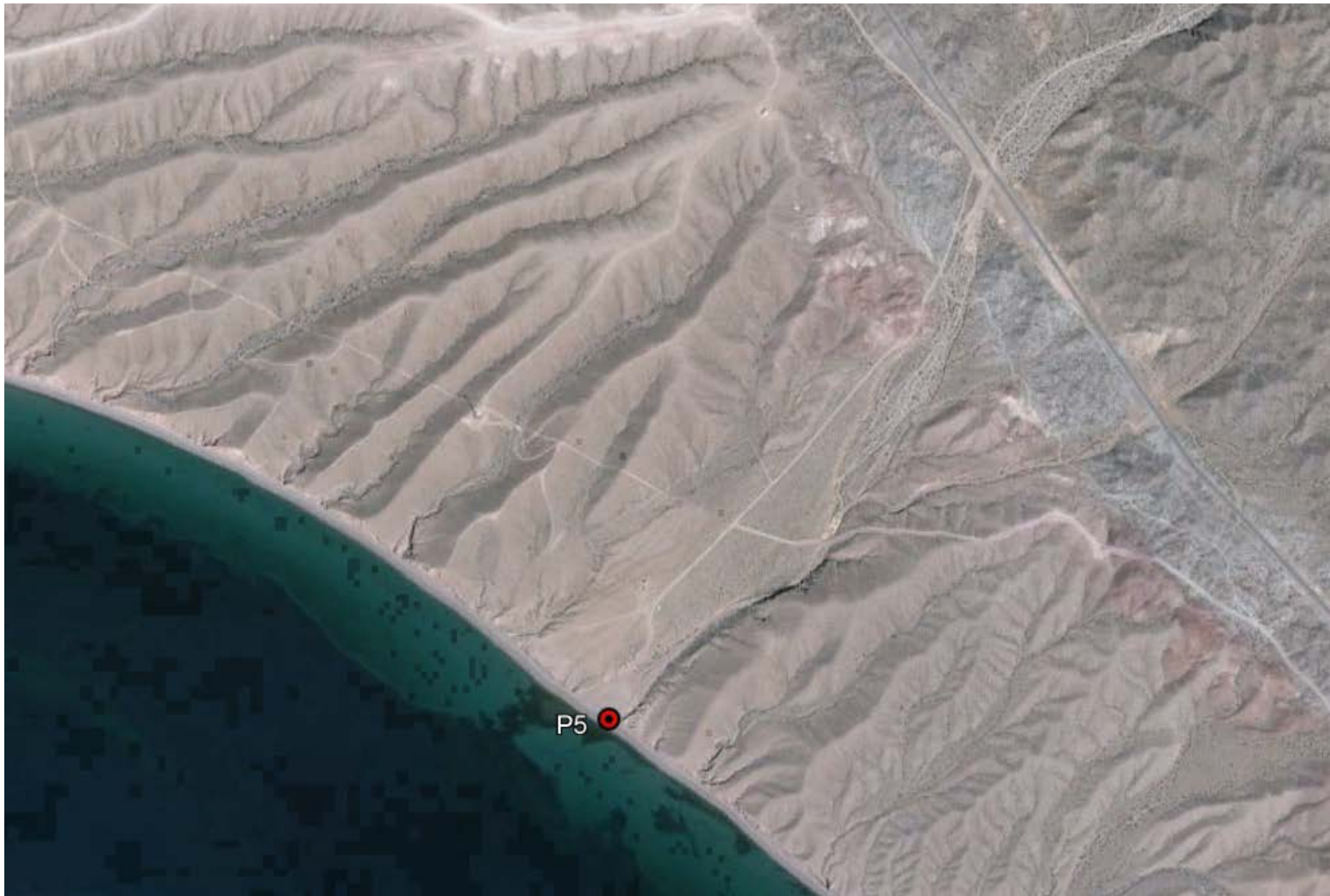
The bathymetry in this area is such that the marine works would be considerable less than the areas north of Puerto Lobos. While this site is outside of Area Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos, the Desalination Work Group may want to consider evaluating this site in lieu of a site in the Area Between Bahía San Jorge and Puerto Lobos.

## Sitio Sureste de Puerto Lobos

Aproximadamente 4 km al este / sureste de Puerto Lobos, se identificó un sitio potencial para la ubicación de una planta de desalinización a gran escala. Se accedió al sitio por una carretera sin pavimentar, aproximadamente a 2 km de la carretera SON3. Existe una línea de transmisión eléctrica paralela a la carretera. Hay una superficie plana de aproximadamente 20 hectáreas en la orilla. La playa está compuesta de arena gruesa y grava. Hay acantilados de material suelto que delimitan la costa donde hay formaciones aluviales. Basado en la altura de un miembro del equipo consultor, se determinó una pendiente de playa de aproximadamente 1:11. Esta área, y al sur de Puerto Lobos, es menos arenosa y el suelo podría clasificarse más como una arcilla arenosa, con grandes agregados mezclados.

La batimetría en esta área es tal que las obras marinas serían considerablemente menores que las áreas al norte de Puerto Lobos. Si bien este sitio está fuera del área entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos, el Grupo de trabajo de desalinización puede considerar evaluar este sitio en lugar de un sitio en el área entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos.





**Figure/Figura 15**      **Location map of site southeast of Puerto Lobos**  
**Mapa de ubicación de sitio sureste de Puerto Lobos**



**Figure/Figura 16**      **Representative pictures of site southeast of Puerto Lobos**  
**Fotos representativas de sitio sureste de Puerto Lobos**

## Puerto Libertad

Puerto Libertad is a larger community along this portion of the Sonoran Coast. Population estimates that this site is home to approximately 2,800 people. There is an existing gas-fired power plant capable of producing 632 MW of power. It is proposed to co-locate the desalination facility with this power plant and share existing intake and outfall infrastructure, as well as utilize waste steam from the power plant. There are two proposed opportunities here: a reverse osmosis desalination facility and a thermal distillation facility.

Regardless of the desalination technology used, operations of the desalination plant would withdrawal water from the discharge side of the power plant. Subsequently, the brine produced by the desalination process would be discharged into the power plant's discharge stream for mixing prior to entering the Sea of Cortez.

It was observed that there is not much land (in the coastal zone) available for the construction of the desalination plant. The power plant is situated such that the discharge channel is to the south/southeast of the plant and immediately adjacent to the village, making it infeasible to site the desalination plant to the south of the power plant. Furthermore, the distance to the north/northwestern coast of the power plant is significant.

The most suitable location for the desalination facility would be inland, east of the existing power plant, on the opposite side of the roadway immediately adjacent to the power plant. This is recommended to be verified.

## Puerto Libertad

Puerto Libertad es una comunidad más grande a lo largo de esta parte de la Costa de Sonora. Se estima que la comunidad es el hogar de aproximadamente 2,800 personas. Existe una central eléctrica a base de gas existente capaz de producir 632 MW de potencia. Se propone ubicar conjuntamente la instalación de desalinización con esta planta de energía y compartir la infraestructura de toma y descarga existente, así como utilizar el vapor residual de la planta de energía. Aquí hay dos oportunidades propuestas: una instalación de desalinización por ósmosis inversa y una instalación de destilación térmica.

Independientemente de la tecnología de desalinización utilizada, las operaciones de la planta de desalinización extraerían agua del lado de la descarga de la planta de energía. Posteriormente, la salmuera producida por el proceso de desalinización se descargaría en la corriente de descarga de la planta de energía para mezclarla antes de ingresar al Mar de Cortés.

Se observó que no hay mucho terreno (en la zona costera) disponible para la construcción de la planta desaladora. La planta de energía está situada de tal manera que el canal de descarga está al sur / sureste de la planta e inmediatamente adyacente a la comunidad, por lo que no es posible ubicar la planta de desalinización al sur de la planta de energía. Además, la distancia a la costa norte / noroeste de la central eléctrica es significativa.

La ubicación más adecuada para la instalación de desalinización sería tierra adentro, al este de la central eléctrica existente, en el lado

opuesto de la carretera inmediatamente adyacente a la central eléctrica. Se recomienda verificar esto.



**Figure/Figura 17** Location map of Puerto Libertad  
Mapa de ubicación de Puerto Libertad



**Figure/Figura 18**      **Representative pictures of Puerto Libertad**  
**Fotos representativas de Puerto Libertad**



**Figure/Figura 19**      **Potential site east of existing power plant**  
**Sitio potencial al este de la termoeléctrica existente**

## Pitiquito (Oceanus Site)

The Pitiquito site is located approximately 16 miles south of Puerto Libertad. From the highway, the shore is about 4 miles, accessible via unpaved private road through the ranch leased by Oceanus (Rancho los Cirios). Between the highway and the shore, there is a natural ridge which reaches approximately 984 ft elevation. It is this ridge line and natural terrain that would be utilized for the storage reservoir for the pump storage concept.

The shoreline shows some rock outcrops and the beach is composed of what seems to be coarse sand and pebbles. Oceanus staff mentioned that they do not believe the site would have a great impact on marine life because the area is already affected by the discharge of the thermoelectric plant in Puerto Libertad. This has to be confirmed by our study.

This site is an area with a broad biodiversity of flora and fauna; during the visit a coyote and a bighorn sheep were observed.

To the south of the site, the Seris Tribe is present and Oceanus has been meeting with them regularly.

## Pitiquito (Sitio de Oceanus)

El sitio Pitiquito está ubicado aproximadamente a 25 km al sur de Puerto Libertad. Desde la carretera, la costa se encuentra a aproximadamente 7 km, accesible a través de un camino privado sin pavimentar a través del rancho arrendado por Oceanus (Rancho los Cirios). Entre la carretera y la costa, hay una cresta natural que alcanza aproximadamente 300 m de elevación. Es esta línea de cresta y terreno natural lo que se utilizaría para el depósito de almacenamiento para el concepto de bombeo por almacenamiento.

La costa muestra algunos afloramientos rocosos y la playa se compone de lo que parece ser arena gruesa y grava. El personal de Oceanus mencionó que no creen que el sitio tenga un gran impacto en la vida marina porque el área ya está afectada por la descarga de la planta termoeléctrica en Puerto Libertad. Esto tiene que ser confirmado por nuestro estudio.

Este sitio es un área con una amplia biodiversidad de flora y fauna; durante la visita se observó un coyote y un borrego cimarrón.

Al sur del sitio, la tribu Seris está presente y Oceanus se ha reunido con ellos regularmente.



**Figure/Figura 20**      **Location map of Pitiquito**  
**Mapa de ubicación de Pitiquito**





**Figure/Figura 21** View of ridge within reservoir (left) and downstream of reservoir (right)  
Vista de la cresta dentro del embalse (izquierda) y aguas abajo del embalse (derecha)



**Figure/Figura 22** Pitiquito site terrain and rock outcrops  
Terreno del sitio de Pitiquito y afloramientos rocosos



Figure/Figura 23 Pitiquito site intake and outfall location  
Lugar de entrada y salida del sitio de Pitiquito

## Summary of Desalination Opportunities

The sites south of Puerto Lobos, including Puerto Libertad and Pitiquito, appear better suited for development of desalination facility than those in and north of Puerto Lobos. The primary reason being the steep bathymetric relief and sandy loam/rocky soil of the region.

### Puerto Libertad

The most reasonable location for a desalination plant in Puerto Libertad appears to be to the immediate East of the CFE property containing the existing power plant, inland from the coast. No

## Resumen de Oportunidades de Desalinización

Los sitios al sur de Puerto Lobos, incluidos Puerto Libertad y Pitiquito, parecen más adecuados para el desarrollo de instalaciones de desalinización que aquellos en y al norte de Puerto Lobos. La razón principal es el relieve batimétrico empinado y el suelo franco arenoso / rocoso de la región.

### Puerto Libertad

La ubicación más razonable para una planta de desalinización en Puerto Libertad parece estar al Este inmediato de la propiedad de CFE que contiene la planta de energía existente, tierra adentro desde la

viable site exists within a reasonable distance to the north of the power plant, and the village of Puerto Libertad is to the south of the power plant.

#### **Pitiquito**

The Oceanus site at Pitiquito appears adequate for the construction of not only a desalination facility, but also the pump storage concept to generate hydropower. The terrain is uniquely situated for the co-located concept.

#### **Area Between Bahia San Jorge and Puerto Lobos**

It would be difficult to site a desalination facility within this area without significant marine works infrastructure, due to the mild sloping bathymetry. The sandy nature of soil here would indicate that there is the potential for significant foundations as well.

#### **Site South of Puerto Lobos**

While not located within any of the selected general locations during the April Work Group workshop and conference call, a site approximately 1.2 miles south / southeast of Puerto Lobos appears well suited for a potential desalination facility.

costa. No existe un sitio viable dentro de una distancia razonable al norte de la planta de energía, y el pueblo de Puerto Libertad está al sur de la planta de energía.

#### **Pitiquito**

El sitio de Oceanus en Pitiquito parece adecuado para la construcción no solo de una instalación de desalinización, sino también del concepto de almacenamiento por bombeo para generar energía hidroeléctrica. El terreno tiene una ubicación única para el concepto de ubicación conjunta.

#### **Area Between Bahia San Jorge and Puerto Lobos**

Sería difícil ubicar una instalación de desalinización dentro de esta área sin una infraestructura importante de obras marinas, debido a la batimetría de pendiente leve. La naturaleza arenosa del suelo aquí indicaría que existe la posibilidad de la necesidad de cimientos significativos también.

#### **Site South of Puerto Lobos**

Si bien no se encuentra dentro de ninguna de las ubicaciones generales seleccionadas durante el taller y la conferencia telefónica del grupo de trabajo de abril, un sitio aproximadamente a 2 km al sur / sureste de Puerto Lobos parece adecuado para una instalación posible de desalinización.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM3 – Appendix B: Regulatory  
Considerations

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM3 – Apéndice B:  
Consideraciones de Regulaciones

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Permitting and Regulatory Considerations

This appendix of legal considerations, analyzes the applicable legal provisions in force, in its three levels of government: Federal, State, and Municipal, highlighting the Official Mexican Norms on Water, mentioning international instruments on human rights, signed international treaties between Mexico and the United States before the International Boundary and Water Commission, as well as Minutes 319 and 323 of the same.

It is clear that in recent years, legislators have been reforming laws according to the development and demands of the State (Territory, Population and Government), giving guidelines to the implementation of new instruments and legal figures in order to meet the needs and protect the human rights of its inhabitants and the public interest, as it is very specifically the drive of alliances between public and private organizations, as well as with the participation of foreign investment for the development of infrastructure projects through the long-term Public-Private Partnerships scheme for the provision of public services that correspond to the State and more specifically because of the interest of this project, the right to drinkable water.

Access to water has become one of the essential human rights for the development of humankind, since it is a sine qua non for the fulfillment of other fundamental rights, such as the right to life, a healthy environment, health and nutrition, to name a few.

Federal, State, and Municipal legal regulations that are necessary for the execution of the Project are summarized herein. However, it is reserved that there is the possibility for other regulations that

## Consideraciones de Permisos y Regulaciones

El presente anexo de consideraciones jurídicas, analiza las disposiciones legales vigentes aplicables, en sus tres niveles de gobierno el Federal, Estatal y Municipal, destacando las Normas Oficiales Mexicanas en materia de Agua, mencionando instrumentos internacionales en materia de derechos humanos, los tratados internacionales firmados entre México y Estados Unidos ante la Comisión Internacional de Límites y Agua, al igual que las Actas 319 y 323 de la misma.

Es claro que durante los últimos años los legisladores han ido reformando las leyes conforme al desarrollo y exigencias del Estado (Territorio, Población y Gobierno), dando pauta a la implementación de nuevos instrumentos y figuras jurídicas en pro de satisfacer las necesidades y proteger los derechos humanos de sus habitantes y del interés público, como lo es muy específicamente la impulsión de alianzas entre organismos públicos y privados así como con la participación de inversión extranjera para el desarrollo de proyectos de infraestructura mediante el esquema de Asociaciones Publico Privadas a largo plazo para la prestación de servicios públicos que le corresponden al Estado y más en específico por ser de interés del presente proyecto, el derecho al agua potable.

Ahora bien el acceso al agua se ha constituido en uno de los derechos humanos indispensables para el desarrollo de los seres humanos, ya que se trata de un sine qua non para la realización de otros derechos fundamentales, tales como el derecho a la vida, a un medio ambiente sano, a la salud y a la alimentación, por citar algunos.

at the time of the project, is required and / or applicable, to give compliance with the object, scope and characteristics of the Project.

## Legislation and Federal Regulations

### Political Constitution of the United Mexican States

Constitution published in the Official Gazette of the Federation on February 5, 1917. Last Reform DOF 14-03-2019.

The Magna Carta recognizes human rights and their guarantees. The applicable Constitutional Articles are:

#### Articles 4, 25, 27, 42, 115

Article 4 of the Constitution recognizes that *"Everyone has the right to a healthy environment for their development and well-being". Likewise, that "Everyone has the right to access, dispose and sanitation of water for personal and domestic consumption in a sufficient, healthy, acceptable and affordable way".* These are rights guaranteed by the State and determines that the law defines the bases for access and equitable and sustainable use of water resources, establishing the participation of the Federation, States and citizens to achieve it.

In its Article 25 states that *"Under criteria of social equity, productivity and sustainability will support and promote companies in the social and private sectors of the economy,*

Las regulaciones legales Federales, Estatales y Municipales que son necesarias para la ejecución del Proyecto se resumen aquí. Sin embargo, se reserva que existe la posibilidad de que otras regulaciones que en el momento del proyecto sean requeridas y / o aplicables, den cumplimiento al objeto, alcance y características del Proyecto.

## Legislación y Reglamentos Federales

### Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Constitución publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917. Última Reforma DOF 14-03-2019.

La Carta Magna reconoce los derechos humanos y sus garantías. Los Artículos Constitucionales aplicables son:

#### Artículos 4, 25, 27, 42, 115

El artículo 4 de la Carta Magna reconoce que *"Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar". Asimismo, que "Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible".* Estos son derechos garantizados por el Estado y determina que la ley define las bases para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, los Estados y la ciudadanía para conseguirlo.

En su artículo 25 señala que *"Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía,*

*subjecting them to the modalities dictated by the public interest and use, for general benefit, of the productive resources, taking care of their conservation and the environment "*, likewise the law will encourage and protect the economic activity carried out by individuals and will provide the conditions for the development of the private sector to contribute to national economic development, promoting competitiveness and implementing a national policy for sustainable industrial development that includes sectoral and regional aspects, in the terms established by this Constitution.

Article 27 states that the water is a property of the Nation and provide the basis for the State to regulate its sustainable use, with the participation of the citizens and the three levels of government. It also specifies that the domain of the Nation is inalienable and imprescriptible and the exploitation, use or exploitation of the resources in question, by individuals or by companies incorporated under Mexican law, can only be done through concessions, granted by the Federal Executive.

Article 42 defines that the national territory comprises:

- IV. The continental shelf and the submarine sockets of the islands, cays and reefs;
- V. The waters of the territorial seas in the extent and terms established by International Law and the internal maritime law;
- VI. The space located on the national territory, with the extension and modalities established by International Law itself.

*sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente"*, así mismo La ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución.

El Artículo 27 señala que las aguas son propiedad de la Nación y sienta las bases para que el Estado regule su aprovechamiento sostenible, con la participación de la ciudadanía y de los tres niveles de gobierno. Especifica también que el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal.

El Artículo 42 define que el territorio nacional comprende:

- IV. La plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas, cayos y arrecifes;
- V. Las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el Derecho Internacional y las marítimas interiores;
- VI. El espacio situado sobre el territorio nacional, con la extensión y modalidades que establezca el propio Derecho Internacional.



For its part Article 115 in its section III, specifies that the municipalities are responsible for public services of drinking water, drainage, sewage, treatment and disposal of wastewater, which "*after agreement between their municipalities, may coordinate and associate for the most efficient provision of public services or the best exercise of the functions that correspond to them*".

### Organic Law of the Federal Public Administration

Law published in the Official Gazette of the Federation on December 29, 1976. Last Reform DOF 11-08-2014.

Article 1 establishes the bases of organization of the Federal Public Administration, centralized and parastatal.

Article 2 indicates that in the exercise of its powers and for the dispatch of the business of the administrative order entrusted to the Executive Power of the Union, there will be the following dependencies of the Centralized Public Administration:

- State Secretaries
- Legal Counsel

Likewise, Article 12 indicates that each Secretary of State will formulate, with respect to matters within its competence; the draft laws, regulations, decrees, agreements, and orders of the President of the Republic.

Por su parte el Artículo 115 en su fracción III, especifica que los municipios tienen a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, que "*previo acuerdo entre sus ayuntamientos, podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan*".

### Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976. Última Reforma DOF 11-08-2014.

El Artículo 1 establece las bases de organización de la Administración Pública Federal, centralizada y paraestatal.

El Artículo 2 indica que en el ejercicio de sus atribuciones y para el despacho de los negocios del orden administrativo encomendados al Poder Ejecutivo de la Unión, habrá las siguientes dependencias de la Administración Pública Centralizada:

- Secretarías de Estado
- Consejería Jurídica

Asimismo, el Artículo 12 indica que cada Secretaría de Estado formulará, respecto de los asuntos de su competencia; los proyectos de leyes, reglamentos, decretos, acuerdos, y órdenes del Presidente de la República.

### Law on Public-Private Partnerships

Law published in the Official Gazette of the Federation on January 16, 2012. Last Amendment DOF 15-06-2018. Its Regulation was published in the Official Gazette of the Federation on November 5, 2012. Last Reform DOF 20-02-2017.

The law, according to Article 1, aims to regulate the process for carrying out the projects of the Public Private Associations for the development of infrastructure and provision of public services as long as it goes with the purposes of the state or municipalities.

Article 2 mentions that any long-term contractual relationship between the public and private sectors for the provision of services to the public sector or to the end user and in which infrastructure and resources provided totally or partially by the private sector are used should be regulated by this Law.

### Foreign Investment Law

Law published in the Official Gazette of the Federation on December 27, 1993. Last Amendment DOF 15-06-2018.

According to Article 1 this Law is of public order and of general observance throughout the Republic. Its purpose is the determination of rules to channel foreign investment into the country and encourage it to contribute to national development.

The applicable Articles of the Foreign Investment Law are: 1, 9, 10<sup>a</sup>, 11, 12, 13, 15, 17, 17<sup>a</sup>, 18, 19, 22, 26, 31, 32 and 55.

### Ley de Asociaciones Público Privadas

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de enero de 2012. Última Reforma DOF 15-06-2018. Su Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de noviembre de 2012. Última Reforma DOF 20-02-2017.

La ley, de acuerdo al Artículo 1 tiene por objeto regular el proceso para la realización de los proyectos de las Asociaciones Público Privadas para el desarrollo de infraestructura y prestación de servicios públicos siempre y cuando valla con los fines del estado o municipios.

El Artículo 2 Menciona que cualquier relación contractual a largo plazo entre el sector público y privado para la prestación de servicios al sector público o al usuario final y en los que se utilice infraestructura y recursos provistos total o parcialmente por el sector privado deberá regularse por esta Ley.

### Ley de Inversion Extranjera

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de diciembre de 1993. Última Reforma DOF 15-06-2018.

De acuerdo al Artículo 1 esta Ley es de orden público y de observancia general en toda la República. Su objeto es la determinación de reglas para canalizar la inversión extranjera hacia el país y propiciar que ésta contribuya al desarrollo nacional.

Los Artículos aplicables de la Ley de Inversión Extranjera son: 1, 9, 10<sup>a</sup>, 11, 12, 13, 15, 17, 17<sup>a</sup>, 18, 19, 22, 26, 31, 32 y 55.

The Regulation of the Law of Foreign Investment and the National Registry of Foreign Investments was published in the Official Gazette of the Federation on September 8, 1998. Last Reform DOF 17-08-2016.

### National Water Law

Law published in the Official Gazette of the Federation on December 1, 1992. Last Reform DOF 24-03-2016.

In Article 1 indicates that the Law is regulatory of Article 27 of the National Water Law, has as its objective to regulate the exploitation, use or exploitation of said waters, their distribution and control, as well as the preservation of their quantity and quality to achieve its sustainable integral development.

Article 2 indicates that its provisions are applicable to all national waters, whether surface or subsoil, in terms of conservation and quality control, without prejudice to the jurisdiction or concession that may govern them.

Other applicable Articles of the National Waters Law are: Articles 9, 14 bis 5, 16, 20, 21, 25, 42, 46, 82, 88, 99, 101, 102, 109 and 110.

The Regulation of the Law of National Waters was published in the Official Gazette of the Federation on January 12, 1994, Last Reform DOF 25-08-2014.

El Reglamento de la Ley de Inversión Extranjera y del Registro Nacional de Inversiones Extranjeras fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 1998. Última Reforma DOF 17-08-2016.

### Ley de Aguas Nacionales

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992. Última Reforma DOF 24-03-2016.

En el Artículo 1 indica que la Ley es reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en materia de aguas nacionales, tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

El Artículo 2 indica que sus disposiciones son aplicables a todas las aguas nacionales sean superficiales o del subsuelo en tanto a la conservación y control de su calidad, sin menoscabo de la jurisdicción o concesión que las pudiere regir.

Otros Artículos aplicables de la Ley de Aguas Nacionales son: Artículos 9, 14 bis 5, 16, 20, 21, 25, 42, 46, 82, 88, 99, 101, 102, 109 y 110.

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994, Última Reforma DOF 25-08-2014.

### General Law of National Assets

Law published in the Official Gazette of the Federation on May 20, 2004. Last Reform DOF 19-01-2018.

Article 1 indicates that the Law is of public order and general interest and its purpose is to establish the assets that constitute the Nation's patrimony; the regime of public domain of the property of the Federation and of the properties of the decentralized organizations of federal character and the norms for the acquisition, titling, administration, control, surveillance and alienation of the federal real estate and those owned by the entities, with the exception of those regulated by special laws

Other applicable Articles of the General Law of National Assets are: Art. 72, 73, 74, 75, 76, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126 and 127.

### General Law of Ecological Balance and Environmental Protection (LGEEPA)

Law published in the Official Gazette of the Federation on January 28, 1988. Last reform published in the DOF 05-06-2018. Its Regulation was published in the Official Gazette of the Federation on May 30, 2000. Last Reform DOF 31-10-2014.

The General Law of Ecological Equilibrium and Protection of the Environment is a fundamental regulatory element of the relations between the rulers and the governed in our territory, its ultimate goal is to order the territory in a sustainable manner and guaranteeing the human right to a healthy environment.

### Ley General de Bienes Nacionales

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2004. Última Reforma DOF 19-01-2018.

El Artículo 1 indica que la Ley es de orden público e interés general y tiene por objeto establecer los bienes que constituyen el patrimonio de la Nación; el régimen de dominio público de los bienes de la Federación y de los inmuebles de los organismos descentralizados de carácter federal y las normas para la adquisición, titulación, administración, control, vigilancia y enajenación de los inmuebles federales y los de propiedad de las entidades, con excepción de aquéllos regulados por leyes especiales

Otros Artículos aplicables de la Ley General de Bienes Nacionales son: Art. 72, 73, 74, 75, 76, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126 y 127.

### Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Última reforma publicada en el DOF 05-06-2018. Su Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000. Última Reforma DOF 31-10-2014.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, es una pieza fundamental reguladora de las relaciones entre los gobernantes y gobernados en nuestro territorio, su fin último es el de ordenar el territorio de manera sustentable y garantizando el derecho humano a un medio ambiente sano.

In its Article 1 indicates that the Law is regulatory of the provisions of the Political Constitution of the United Mexican States that refer to the preservation and restoration of the ecological balance, as well as to the protection of the environment, in the national territory and the zones over those that the nation exercises its sovereignty and jurisdiction.

Applicable articles of the LGEEPA: Article 1, 28, 30, 88, 95, and 117.

### **General Law for the Prevention and Integral Management of Hazardous Wastes**

Law published in the Official Gazette of the Federation on October 8, 2003. Last published reform DOF 19-01-2018. The Regulation of the Law was published on November 30, 2006.

Article 1 establishes that this Law is regulatory of the provisions of the Political Constitution of the United Mexican States that refer to the protection of the environment in matters of prevention and integral management of waste, in the national territory. Its provisions are of public order and social interest and are intended to guarantee the right of everyone to a healthy environment and promote sustainable development through the prevention of the generation, valorization and integral management of hazardous waste, solid urban waste and special handling; prevent the contamination of sites with this waste and carry out its remediation.

En su Artículo 1 indica que la Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Artículos aplicables de la LGEEPA: Artículo 1, 28, 30, 88, 95, y 117.

### **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos**

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003. Última reforma publicada DOF 19-01-2018. El Reglamento de la Ley fue publicado el 30 de noviembre de 2006.

El Artículo 1 establece que esta Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Other applicable Articles of the General Law for the Prevention and Comprehensive Management of Hazardous Waste are Articles 2, 7, 19, 20 and 95.

### **Federal Law on Monuments and Archaeological, Artistic and Historical Areas**

Law published in the Official Gazette of the Federation on May 6, 1972. Last Reform DOF 16-02-2018.

Based on Article 2, this Law establishes public utility, research, protection, conservation, restoration and recovery of archaeological, artistic and historical monuments and monuments areas.

In Article 27 establishes that the movable and immovable archaeological monuments, are property of the Nation, inalienable and imprescriptible.

Its Regulation was published in the Official Gazette of the Federation on December 8, 1975 and the last published reform dates from 08-07-2015.

### **Law of Discharge in Mexican Marine Zones**

Law published in the Official Gazette of the Federation on January 17, 2014.

Article 3 mentions that it is a Discharge in Mexican marine areas, any of the following assumptions:

Otros Artículos aplicables de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Peligrosos son los Artículos 2, 7, 19, 20 y 95.

### **Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas**

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de mayo de 1972. Última Reforma DOF 16-02-2018.

En base a su Artículo 2, esta Ley establece de utilidad pública, la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos.

En su Artículo 27 establece que los monumentos arqueológicos muebles e inmuebles, son propiedad de la Nación, inalienables e imprescriptibles.

Su Reglamento fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de diciembre de 1975 y la última reforma publicada data del 08-07-2015.

### **Ley de Vertimientos en Zonas Marinas Mexicanas**

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de enero de 2014.

El artículo 3 menciona que es vertimiento en las zonas marinas mexicanas, cualquiera de los supuestos siguientes:

- The placement of materials or objects of any nature, in order to create artificial reefs, wharves, breakwaters, breakwaters, or any other structure, and
- The re-suspension of sediment in the body of water, by any method or procedure, which brings as a consequence its sedimentation.

Article 5 of the same Law indicates that the SEMARNAT is the authority in matters of dumping and among its faculties are the granting and cancellation of the discharge permits, monitoring its compliance; likewise, suspend any discharge; also carry out oceanographic research, actions, issue rulings, resolutions and formats, among others.

### General Wildlife Law

Law published in the Official Gazette of the Federation on July 3, 2000. Last Reform DOF 19-01-2018.

In Article 1 of this Law it is established that it is of public order and of social interest, regulatory of the third paragraph of article 27 and of fraction XXIX, subsection G of article 73 of the Constitution. Its purpose is to establish the concurrence of the Federal Government, the governments of the States and the Municipalities, within the scope of their respective competences, regarding the conservation and sustainable use of wildlife and their habitat in the territory of the Mexican Republic and in the areas where the Nation exercises its jurisdiction.

The sustainable use of timber and non-timber forest resources and of the species whose total livelihood is water will be

- La colocación de materiales u objetos de cualquier naturaleza, con el objeto de crear arrecifes artificiales, muelles, espigones, escolleras, o cualquier otra estructura, y
- La re suspensión de sedimento en el cuerpo de agua, por cualquier método o procedimiento, que traiga como consecuencia su sedimentación.

El artículo 5 de la misma Ley indica que la SEMARNAT es la autoridad en materia de vertimientos y entre sus facultades se encuentran el otorgar y cancelar los permisos de vertimientos vigilando su cumplimiento; asimismo, suspender cualquier vertimiento; también realizar investigaciones oceanográficas, actuaciones, emitir dictámenes, resoluciones y formatos, entre otras.

### Ley de General de Vida Silvestre

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. Última Reforma DOF 19-01-2018.

En el Artículo 1 de esta Ley se establece que es de orden público y de interés social, reglamentaria del párrafo tercero del artículo 27 y de la fracción XXIX, inciso G del artículo 73 constitucionales. Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción.

El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables y de las especies cuyo medio de vida

regulated by forestry and fishing laws, respectively, unless they are species or populations at risk. This law established the NOM-059-SEMARNAT-2010 to identify those species and populations at risk as well as priority for conservation.

### **Federal Law on Metrology and Standardization**

Law published in the Official Gazette of the Federation on July 1, 1992. Last Reform DOF 15-06-2018.

This law establishes the dispositions of public order and of social interest in matters such as Metrology, Normalization, Certification, Accreditation and Verification.

Article 5 of this Law contemplates the general system of units of only legal measure and mandatory use for the United Mexican States.

Article 6 gives guidelines for the implementation of the measurement unit of another system because they are related to foreign countries that have not adopted the same system as Mexico, and have the obligation to make the equivalence to the General System of Measures, unless that the Ministry of Economy exempt him from it.

Other applicable Articles of the Federal Law on Metrology and Standardization are: Articles 15, 17, 18, 20, 52, 54, 56 and 57.

total sea el agua, será regulado por las leyes forestal y de pesca, respectivamente, salvo que se trate de especies o poblaciones en riesgo. Esta ley estableció la NOM-059-SEMARNAT-2010 para identificar a aquellas especies y poblaciones en riesgo así como prioritarias para la conservación.

### **Ley Federal Sobre Metrología y Normalización**

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992. Última Reforma DOF 15-06-2018.

Esta ley establece las disposiciones de orden público y de interés social en materias como Metrología, Normalización, Certificación, Acreditamiento y Verificación.

En el artículo 5 de la presente Ley se contempla el sistema general de unidades de medida única legal y de uso obligatorio para los Estados Unidos Mexicanos.

En el artículo 6 da pauta para la implementación de la unidad de medida de otro sistema por estar relacionados con países extranjeros que no hayan adoptado el mismo sistema que México, y tiene la obligación de hacer la equivalencia al Sistema General de Medidas, a no ser que la Secretaría de Economía lo exima de ella.

Otros Artículos aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización son: Artículos 15, 17, 18, 20, 52, 54, 56 y 57.



## Federal Labor Law

Law published in the Official Gazette of the Federation on April 1, 1970. Last Reform DOF 22-06-2018.

Article 1. The Law is of general observance throughout the Republic and governs the labor relations included in article 123 of the Constitution and which refers to the social organization of work, according to the law.

Art. 123 of the Constitution, in section A indicates, among others, the following regulations related to any work contract:

- The duration of the maximum working day will be eight hours.
- The maximum working night shift will be 7 hours. Prohibited are: unhealthy or dangerous work, industrial night work and all other work after ten o'clock at night, of those under sixteen years of age;
- The use of work by children under fifteen is prohibited. Those over this age and under sixteen will have a maximum of six hours.
- For every six days of work, the operator must enjoy a rest day, at least.
- Equal pay should correspond to equal work, regardless of sex or nationality.

In this sense, the Federal Labor Law details and regulates the work relationship understood as whatever the act that gives rise to it, the provision of a personal work subordinated to a person, through the payment of a salary.

## Ley Federal del Trabajo

Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 01 de abril de 1970. Última Reforma DOF 22-06-2018.

Artículo 1. La Ley es de observancia general en toda la República y rige las relaciones de trabajo comprendidas en el artículo 123 de la Constitución y que se refiere a la organización social de trabajo, conforme a la ley

El Art. 123 de la Constitución, en su apartado A indica, entre otras, las siguientes regulaciones relacionadas a todo contrato de trabajo:

- La duración de la jornada máxima será de ocho horas.
- La jornada máxima de trabajo nocturno será de 7 horas. Quedan prohibidas: las labores insalubres o peligrosas, el trabajo nocturno industrial y todo otro trabajo después de las diez de la noche, de los menores de dieciséis años;
- Queda prohibida la utilización del trabajo de los menores de quince años. Los mayores de esta edad y menores de dieciséis tendrán como jornada máxima la de seis horas.
- Por cada seis días de trabajo deberá disfrutar el operario de un día de descanso, cuando menos.
- Para trabajo igual debe corresponder salario igual, sin tener en cuenta sexo ni nacionalidad.

En este sentido, la Ley Federal del Trabajo detalla y regula la relación de trabajo entendida esta como cualquiera que sea el acto que le dé origen, la prestación de un trabajo personal subordinado a una persona, mediante el pago de un salario.

## Legislations and State Regulations

### Political Constitution of the Free and Sovereign State of Sonora

Published in the Official Journal of Sonora on September 29, 1971, the Constitution of the State of Sonora states, in its Article 1, that everyone has the right to access, dispose and sanitation of water for personal and domestic consumption in a sufficient, healthy way, acceptable and affordable.

In addition, Article 137 states that the municipalities, within their respective jurisdictions, will be responsible for public functions and services in relation to drinking water, drainage, sewage, treatment and disposal of wastewater, also noting in Article 138 that Municipalities, after agreement between their municipalities, may coordinate and associate for the most effective provision of public services or the best exercise of the functions that correspond to them. In this case and in the case of the association of State Municipalities with Municipalities of another or other States, they must have the approval of the State Congress.

### Law on Public-Private Partnerships for Services of the State of Sonora

This Law was published on July 14, 2008, prior to the Federal Law in the same matter and was the object of several modifications and amendments thereafter, the last one being published on August 3, 2017.

## Legislación y Reglamentos ESTATALES

### Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Sonora

Publicada en el Periódico Oficial de Sonora el 29 de septiembre de 1971, la Constitución del Estado de Sonora señala, en su Artículo 1º, que Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.

Asimismo, en su Artículo 137 señala que los municipios, dentro de sus respectivas jurisdicciones, tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos en relación al agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales señalando además en el Artículo 138 que los municipios, previo acuerdo entre sus Ayuntamientos, podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos o el mejor ejercicio de las funciones que les correspondan. En este caso y tratándose de la asociación de Municipios del Estado con Municipios de otro u otros Estados, deberán contar con la aprobación del Congreso del Estado.

### Ley de Alianzas Publico Privadas de Servicios del Estado de Sonora

Esta Ley fue publicada con fecha 14 de julio de 2008, previo a la Ley Federal en la misma materia y fue objeto de varias modificaciones y reformas con posterioridad, siendo la ultima publicada el 3 de Agosto de 2017.

The law of public order is intended to regulate the actions relating to the authorization, planning, programming, budgeting, contracting, spending and monitoring of projects carried out under the modality of public-private partnership of services, as well as contracts that with this character they celebrate the dependencies, the decentralized organisms, the companies of majority state participation and the state public trusts of the Government of the State, as well as the City councils of the municipalities of the State, their dependencies, decentralized organisms, companies of majority participation and the municipal public trusts.

In Article 2 the Public Private Partnership of Services or Alliance is defined as the association between a Contracting Entity and a Supplier through which the latter is obliged to provide, in the long term, one or more services with the assets that it constructs or provides, by itself or through a third party, including public assets, in exchange for a consideration payable by the Contracting Entity for the services that are provided to it and according to the performance of the Supplier

The body of the law and its regulations establish the bases and procedures to carry out projects under this modality.

### **Water Law of the State of Sonora**

Law published in the Official Gazette of Sonora on June 26, 2006.

Article 1 mentions that the provisions of the Law are of public order and social interest and regulate the participation of state and municipal authorities, as well as the private and social sectors, in the planning and hydraulic programming and administration, management and water conservation, in the

La ley es de orden público tiene por objeto regular las acciones relativas a la autorización, planeación, programación, presupuestación, contratación, gasto y seguimiento de los proyectos que se lleven a cabo bajo la modalidad de alianza público privada de servicios, así como los contratos que con ese carácter celebren las dependencias, los organismos descentralizados, las empresas de participación estatal mayoritaria y los fideicomisos públicos estatales del Gobierno del Estado, así como los Ayuntamientos de los municipios del Estado, sus dependencias, organismos descentralizados, empresas de participación municipal mayoritarias y los fideicomisos públicos municipales.

En el Artículo 2 se define la Alianza Público Privada de Servicios o Alianza como la asociación entre un Ente Contratante y un Proveedor mediante la cual éste se obliga a prestar, a largo plazo, uno o más servicios con los activos que el mismo construya o provea, por sí o a través de un tercero, incluyendo activos públicos, a cambio de una contraprestación pagadera por el Ente Contratante por los servicios que le sean proporcionados y según el desempeño del Proveedor

El cuerpo de la ley y su reglamento, establecen las bases y procedimientos para llevar a cabo proyectos bajo esta modalidad.

### **Ley del Agua del Estado de Sonora**

Ley publicada en el Periódico oficial de Sonora el 26 de junio de 2006.

En el artículo 1 se mencionan que las disposiciones de la Ley son de orden público e interés social y regulan la participación de las autoridades estatales y municipales, así como de los sectores privado y social, en la planeación y programación hidráulica y la administración, manejo y conservación del agua, en la prestación de

provision of potable water services, drainage, sewerage, treatment and disposal of wastewater, as well as in the execution of studies, projects and works related to water resources within the framework of the sustainable development of the hydric resource of the State.

Article 37 indicates that the municipalities will provide public services of drinking water, drainage, sewage, treatment and disposal of wastewater, as follows:

- Through a decentralized municipal public body or a majority municipal participation company
- Through the concession regime;
- In consultation with individuals and / or with the social and private sectors
- By signing agreements with the State Executive

Article 48 states that the Commission, municipal councils or municipal operating agencies may, through public bidding, summon the social and private sectors to carry out hydraulic infrastructure works and associated services.

Other applicable articles of the Water Law of the State of Sonora: 3, 55 and 61.

### **Law of Ecological Balance and Environmental Protection of the State of Sonora**

The objective of this law, which is mentioned in Article 1, is to promote sustainable development and establish the bases for the prevention and control of air, water and soil pollution in the

los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, así como en la realización de los estudios, proyectos y obras relacionadas con los recursos hídricos en el marco del desarrollo sustentable del Estado.

En el artículo 37 se indica que los ayuntamientos prestarán los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales, de la siguiente forma:

- A través de un organismo público descentralizado municipal o de una empresa de participación municipal mayoritaria
- Mediante el régimen de concesión;
- En concertación con particulares y/o con los sectores social y privado
- Mediante la celebración de convenios con el Ejecutivo del Estado

En el artículo 48 se indica que la Comisión, los ayuntamientos o los organismos operadores municipales, podrán mediante licitación pública, convocar a los sectores social y privado para la realización de obras de infraestructura hidráulica y los servicios asociados.

Otros artículos aplicables de la Ley del Agua del Estado de Sonora: 3, 55 y 61.

### **Ley Del Equilibrio Ecológico Y Protección Al Ambiente Del Estado De Sonora**

El objetivo de esta ley el cual se menciona en el Artículo 1 es propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo en el territorio del

territory of the state that is not federal jurisdiction, at the same way, the sustainable use, preservation and restoration of soil, water and other natural resources.

Article 7 mentions the obligations that the State has, which are:

- The formulation, conduct and evaluation of the state environmental policy.
- The Regulation of the sustainable use, the prevention and control of the contamination of the waters of state jurisdiction, as well as of the national waters assigned to it by the State.
- The evaluation of the environmental impact of the works or activities referred to in this law and the issuance of the corresponding authorizations.

Article 26 states that natural or legal persons, public or private, who intend to perform works that may cause damage to the environment, ecological imbalances or exceed the limits indicated in the regulations or standards must have authorization in terms of impact before start with the works.

Other applicable articles of this law are: 15 and 103.

### Law of Goods and Concessions of the State of Sonora

Law published in the Official Gazette of Sonora on December 31, 1992.

estado que no sea jurisdicción federal, de la misma manera, el aprovechamiento sustentable, preservación y restauración del suelo, agua y demás recursos naturales.

En el artículo 7 se mencionan las obligaciones que tiene el Estado, las cuales son:

- La Formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal.
- La Regulación del aprovechamiento sustentable , la prevención y control de la contaminación de las aguas de jurisdicción estatal, así como de las aguas nacionales que tenga asignadas el Estado.
- La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere esta ley y la expedición de las autorizaciones correspondientes.

El artículo 26 señala que las personas físicas o morales, públicas o privadas, que pretendan realizar obras que puedan causar algún daño al ambiente, desequilibrios ecológicos o rebasar los límites indicados en los reglamentos o normas deberán contar con la autorización en materia de impacto antes de comenzar con las obras.

Otros artículos aplicables de la LEEPA del estado de Sonora: 15 y 103.

### Ley De Bienes Y Concesiones Del Estado De Sonora

Ley publicada en el Periódico Oficial de Sonora el 31 de diciembre de 1992.

En el artículo 1 de esta ley se menciona el objetivo el cual es establecer el régimen jurídico de los bienes del dominio del Estado de

Article 1 of this law mentions the objective which is to establish the legal regime of the properties of the State of Sonora, regulate the acts of administration, use, exploitation, disposal, control, inspection and monitoring thereof.

In article 23 defines as goods destined to a public service to the real estate that form part of the patrimony of the decentralized organisms whenever they are destined in the exploitation of goods or in the presentation of services.

Other applicable articles of the law of goods and concessions of the state of Sonora: 6, 8.

### **Social Development Law of the State of Sonora**

The social development law of Sonora in article 3 talks about social rights to basic services of drinking water and drainage.

In article 41 it is mentioned that the programs and works of environmental sanitation, urban equipment and infrastructure for drinking water, drainage, electrification, roads and other communication routes in rural and marginalized areas will be a priority for the allocation of budgetary resources.

### **Law for the Promotion of the Culture of Water Care for the State of Sonora**

The objective of the law to promote the culture of water care for the State of Sonora is to establish the bases to promote the

Sonora, regular los actos de administración, uso, aprovechamiento, explotación, enajenación, control, inspección y vigilancia de los mismos.

En artículo 23 define como bienes destinados a un servicio público a los inmuebles que formen parte del patrimonio de los organismos descentralizados siempre que se destinen en la explotación de bienes o en la presentación de servicios.

Otros artículos aplicables de la ley de bienes y concesiones del estado de Sonora: 6, 8.

### **Ley de Desarrollo Social del Estado de Sonora**

La ley de desarrollo social de Sonora en el artículo 3 habla sobre los derechos sociales a los servicios básicos de agua potable y drenaje.

En el artículo 41 hace mención que los programas y obras de saneamiento ambiental, equipamiento urbano e infraestructura para agua potable, drenaje, electrificación, caminos y otras vías de comunicación en áreas rurales y marginadas serán prioritarias para la asignación de los recursos presupuestales.

### **Ley de Fomento de la Cultura del Cuidado del Agua para el Estado de Sonora**

El objetivo de la ley de fomento a la cultura del cuidado del agua para el Estado de Sonora es el establecer las bases para fomentar el uso

rational use of water and promote the culture of austerity and efficient use of water.

Article 4 mentions that the executive may enter into agreements with federal and municipal facilities for compliance with the law.

### **Law of Territorial Planning and Urban Development of the State of Sonora**

Article 1 of the present law has the objective of regulating the territorial ordering of human settlements and urban development, organizing the system of population centers in the Entity and ensuring sufficient infrastructure and equipment, as well as coordination of actions between the State and the city councils in the planning, administration and operation of urban development.

Article 87 states that the urban development programs of population centers will regulate the introduction of service infrastructure networks.

### **Legislation and Municipal Regulations**

#### **Regulation of the Law of Ecological Balance and Protection of the Environment for the Municipality of Caborca, Sonora**

Article 174 mentions that the Municipality, in accordance with the provisions of the Water Law, will provide potable water, drainage, sewage, treatment, sanitation, disposal and reuse of wastewater service in the following manner:

racional del agua y promover la cultura de austeridad y aprovechamiento eficiente del agua.

En el artículo 4 se menciona que el titular del ejecutivo podrá celebrar convenios con las instalaciones federales y municipales para el cumplimiento de la ley.

### **Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora**

En el artículo 1 de la presente ley se tiene como objetivo regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano, organizar el sistema de los centros de población en la Entidad y asegurar la dotación suficiente de infraestructura y equipamiento, así como la coordinación de acciones entre el Estado y los ayuntamientos en materia de planeación, administración y operación del desarrollo urbano.

El artículo 87 señala que los programas de desarrollo urbano de los centros de población normarán la introducción de redes de infraestructura de servicios.

### **Legislación y Reglamentos Municipales**

#### **Reglamento de la Ley De Equilibrio Ecologico Y Proteccion Al Medio Ambiente Para El Municipio De Caborca, Sonora**

En el artículo 174 se menciona que el Municipio, conforme a lo dispuesto en la Ley de Agua, prestará el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento, saneamiento, disposición y reúso de aguas residuales de la siguiente forma:

- Through a decentralized municipal public body or a majority municipal participation company
- Through the concession regime
- In consultation with individuals and / or with the social and private sectors

### Construction regulations for the municipality of Caborca, Sonora

Article 1 of the present regulation mentions that all construction, modification, extension, as well as installation of services on public roads, that are carried out within H. Caborca must comply with the provisions contained in these Regulations and in the Law of Territorial Organization and Urban Development of the State of Sonora.

### Internal Regulation of OOMAPAS of Puerto Peñasco, Sonora

The OOMAPAS of Puerto Peñasco, as a decentralized body of the municipal public administration with legal personality and its own patrimony and with administrative authority functions, has as its object: to administer, operate, maintain, preserve and improve the public service of potable water and sewage and the services relating to the maintenance of population centers and human, urban and rural settlements, of the Municipality of Puerto Peñasco, Sonora, as well as the construction, rehabilitation, and expansion of the infrastructure required for the provision of the

- A través de un organismo público descentralizado municipal o de una empresa de participación municipal mayoritaria
- Mediante el régimen de concesión
- En concertación con particulares y/o con los sectores social y privado

### Reglamento de construcción para el municipio de Caborca, Sonora

El Artículo 1 del presente reglamento menciona que todas las obras de construcción, modificación, ampliación, así como de instalación de servicios en la vía pública, que se realicen dentro H. Caborca deberán cumplir con las disposiciones contenidas en el presente Reglamento y en la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora.

### Reglamento Interior de OOMAPAS de Puerto Peñasco, Sonora

El OOMAPAS de Puerto Peñasco, como organismo descentralizado de la administración pública municipal con personalidad jurídica y patrimonio propio y con funciones de autoridad administrativa tiene como objeto: administrar, operar, mantener, conservar y mejorar el servicio público de agua potable y alcantarillado y los servicios relativos al mantenimiento a los centros de población y asentamientos humanos, urbanos y rurales, del Municipio de Puerto Peñasco, Sonora, así como el de construir, rehabilitar ampliar la infraestructura requerida para la prestación del servicio público a su



public service under their charge, in addition to the attached services as wastewater treatment plants and sludge management, is responsible for the achievement of the objectives and the exercise of the powers that the Water Law of the State of Sonora confers on the Operator Organizations.

The application of this Regulation is the responsibility of OOMAPAS of Puerto Peñasco, whose purpose is to regulate its organization and operation.

### Other Provisions To Which The Project Is Subject

- The Urban Development Law of the State of Sonora
- Planning Law of the State of Sonora
- Sectorial Program for Sustainable Infrastructure and Urban Development
- Fiscal Code of the Federation and the Regulation of the Fiscal Code of the Federation

### Official Mexican Regulations on Water

The official Mexican standards are mandatory technical regulations issued by the competent standardizing units through the National Standardization Advisory Committees, pursuant to Article 40 of the Federal Law on Metrology and Standardization (LFMN), which establish rules, specifications, attributes, guidelines, characteristics or prescriptions applicable to a product, process, installation, system, activity, service or method of production or operation, as well as those related to terminology, symbology, packaging, marking or labeling.

cargo, además de los servicios anexos como plantas de tratamiento de aguas residuales y manejo de lodos, tiene a su cargo el logro de los objetivos y el ejercicio de las facultades o atribuciones que la Ley de Agua del Estado de Sonora confiere a los Organismos Operadores.

La aplicación del presente Reglamento compete al OOMAPAS de Puerto Peñasco, cuyo objeto es regular su organización y funcionamiento.

### Demás Disposiciones A Las Que Se Sujeta El Proyecto

- Ley De Desarrollo Urbano Del Estado De Sonora
- Ley de Planeación del Estado de Sonora
- Programa Sectorial de Infraestructura y Desarrollo Urbano Sustentables
- Código Fiscal de la Federación y el Reglamento del Código Fiscal de la Federación

### Normas Oficiales Mexicanas en Materia del Agua

Las normas oficiales mexicanas, son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras competentes a través los Comités Consultivos Nacionales de Normalización, conforme al artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

The National Water Commission, through the National Advisory Committee on the Water Sector, prepares the official Mexican standards.

1. Official Mexican Standard NOM-250-SSA1-2014, Water for human use and consumption. Maximum permissible limits of water quality.
2. Official Mexican Standard NOM-230-SS A1-2002 Environmental Health. Water for human use and consumption. Sanitary requirements that must be met in the supply systems
3. Official Mexican Standard NOM-001-CONAGUA-2011 Drinking water systems, domestic plumbing and sanitary sewer systems
4. A1-2002, Environmental health. Water for human use and consumption, sanitary requirements that must be met in public and private supply systems.
5. Official Mexican Standard NOM-015-CONAGUA-2007, artificial infiltration of water to aquifers.
6. Official Mexican Standard NOM-014-CONAGUA-2003, Requirements for the artificial recharge of aquifers with treated wastewater.
7. Official Mexican Standard NOM-230-SSA1-2002, Environmental Health. Water for human use and consumption, sanitary requirements that must be met in public and private supply systems
8. Official Mexican Standard NOM-011-CONAGUA-2000, Conservation of water resources

La Comisión Nacional del Agua, por conducto del Comité Consultivo Nacional del Sector Agua, elabora las normas oficiales mexicanas.

1. Norma Oficial Mexicana NOM-250-SSA1-2014, Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua.
2. Norma Oficial Mexicana NOM-230-SS A1-2002 Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento
3. NOM-001-CONAGUA-2011 Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario
4. A1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados.
5. NORMA Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.
6. NORMA Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
7. NORMA Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados
8. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000, Conservación del recurso agua

9. Official Mexican Standard NOM-179-SSA1-1998, Surveillance and evaluation of water quality control for human use and consumption, distributed by public supply systems.
10. Official Mexican Standard NOM-007-CONAGUA-1997, Security requirements for the construction and operation of water tanks.
11. Official Mexican Standard NOM-003-SEMARNAT-1997, Which establishes the maximum permissible limits of contaminants for treated wastewater that is reused in services to the public.
12. Official Mexican Standard NOM-003-CONAGUA-1996, Requirements during the construction of water extraction wells to prevent contamination of aquifers.
13. Official Mexican Standard NOM-004-CONAGUA-1996 Requirements for the protection of aquifers during the maintenance and rehabilitation of water extraction wells and for the closure of wells in general.
14. Official Mexican Standard NOM-005-CONAGUA-1996 Flushometers - Published in the Official Gazette of the Federation on July 25, 1997.
15. Official Mexican Standard NOM-001-SEMARNAT-1996, Which establishes the maximum permissible limits of contaminants in wastewater discharges in national waters and goods.
16. Official Mexican Standard NOM-127-SSA1-1994, Environmental health, water for human use and consumption- Permissible quality limits and treatments to which water must be submitted for its purification.

9. NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-1998, Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.
10. Norma Oficial Mexicana NOM-007-CONAGUA-1997, Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua.
11. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
12. Norma Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.
13. Norma Oficial Mexicana NOM-004-CONAGUA-1996 Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.
14. NOM-005-CONAGUA-1996 Fluxómetros- Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de julio de 1997.
15. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
16. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

17. Official Mexican Standard NOM-012-SSA1-1993, Sanitary requirements that water supply systems for public and private human use and consumption must meet.

18. Official Mexican Standard NOM-146-SEMARNAT-2005, Which establishes the methodology for the preparation of plans that allow the cartographic location of the federal maritime land area and lands reclaimed from the sea that are requested in concession.

19. Official Mexican Standard NOM-031-ECOL-1993, Which establishes the maximum permissible limits of contaminants in wastewater discharges from industry.

17. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993, Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.

18. Norma Oficial Mexicana NOM-146-SEMARNAT-2005, Que establece la metodología para la elaboración de planos que permitan la ubicación cartográfica de la zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar que se soliciten en concesión.

19. Norma Oficial Mexicana NOM-031-ECOL-1993, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria.

## Current Mexican Standards

Article 54 of the Federal Law on Metrology and Standardization mentions that Mexican standards will be a reference to determine the quality of the products and services in question, particularly for the protection and orientation of consumers.

1. NMX-AA-042-SCFI-2015 Water analysis - Enumeration of organisms.
2. NMX-AA-034-SCFI-2015 Water analysis - Measurement of dissolved solids and salts.
3. NMX-AA-115-SCFI-2015 Water analysis-General criteria for quality control

## Normas Mexicanas Vigentes

El artículo 54 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización menciona que las normas mexicanas, constituirán referencia para determinar la calidad de los productos y servicios de que se trate, particularmente para la protección y orientación de los consumidores.

1. NMX-AA-042-SCFI-2015 Análisis de agua - Enumeración de organismos.
2. NMX-AA-034-SCFI-2015 Análisis de agua - Medición de sólidos y sales disueltas.
3. NMX-AA-115-SCFI-2015 Análisis de agua-Criterios generales para el control de la calidad

4. NMX-AA-044-SCFI-2014 Water analysis.- Measurement of hexavalent chromium in water.
5. NMX-AA-074-2014 Water analysis - Measurement of sulfate ion in water.
6. NMX-AA-004-SCFI-2013 Water analysis - Measurement of settleable solids in waters.
7. NMX-AA-166/1-SCFI-2013 Meteorological, climatological and hydrological stations. Part 1: Technical specifications that must be met
8. NMX-AA-166/2-SCFI-2015 Meteorological, climatological and hydrological stations. Part 2: Technical specifications that must be met.
9. NMX-AA-005-SCFI-2013 Water analysis - Measurement of recoverable fats and oils.
10. NMX-AA-007-SCFI-2013 Water analysis - Measurement of water temperature
11. NMX-AA-030/1-SCFI-2012 Water analysis - Measurement of chemical oxygen demand in water
12. NMX-AA-159-SCFI-2012 That establishes the procedures for determining the ecological flow in hid basins.
13. NMX-AA-113-SCFI-2012 Water Analysis-Measurement of the number of helminth eggs in wastewater.
14. NMX-AA-030/2-SCFI-2011 Water analysis - Determination of chemical oxygen demand in waters
15. NMX-AA-008-SCFI-2011 Water analysis - Determination of pH - Test method.
16. NMX-AA-026-SCFI-2010 Water analysis - Measurement of total kjeldahl nitrogen in water
17. NMX-AA-154-SCFI-2011 Water Analysis-Determination of nitrite nitrogen in water
18. NMX-AA-087-SCFI-2010 Water Analysis - Acute toxicity assessment with Daphnia magna straus
19. NMX-AA-089/1-SCFI-2010 Protection of the environment - Water quality - Vocabulary - Part 1.

4. NMX-AA-044-SCFI-2014 Análisis de agua.- Medición de cromo hexavalente en aguas.
5. NMX-AA-074-2014 Análisis de agua - Medición del ión sulfato en aguas.
6. NMX-AA-004-SCFI-2013 Análisis de agua - Medición de sólidos sedimentables en aguas.
7. NMX-AA-166/1-SCFI-2013 Estaciones meteorológicas, climatológicas e hidrológicas. Parte 1: Especificaciones técnicas que deben cumplir
8. NMX-AA-166/2-SCFI-2015 Estaciones meteorológicas, climatológicas e hidrológicas. Parte 2: Especificaciones técnicas que deben cumplir.
9. NMX-AA-005-SCFI-2013 Análisis de agua – Medición de grasas y aceites recuperables.
10. NMX-AA-007-SCFI-2013 Análisis de agua – Medición de la temperatura en aguas
11. NMX-AA-030/1-SCFI-2012 Análisis de agua- Medición de la demanda química de oxígeno en aguas
12. NMX-AA-159-SCFI-2012 Que establece los procedimientos para la determinación del caudal ecológico en cuencas hid.
13. NMX-AA-113-SCFI-2012 Análisis de agua-Medición del número de huevos de helminto en aguas residuales.
14. NMX-AA-030/2-SCFI-2011 Análisis de agua- Determinación de la demanda química de oxígeno en aguas
15. NMX-AA-008-SCFI-2011 Análisis de agua - Determinación del pH- Método de prueba.
16. NMX-AA-026-SCFI-2010 Análisis de agua - Medición de nitrógeno total kjeldahl en aguas
17. NMX-AA-154-SCFI-2011 Análisis de agua–Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas
18. NMX-AA-087-SCFI-2010 Análisis de agua- Evaluación de toxicidad aguda con Daphnia magna straus
19. NMX-AA-089/1-SCFI-2010 Protección al ambiente- Calidad del agua-Vocabulario - Parte 1.

20. NMX-AA-089/2-SCFI-2010 Protection of the environment- Water quality-Vocabulary-Part 2.
  21. NMX-AA-099-SCFI-2006 Water analysis- Determination of nitrogen of nitrites in water
  22. NMX-AA-147-SCFI-2008 Drinking water, drainage and sanitation services.
  23. NMX-AA-148-SCFI-2008 Drinking water, drainage and sanitation-Efficiency-Methodology to evaluate the quality of services. Part 1.-Guidelines for the evaluation and improvement of the service to users.
  24. NMX-AA-149/1-SCFI-2008 Drinking water, drainage and sanitation-Efficiency.-Methodology to evaluate the efficiency of service providers. Part 1.-Guidelines for the management of wastewater service providers and for the evaluation of wastewater services.
  25. NMX-AA-149/2-SCFI-2008 Drinking water, drainage and sanitation-Efficiency-Methodology to evaluate the efficiency of service providers. Part 2.- Guidelines for the management of drinking water service providers and for the evaluation of drinking water services.
  26. NMX-AA-135-SCFI-2007 Water purification for human use and consumption-Polyamines-
  27. NMX-AA-136-SCFI-2007 Water purification for human use and consumption-diallyldimethylammonium polychloride.
  28. NMX-AA-137-SCFI-2007 Water purification for human use and consumption-Polyacrylamides.
  29. NMX-AA-140-SCFI-2007 Water purification for human use and consumption-Sodium silicate.
  30. NMX-AA-102-SCFI-2006 Water quality - Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliform organisms and presumptive Escherichia coli.
  31. NMX-AA-122-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Aluminum sulphate.
20. NMX-AA-089/2-SCFI-2010 Protección al ambiente-Calidad del agua-Vocabulario-Parte 2.
  21. NMX-AA-099-SCFI-2006 Análisis de agua- Determinación de nitrógeno de nitritos en aguas
  22. NMX-AA-147-SCFI-2008 Servicios de agua potable, drenaje y saneamiento.
  23. NMX-AA-148-SCFI-2008 Agua potable, drenaje y saneamiento-Eficiencia- Metodología para evaluar la calidad de los servicios. Parte 1.-Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.
  24. NMX-AA-149/1-SCFI-2008 Agua potable, drenaje y saneamiento-Eficiencia.-Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores de servicio. Parte 1.-Directrices para la gestión de los prestadores de servicio de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual.
  25. NMX-AA-149/2-SCFI-2008 Agua potable, drenaje y saneamiento-Eficiencia- Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores de servicio. Parte 2.- Directrices para la gestión de los prestadores de servicio de agua potable y para la evaluación de los servicios de agua potable.
  26. NMX-AA-135-SCFI-2007 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Poliaminas-
  27. NMX-AA-136-SCFI-2007 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Policloruro de dialildimetilamonio.
  28. NMX-AA-137-SCFI-2007 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Poliacrilamidas.
  29. NMX-AA-140-SCFI-2007 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Silicato de sodio.
  30. NMX-AA-102-SCFI-2006 Calidad del agua- Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y Escherichia coli presuntiva.
  31. NMX-AA-122-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Sulfato de aluminio.

32. NMX-AA-123-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Calcium oxide and hydroxide.
  33. NMX-AA-124-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Sodium and calcium hypochlorites.
  34. NMX-AA-125-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Liquid chlorine.
  35. NMX-AA-126-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Sodium hydroxide.
  36. NMX-AA-127-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Sodium polyphosphate.
  37. NMX-AA-128-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Ferric sulphate.
  38. NMX-AA-129-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Ferric chloride
  39. NMX-AA-130-SCFI-2006 Water purification for human use and consumption-Aluminum polychloride
  40. NMX-AA-036-SCFI-2001 Water analysis - Determination of acidity and alkalinity in water
  41. NMX-AA-012-SCFI-2001 Water analysis - Determination of dissolved oxygen in water
  42. NMX-AA-028-SCFI-2001 Water analysis -Determination of biochemical oxygen demand in natural, residual waters (BOD5). and residuals treated.- Test method.
  43. NMX-AA-029-SCFI-2001 Water analysis-Determination of total phosphorus in water
  44. NMX-AA-038-SCFI-2001 Water analysis - Determination of turbidity in water
  45. NMX-AA-039-SCFI-2001 Water analysis-Determination of active substances to methylene blue (SAAM) in waters
  46. NMX-AA-045-SCFI-2001 Water analysis - Determination of cobalt platinum color in waters
  47. NMX-AA-050-SCFI-2001 Water analysis - Determination of total phenols in water
32. NMX-AA-123-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Óxido e hidróxido de calcio.
  33. NMX-AA-124-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Hipocloritos de sodio y calcio.
  34. NMX-AA-125-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Cloro líquido.
  35. NMX-AA-126-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Hidróxido de sodio.
  36. NMX-AA-127-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Polifosfato de sodio.
  37. NMX-AA-128-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Sulfato férrico.
  38. NMX-AA-129-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Cloruro férrico
  39. NMX-AA-130-SCFI-2006 Potabilización del agua para uso y consumo humano-Policloruro de aluminio
  40. NMX-AA-036-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de acidez y alcalinidad en aguas
  41. NMX-AA-012-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de oxígeno disuelto en aguas
  42. NMX-AA-028-SCFI-2001 Análisis de agua -Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO5). y residuales tratadas.- Método de prueba.
  43. NMX-AA-029-SCFI-2001 Análisis de aguas-Determinación de fósforo total en aguas
  44. NMX-AA-038-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de turbiedad en aguas
  45. NMX-AA-039-SCFI-2001 Análisis de aguas-Determinación de sustancias activas al azul de metileno (SAAM) en aguas
  46. NMX-AA-045-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de color platino cobalto en aguas
  47. NMX-AA-050-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de fenoles totales en aguas

48. NMX-AA-051-SCFI-2001 Water analysis - Determination of metals by atomic absorption in water
  49. NMX-AA-058-SCFI-2001 Water analysis - Determination of total cyanides in water
  50. NMX-AA-063-SCFI-2001 Water analysis - Determination of boron in water
  51. NMX-AA-072-SCFI-2001 Water analysis - Determination of total hardness in water
  52. NMX-AA-073-SCFI-2001 Water analysis - Determination of total chlorides in water
  53. NMX-AA-077-SCFI-2001 Water analysis-Determination of fluorides in waters
  54. NMX-AA-079-SCFI-2001 Analysis of water analysis- Determination of nitrates in natural, potable, residual and treated wastewater- Test method.
  55. NMX-AA-081-1986 Water contamination - Determination of nitrate nitrogen in seawater - method of reducing nitrate to nitrite in cadmium column.
  56. NMX-AA-108-SCFI-2001 Water quality - Determination of free chlorine and total chlorine - Test method.
  57. NMX-AA-116-SCFI-2001 Water analysis-Application guide for the presentation of alternative methods.
  58. NMX-AA-093-SCFI-2000 Water analysis-Determination of electrolytic conductivity.- Test method.
  59. NMX-AA-110-1995-SCFI Water analysis - Acute toxicity evaluation with *Artemia franciscana* Kellogg (anostraca) - Test method.
  60. NMX-AA-112-1995-SCFI Analysis of water and sediments- Evaluation of acute toxicity with *Photobacterium phosphoreum*-Test method.
  61. NMX-AA-100-1987 Water quality - Determination of total chlorine - Iodometric method.
  62. NMX-AA-082-1986 Water pollution - determination of nitrate nitrogen - ultraviolet spectrophotometric method.
48. NMX-AA-051-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de metales por absorción atómica en aguas
  49. NMX-AA-058-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de cianuros totales en aguas
  50. NMX-AA-063-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de boro en aguas
  51. NMX-AA-072-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de dureza total en aguas
  52. NMX-AA-073-SCFI-2001 Análisis de agua - Determinación de cloruros totales en aguas
  53. NMX-AA-077-SCFI-2001 Análisis de aguas-Determinación de fluoruros en aguas
  54. NMX-AA-079-SCFI-2001 Análisis de Análisis de aguas- Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas- Método de prueba.
  55. NMX-AA-081-1986 Contaminación de agua - Determinación de nitrógeno de nitrato en agua marina - método de reducción de nitrato a nitrito en columna de cadmio.
  56. NMX-AA-108-SCFI-2001 Calidad del agua-Determinación de cloro libre y cloro total- Método de prueba.
  57. NMX-AA-116-SCFI-2001 Análisis de agua-Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos.
  58. NMX-AA-093-SCFI-2000 Análisis de agua-Determinación de la conductividad electrolítica.- Método de prueba.
  59. NMX-AA-110-1995-SCFI Análisis del agua- Evaluación de toxicidad aguda con *Artemia franciscana* Kellogg (crustacea - anostraca) - Método de prueba.
  60. NMX-AA-112-1995-SCFI Análisis del agua y sedimentos- Evaluación de toxicidad aguda con *Photobacterium phosphoreum*-Método de prueba.
  61. NMX-AA-100-1987 Calidad del agua- Determinación de cloro total-Método iodométrico.



63. NMX-AA-101-1984 Water analysis - Radioactive strontium in water - Test method.
64. NMX-AA-083-1982 Water analysis- Odor determination.
65. NMX-AA-084-1982 Water analysis- Determination of sulfides.
66. NMX-AA-075-1982 Water analysis - Determination of silica.
67. NMX-AA-053-1981 Water analysis - determination of extractable material with chloroform.
68. NMX-AA-046-1981 Water analysis - determination of arsenic - spectrophotometric method.
69. NMX-AA-071-1981 Water analysis - Determination of organochlorine pesticides - Gas chromatography method.
70. NMX-AA-014-1980 Receiving bodies - Sampling.
71. NMX-AA-017-1980 Waters - Determination of color.

### Definition of Public Interest

The concept of Public Interest provided by the Mexican Legal Dictionary (1994), of the Supreme Court of Justice of the Nation: (written by Francisco M Cornejo Certucha).

It is the set of claims related to the collective needs of the members of a community and protected through the direct and permanent intervention of the State.

The expression "public utility" is frequently used in Mexican legislation, to mean the same thing that is denoted by the concept of "public interest".

62. NMX-AA-082-1986 Contaminación de agua - determinación de nitrógeno de nitrato - método espectrofotométrico ultravioleta.
63. NMX-AA-101-1984 Análisis de agua - Estroncio radiactivo en agua -Método de prueba.
64. NMX-AA-083-1982 Análisis de agua- Determinación de olor.
65. NMX-AA-084-1982 Análisis de agua- Determinación de sulfuros.
66. NMX-AA-075-1982 Análisis de agua - Determinación de sílice.
67. NMX-AA-053-1981 Análisis de agua - determinación de materia extractable con cloroformo.
68. NMX-AA-046-1981 Análisis de agua - determinación de arsénico - método espectrofotométrico.
69. NMX-AA-071-1981 Análisis de agua - Determinación de plaguicidas órganoclorados -Método de cromatografía de gases.
70. NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores – Muestreo.
71. NMX-AA-017-1980 Aguas - Determinación de color.

### Definición De Interés Público

El concepto de Interés Público que proporciona el Diccionario Jurídico Mexicano (1994), de la Suprema Corte de Justicia de la Nación: (escrito por Francisco M Cornejo Certucha).

Es el conjunto de pretensiones relacionadas con las necesidades colectivas de los miembros de una comunidad y protegidas mediante la intervención directa y permanente del Estado.

La expresión "utilidad pública" es usada frecuentemente en la legislación mexicana, para significar lo mismo que se denota con el concepto de "interés público".

## Congruence with Federal, State and Municipal Plans and Programs

In compliance with article 15 section IV, and article 26 of the Law on Public-Private Partnerships, same articles that state that the actions and projects promoted in the entity are of utmost importance for the development of the State are consistent with the Plan of National Development, with the Plans and programs that both for the sector and for the region where the proposed project is framed, likewise Article 103 of the Law of Public-Private Partnerships of Services of the State of Sonora, also requests that the project This is forwarded to the State Development Plan of the same state, for it to be considered by the Projects Committee.

## National Development Plan 2019-2024

The national development plan 2019-2024 will encourage private investment, both national and foreign, and establish a framework of legal certainty, honesty, transparency and clear rules.

## National Project 2019-2024

The present Nation Project 2019-2024 proposes to create a fund with public and private capital to finance the preparation of unsolicited projects. One of the infrastructure projects that are presented is the "Availability of potable water" where the country is being sought to achieve the assurance of water availability.

## Congruencia con los Planes y Programas Federales, Estatales y Municipales

En cumplimiento con el artículo 15 fracción IV, y artículo 26 de la Ley de Asociaciones Público Privadas, mismos artículos que exponen que es de suma importancia para el desarrollo del Estado que las acciones y proyectos que se promuevan en la entidad sean congruentes con el Plan de Nacional de Desarrollo, con los Planes y Programas que tanto para el sector como para la región donde se enmarca el proyecto propuesto, así mismo el artículo 103 de la Ley de Alianzas Público Privadas de Servicios del Estado de Sonora, también solicita que el proyecto este encaminado al Plan Estatal de Desarrollo del mismo estado, para que este sea considerado por el Comité de Proyectos.

## Plan Nacional De Desarrollo 2019-2024

En el plan nacional de Desarrollo 2019-2024 se alentará la inversión privada, tanto la nacional como la extranjera, y se establecerá un marco de certeza jurídica, honestidad, transparencia y reglas claras.

## Proyecto de Nación 2019-2024

El presente Proyecto de Nación 2019-2024 propone crear un fondo con capital público y privado para financiar la preparación de proyectos no solicitados. Uno de los proyectos de infraestructura que se presentan es el "Disponibilidad de agua potable" en donde se busca encaminar al país para alcanzar el aseguramiento de la disponibilidad de agua.

### Water National Project 2014-2018

Still in force, because the National Hydrological Program 2019-2024 has not been published in the DOF.

It is a planning instrument with a long-term vision that defines the route and the necessary elements to move towards water security and sustainability in the country. It establishes objectives, strategies and lines of action, whose progress and results will have to be assessed every two years for its corresponding update.

One of the most important objectives in the document is number 3 that indicates promoting appropriate access to the entire population, especially the vulnerable, to services with quantity and quality of drinking water, drainage and sanitation.

### State Development Plan 2016-2021

The State development plan 2016-2021 indicates a series of challenges to meet, in number 7 seeks to institutionalize policies for better use and distribution of water with the following strategies:

- Distribute water efficiently and equitably among different uses and users.
- Promote a new water culture aimed at reducing consumption, reusing wastewater, etc.

Challenge number 8 indicates Strengthening water supply and access to potable water, sewerage and sanitation services as well as agricultural production. Fulfilling the following lines of action:

### Proyecto de Nacional Hídrico 2014-2018

Aún vigente, debido a que el Programa Hídrico Nacional 2019-2024 no ha sido publicado en el DOF.

Es un instrumento de planificación con visión de largo plazo que define la ruta y los elementos necesarios para transitar hacia la seguridad y sustentabilidad hídrica del país. Establece objetivos, estrategias y líneas de acción, cuyos avances y resultados habrán de ser valorados cada dos años para su correspondiente actualización.

Uno de los objetivos más importantes en el documento es el número 3 que señala promover el acceso apropiado a toda la población, especialmente a la vulnerable, a servicios con cantidad y calidad de agua potable, drenaje y saneamiento.

### Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021

En el plan Estatal de desarrollo 2016-2021 se indica una serie de retos a cumplir, en el número 7 se busca Institucionalizar las políticas para un mejor aprovechamiento y distribución del agua con las siguientes estrategias:

- Distribuir el agua de manera eficiente y equitativa entre los diferentes usos y usuarios
- Impulsar una nueva cultura del agua orientada a reducir el consumo, reutilizar las aguas residuales, etc.

El reto número 8 indica Fortalecer el abastecimiento de agua y acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento así como

- Promote viable desalination and infrastructure projects for the use of new sources of supply.
- Provide better hydraulic infrastructure for the development of all regions of the state.
- Start works to guarantee quality water, drainage and efficient sanitation systems for indigenous communities and areas of high marginalization.
- Promote sanitation projects and reuse of wastewater.
- Increase the coverage and improvement of the quality in the supply of drinking water and sewage services in rural urban areas, among others.

### National Program for Urban Development 2014-2018

The National Urban Development Program 2014-2018 establishes six objectives that promote the transition towards a model of sustainable and intelligent development.

- Control the expansion of urban spots and consolidate cities to improve the quality of life of the inhabitants.
- Consolidate a model of urban development that generates welfare for citizens, guaranteeing social, economic and environmental sustainability.
- Design and implement normative, fiscal, administrative and control instruments for land management.

para la producción agrícola. Cumpliendo con las siguientes líneas de acción:

- Impulsar proyectos viables de desalación y de infraestructura para el aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento.
- Dotar de mejor infraestructura hidráulica para el desarrollo de todas las regiones del estado.
- Iniciar obras para garantizar agua de calidad, drenaje y sistemas de saneamiento eficientes para las comunidades indígenas y zonas de alta marginación.
- Impulsar proyectos de saneamiento y reusó de aguas residuales.
- Incrementar la cobertura y mejoramiento de la calidad en el suministro de los servicios de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas Rurales, entre otros.

### Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018

El Programa Nacional De Desarrollo Urbano 2014-2018 establece seis objetivos que promueven la transición hacia un modelo de desarrollo sustentable e inteligente.

- Controlar la expansión de las manchas urbanas y consolidar las ciudades para mejorar la calidad de vida de los habitantes.
- Consolidar un modelo de desarrollo urbano que genere bienestar para los ciudadanos, garantizando la sustentabilidad social, económica y ambiental.
- Diseñar e implementar instrumentos normativos, fiscales, administrativos y de control para la gestión del suelo.

- Promote a policy of sustainable mobility that guarantees the quality, availability, connectivity and accessibility of urban travel.
- Avoid human settlements in areas of risk and reduce the vulnerability of the urban population in the face of natural disasters.

Consolidate the National Policy of Regional Development based on vocations and local economic potential.

### Sector Program for Environment Natural Resources 2013-2018

The sectorial program of environment Natural Resources 2013-2018 is the result of a participatory effort of democratic planning. Its objectives, strategies, lines of action and indicators are aligned with the National Goal of Mexico Prospero of the National Development Plan 2013-2018 and the international commitments assumed by the country in this matter.

- Promote and facilitate sustained and sustainable growth of low carbon with equity and socially inclusive.
- Increase ecosystem resilience and reduce the vulnerability of the population, infrastructure and services to climate change.
- Strengthen the integrated and sustainable management of water, guaranteeing its access to the population and ecosystems.
- Retrieve the functionality of watersheds and landscapes through conservation, restoration and sustainable use of the natural heritage.

- Impulsar una política de movilidad sustentable que garantice la calidad, disponibilidad, conectividad y accesibilidad de los viajes urbanos.
- Evitar asentamientos humanos en zonas de riesgo y disminuir la vulnerabilidad de la población urbana ante desastres naturales.
- Consolidar la Política Nacional de Desarrollo Regional a partir de las vocaciones y potencialidades económicas locales.

### Programa sectorial de Medio Ambiente Recurso Naturales 2013-2018

El programa sectorial de medio ambiente Recursos Naturales 2013-2018 es el resultado de un esfuerzo participativo de planeación democrática. Sus objetivos, estrategias, líneas de acción e indicadores se alinean con la meta Nacional de México Próspero del Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018 y los compromisos internacionales asumidos por el país en la materia.

- Promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente.
- Incrementar la resiliencia ecosistémica y disminuir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y servicios al cambio climático.
- Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas
- Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentablemente del patrimonio natural.
- Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones.

- Increase water security in the face of droughts and floods.
- Stop and reverse the loss of natural capital and the contamination of water, air and soil.

Develop, promote and apply policy instruments, information, research, education, training, participation and human rights to strengthen environmental governance.

### **Sectorial Program of Sustainable Urban Development and Infrastructure of Sonora 2016-2021**

The sectorial program of infrastructure and sustainable urban development of Sonora 2016-2021 is derived from the State Development Plan 2016-2021, it is proposed to face in depth the challenges of the ordering of the territory, the protection of our natural heritage, sustainable mobility, better use and water distribution, broadening the conditions for the population's access to decent housing, and promoting savings in energy and the use of clean energy; among other challenges.

Regarding the hydraulic infrastructure, it is mentioned that the restructuring of all the water basins of the entity is indispensable, as well as the construction of wastewater treatment plants, desalination plants where necessary and investing so that the municipal organization improve their efficiency and significantly reduce the waste of the vital liquid.

There are several objectives to be met, each with its respective lines of action and strategies, however, one of the most important is the 13 that states the following:

- Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.
- Desarrollar, promover y aplicar instrumentos de política, información, investigación, educación, capacitación, participación y derechos humanos para fortalecer la gobernanza ambiental.

### **Programa Sectorial de infraestructura y Desarrollo Urbano Sustentables de Sonora 2016-2021**

El programa sectorial de infraestructura y desarrollo urbano sustentables de Sonora 2016-2021 es derivado del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2021, se propone enfrentar a fondo los retos del ordenamiento del territorio, la protección de nuestro patrimonio natural, movilidad sustentable, mejor aprovechamiento y distribución del agua, ampliar las condiciones para el acceso de la población a la vivienda digna, e impulsar el ahorro en la energía y el uso de energía limpia; entre otros desafíos.

En torno a la infraestructura hidráulica se menciona que es indispensable el reordenamiento de todas las cuencas hídricas de la entidad, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, desaladoras donde hagan falta e invertir para que los organismos municipales mejoren su eficiencia y reduzcan significativamente el desperdicio del vital líquido.

Se cuenta con varios objetivos a cumplir, cada uno con sus respectivas líneas de acción y estrategias, sin embargo, uno de los más importantes es el 13 que señala lo siguiente :

Distribute water efficiently and equitably among different uses and users, establishing a balance that considers the differences and the priority that social benefits should have over economic ones.

Objective 15 mentions that water supply and access to potable water, sewerage and sanitation services must be strengthened, as well as for agricultural production.

Objective 16 mentions the integral and sustainable management of water in watersheds and aquifers must be achieved.

### Treaties and Conventions on Water

For over 130 years, Mexico and the United States of America have entrusted the International Commission of Boundaries and Waters (IBWC) with the monitoring and application of the Treaties and conventions on limits and waters, as well as regulating and exercising the rights and obligations assumed under said Treaties, giving solution to the differences that may arise as a consequence of such applications. The IBWC exert this responsibility throughout its border jurisdictional area maintaining a relationship of mutual respect and understanding.

1. February 2, 1848, Treaty of Peace, Friendship and Limits (Treaty of Guadalupe).
2. December 30, 1853, Treaty of Limits (Treaty of the Mesilla).

Distribuir el agua de manera eficiente y equitativa entre los diferentes usos y usuarios, estableciendo un equilibrio tal que considere las diferencias y la prioridad que los beneficios sociales debieran tener sobre los económicos.

El objetivo 15 menciona que se debe fortalecer el abastecimiento de agua y acceso a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como para la producción agrícola.

El objetivo 16 menciona que se debe lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.

### Tratados y Convenciones en Materia del Agua

A lo largo de 130 años México y Estados Unidos de América han encomendado a la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) la vigilancia y aplicación de los Tratados y convenciones sobre límites y aguas, así como regular y ejercer los derechos y obligaciones asumidos bajo dichos Tratados, dando solución a las diferencias que puedan surgir como consecuencia de tales aplicaciones. La CILA ejerce esta responsabilidad a lo largo de su zona jurisdiccional fronteriza manteniendo una relación de respeto mutuo y entendimiento.

1. 2 de Febrero de 1848, Tratado de Paz, Amistad y Límites (Tratado de Guadalupe).
2. 30 de Diciembre de 1853, Tratado de Límites (Tratado de la Mesilla).

3. July 29, 1882, Convention to replace monuments that mark the dividing line between Paso del Norte and the Pacific Ocean (Treaty of Remonumentation).
4. November 12, 1884, Convention regarding the dividing line between the two countries in the part that follows the bed of the Rio Grande and the Colorado River (Treaty of the fixed line). (Repealed by Art. VIII of the Boundary Treaty of 1970).
5. March 1, 1889, Convention for the establishment of an International Boundary Commission that decides the issues that arise in the bed of the Rio Grande and Colorado Rivers. (Creation of the International Boundary Commission on a temporary basis).
6. November 21, 1900, Convention that indicates an indefinite term to that stipulated in the December 22, 1899, for the examination and decision of cases submitted to the International Boundary Commission. (Creation of the International Boundary Commission with finality.) (Repealed by Article II of the Water Treaty of 1944).
7. March 20, 1905, Convention to avoid the difficulties caused by the frequent changes to which the rivers Bravo and Colorado are subject. (Treaty of elimination of banks) (Repealed by Art. VIII of the Treaty of Limits of 1970).
8. May 21, 1906, Convention for the equitable distribution of the Waters of the Great River (Treaty of water for the Valley of Juárez).
9. 01 February 1933, Convention for the Rectification of the Rio Grande (Grande) River in the Juarez Valley - El Paso. (Treaty of Rectification of the Rio Grande).
10. April 13, 1937, Treaty between the United Mexican States and the United States of America, for which Article 8 of the

3. 29 de julio de 1882, Convención para reponer monumentos que marcan la línea divisoria entre Paso del Norte y el Océano Pacífico (Tratado de Remonumentación).
4. 12 de Noviembre de 1884, Convención respecto a la línea divisoria entre los dos países en la parte que sigue el lecho del Río Grande y el Río Colorado (Tratado de la línea fija). (Derogado por el Art. VIII del Tratado de Límites de 1970).
5. 1 de Marzo de 1889, Convención para el establecimiento de una Comisión Internacional de Límites que decida las cuestiones que se susciten en el cauce de los Ríos Bravo del Norte y Colorado. (Creación de la Comisión Internacional de Límites con carácter temporal).
6. 21 de Noviembre de 1900, Convención que señala un plazo indefinido a lo estipulado en la del 22 de diciembre de 1899, para el examen y decisión de los casos sometidos a la Comisión Internacional de Límites. (Creación de la Comisión Internacional de Límites con carácter definitivo). (Derogado por el Art. II del Tratado de Aguas de 1944).
7. 20 de Marzo de 1905, Convención para evitar las dificultades originadas por los frecuentes cambios a que en su cauce están sujetos los ríos Bravo y Colorado. (Tratado de eliminación de bancos) (Derogado por el Art. VIII del Tratado de Límites de 1970).
8. 21 de Mayo de 1906, Convención para la equitativa distribución de las Aguas del Río Grande (Tratado de agua para el Valle de Juárez).
9. 01 de Febrero de 1933, Convención para la Rectificación del Río Bravo del Norte (Grande) en el Valle de Juárez – El Paso. (Tratado de Rectificación del Río Bravo).
10. 13 abril de 1937, Tratado entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América de, por lo que se deroga el



limits treaty, concluded on December 30, 1853, signed in the city of Washington, D.C., is repealed.

11. February 3, 1944, Treaty on the Distribution of International Waters between the United Mexican States and the United States of America. (Water Treaty of 1944).
12. August 29, 1963, Convention between the United Mexican States and the United States of America for the solution of the Chamizal problem. (Convention of the Chamizal).
13. November 23, 1970, Treaty to resolve the border and pending differences and to maintain the Rios Bravo and Colorado, as the international border between the United States of Mexico and the United States of America, signed in Mexico City.

### **Water Treaty of 1944**

The International Water Treaty between Mexico and the United States signed on February 3, 1944, states that Mexico assigns water to the United States from the Rio Grande, and the United States assigns water to Mexico from the Colorado River. It was ratified by the Mexican Senate in August 1945.

Outstanding points of the Treaty:

1. Legal instrument that regulates the relationship between Mexico and the United States, to jointly manage the waters of international rivers.

Artículo 8 del tratado de límites, celebrado el 30 de diciembre de 1853, firmado en la ciudad de Washington, D.C.

11. 3 de Febrero de 1944, Tratado sobre Distribución de aguas internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América. (Tratado de Aguas de 1944).
12. 29 de Agosto de 1963, Convención entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América para la solución del problema del Chamizal. (Convención del Chamizal).
13. 23 de Noviembre de 1970, Tratado para resolver las diferencias fronterizas y pendientes y para mantener a los Ríos Bravo y Colorado, como frontera internacional entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, firmado en la ciudad de México.

### **Tratado de Aguas de 1944**

El Tratado de Aguas Internacionales entre México y Estados Unidos firmado el 3 de febrero de 1944, establece que México asigna agua a Estados Unidos del río Bravo, y Estados Unidos asigna agua a México del río Colorado. Fue ratificado por el Senado mexicano en agosto de 1945.

Puntos sobresalientes del Tratado:

1. Instrumento jurídico que norma la relación entre México y Estados Unidos, para administrar conjuntamente las aguas de los ríos internacionales.

2. Creates the IBWC as a bi-national body to ensure its application, is multidisciplinary in the technical-diplomatic area and is the basis for securing other agreements, identifying joint solutions and common approvals or how other institutions interact.

3. It establishes:

- Order of priority for the use of waters
- Criteria for the distribution of water to each country, Article 4.
- Bases of cooperation for the joint construction of hydraulic works in international rivers.
- Bases to define particular criteria for the operation of dams.
- Common criteria for the operation of dams for transit of avenues.

## Proceedings of the International Boundary and Water Commission

### Minutes 319

Signed between the United Mexican States and the United States of America, on November 20, 2012 in Coronado, California. This report describes potential opportunities for future cooperation between Mexico and the United States in aspects such as the environment, water conservation, system operation and projects of new water sources.

2. Crea a la CILA como un organismo binacional para asegurar su aplicación, es multidisciplinario en el área técnico-diplomático y es la base para asegurar otros acuerdos, identificar soluciones conjuntas y aprobaciones comunes o cómo interactúan otras instituciones.

3. Establece:

- Orden de prioridad para el uso de las aguas
- Criterios para la distribución de las aguas a cada país, Artículo 4.
- Bases de cooperación para la construcción conjunta de obras hidráulicas en los ríos internacionales.
- Bases para definir criterios particulares para la operación de presas.
- Criterios comunes de operación de presas para tránsito de avenidas.

## Actas de la Comisión Internacional de Límites y Aguas

### Acta 319

Firmada entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, el 20 de noviembre del 2012 en Coronado, California. Esta acta describe oportunidades potenciales para la cooperación futura entre México y los Estados Unidos en aspectos tales como el medio ambiente, conservación de agua, operación del sistema y proyectos de nuevas fuentes de agua.

Document in which international projects are proposed for the conservation and generation of new water sources; in the act 317 of the Commission contemplates a binational desalination in the Gulf of California, also called Sea of Cortes, this is located between the peninsula of Baja California and the states of Sonora and Sinaloa.

Cooperation measures:

- Extension of the cooperation measures of Act 318 to address the prolonged effects of the April 2010 earthquakes in the Mexicali Valley, BC.
- Distribution of volumes in conditions of dams with high elevations.
- Distribution of volumes in prey conditions with low elevations.
- Mexican water created intentionally.
- Salinity
- Pilot water program for the intercommunication environment of ICMA A ICS.
- International projects:
  - Environmental restoration at the Miguel Aleman site
  - Conservation of water
  - Project associated with the operation of the system
  - Project of new water sources:
    - I. Binational desalination plant in Rosarito, B.C
    - II. Taking advantage of the New River
    - III. Binational desalination plant in the Sea of Cortes (Gulf of California)

Documento en el cual se plantean proyectos internacionales para la conservación y generación de nuevas fuentes de agua; en el acta 317 de la Comisión se contempla una desaladora binacional en el Golfo de California también llamado Mar de Cortes, este se ubica entre la península de Baja California y los estados de Sonora y Sinaloa.

Medidas de cooperación:

- Ampliación de las medidas de cooperación del acta 318 para atender los prolongados efectos de los sismos de abril de 2010 en el valle de Mexicali, BC.
- Distribución de volúmenes en condiciones de presas con elevaciones altas.
- Distribución de volúmenes en condiciones de presas con elevaciones bajas.
- Agua mexicana creada intencionalmente.
- Salinidad
- Programa piloto de agua para el ambiente de intercambio de ICMA A ICS.
- Proyectos internacionales:
  - Restauración ambiental en el sitio Miguel Aleman
  - Conservación de agua
  - Proyecto asociado con la operación del sistema
  - Proyecto de nuevas fuentes de agua:
    - I. Planta desaladora Binacional en Rosarito, B.C
    - II. Aprovechamiento del Rio Nuevo
    - III. Planta desaladora Binacional en el Mar de Cortes (Golfo de California)

### Minute 323

Signed on September 21, 2017 in Cd. Juárez Chihuahua, approved by Mexico and the United States on September 27, 2017.

It is an extension of the Cooperation and Adoption Measures of a Binational Contingency Plan in the face of water scarcity in the Colorado River Basin. This act represents the successor Act to the act 319 and based on the consultations carried out, and the scope on each particular topic and project, the Commissioners identified the following cooperation measures:

- I. Distribution of volumes under high elevation reservoir conditions
- II. Distribution of volumes under low elevation reservoir conditions
- III. Binational contingency plan facing of water scarcity.
- IV. Expansion of cooperation measures to address potential emergencies in Mexico, establishment of a resolvent account and intentionally created Mexican water (ICMA)
- V. Salinity
- VI. Measures related to the variations in the flows that arrive in Mexico
- VII. Environment
- VIII. Investments and Projects:
  - I. Water Conservation Projects
  - II. Projects of new water sources

The commissioners referred to the recommendations made by the Binational Working Group on projects with the potential to increase the delivery or exchange of waters of

### Acta 323

Firmado el 21 de septiembre de 2017 en Cd. Juárez Chihuahua, aprobado por México y por Estados Unidos el 27 de Septiembre de 2017.

Constituye una ampliación de las Medidas de Cooperación y Adopción de un Plan Binacional de Contingencia ante la escasez de Agua en la Cuenca del Río Colorado. Esta acta representa el Acta sucesora al acta 319 y con base en las consultas llevadas a cabo, y el alcance sobre cada tema y proyecto particular, los Comisionados identificaron las siguientes medidas de cooperación:

- I. Distribución de volúmenes en condiciones de embalses de elevación alta
- II. Distribución de volúmenes en condiciones de embalses de elevación baja
- III. Plan binacional de contingencia ante la escasez de agua
- IV. Ampliación de las medidas de cooperación para atender potenciales emergencias en México, establecimiento de una cuenta resolvente y agua mexicana creada intencionalmente (ICMA)
- V. Salinidad
- VI. Medidas relacionadas con las variaciones en los flujos que llegan a México
- VII. Medio Ambiente
- VIII. Inversiones y Proyectos:
  - I. Proyectos de Conservación de agua
  - II. Proyectos de nuevas fuentes de agua

Los comisionados se refirieron a las recomendaciones hechas por el grupo Binacional de Trabajo sobre proyectos con el

the Colorado River, for the benefit of both countries, including the following projects:

1. Binational Desalination Plant on the Pacific Ocean coast
2. Binational Desalination Plant in the New River
3. Binational Desalination Plant in the Sea of Cortes
4. Reuse effluent from the treatment plants in the Mexicali Valley for humidities or for the riparian restoration of the Colorado River
5. Reuse in the United States of the effluent of the International Treatment Plant for Wastewater in Tijuana

### International Human Rights Principles

Mexico has ratified almost all of the international instruments that protect human rights; therefore, is legally bound under international law to carry out the execution thereof, failure to do so automatically leads the country to incur international responsibility and suffer the imposition of the penalties provided or imposed by the same treaties.

The international principles ratified by Mexico are:

- Universal Declaration of Human Rights
- International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights

potencial de incrementar la entrega o el intercambio de aguas del Rio Colorado, en beneficio de ambos países, incluyendo los siguientes proyectos:

1. Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
2. Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
3. Planta Desalinizadora Binacional en el Mar de Cortes
4. Reuso efluente de las plantas de tratamiento en el Valle de Mexicali para humedades o para la restauración riparia del Río Colorado
5. Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de las Aguas Residuales de Tijuana

### Instrumentos Internacionales De Derechos Humanos

México ha ratificado casi en su totalidad los instrumentos internacionales que protegen los derechos humanos; por ende, se encuentra jurídicamente obligado bajo el Derecho Internacional a llevar a cabo la ejecución de los mismos, el no hacerlo automáticamente lleva al país a incurrir en responsabilidad internacional y sufrir la imposición de las sanciones previstas o impuestas por los mismos tratados.

Los instrumentos internacionales ratificados por México son:

- Declaración Universal de los Derechos Humanos
- Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales

- Additional Protocol to the American Convention on Human Rights in the area of Economic, Social and Cultural Rights "Protocol of San Salvador"
- Convention on the Rights of the Child (CRC)
- The UN Committee on the Rights of the Child
- Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD)
- Occupational Health Services Convention, 1985 (No. 161)
- Resolution 64/292 entitled "The human right to water and sanitation" by the General Assembly of the United Nations
- The 1979 Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination against Women

- Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales "Protocolo de San Salvador"
- Convención sobre los Derechos del Niño (CDN)
- El Comité de los Derechos del Niño de Naciones Unidas
- Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD)
- Convenio sobre los servicios de salud en el trabajo, 1985 (núm. 161)
- La resolución 64/292 denominada "El derecho humano al agua y el saneamiento" por la Asamblea General de las Naciones Unidas
- La Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la Mujer, de 1979

## Compliance with Applicable Provisions

### Design and execution of the project:

- The applicable provisions have been detailed in advance to carry out the execution of the project, in compliance with articles 14, 27 of the LAPP, article 44 of the regulations, article 110 of the Law of Public-Private Partnerships of Public Services of the State of Sonora. The present analysis was developed in order to determine the "compliance with the applicable legal provisions" same that are being perfected from the moment of the

## Cumplimiento De Las Disposiciones Aplicables

### Diseño y ejecución del proyecto:

- Se han detallado con antelación las disposiciones aplicables para que se lleve a cabo la ejecución del proyecto, en cumplimiento a los artículos 14, 27 de la LAPP, artículo 44 del reglamento, artículo 110 de la Ley de Alianzas Publico Privadas de Servicios Públicos del Estado de Sonora. Se desarrolló el presente análisis con el objeto de determinar el "cumplimiento de las disposiciones legales aplicables" mismas que se comienzan a perfeccionar desde el momento de la

presentation of an Unsolicited Proposal, which is permissive and is contemplated in article 26 of the Law of Public-Private Partnerships as well as article 103 of the Law of Public-Private Partnerships of Public Services of the State of Sonora, when drafted and presented in accordance with the aforementioned articles, to carry out activities in conjunction with the Government of the State, subjecting them to the modalities that dictates the public interest and the use, in general benefit, of the productive resources, taking care of their conservation and the environment according to the established in the article 25 of our Magna Carta, for the benefit of the national population and in this case the State, approving the participation of private investors in association with the Government, for the exploitation, use or appeal of a resource that may be made through concessions granted by the Federal Executive this in accordance with Article 27 constitutional, likewise with this project materializes that the State will guarantee a fundamental right that belongs to the citizens to enjoy, same that is contemplated in Article 4 of the Magna Carta, which reads as follows: *"Everyone has the right to access, dispose and restore water for personal and domestic consumption in a sufficient, healthy, acceptable and affordable manner"*.

- On the other hand, article 134 of the Constitution stipulates that the economic resources available to the Federation, the states, the municipalities, the Federal District and the political-administrative bodies of its territorial demarcations shall be administered efficiently, effectively, economically, transparently and honesty.

- The present project is capable of complying with the federal provisions of the applicable federal and municipal entities that

presentación de una Propuesta No Solicitada lo cual es permisivo y lo contempla el artículo 26 de la Ley de Asociaciones Público Privadas así como en el artículo 103 de la Ley de Alianzas Publico Privadas de Servicios Públicos del Estado de Sonora, al elaborarse y presentarse conforme a los artículos antes mencionados, para gestar actividades en conjunto con el Gobierno del Estado, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente de acuerdo a lo establecido en el artículo 25 de nuestra Carta Magna, en bien de la población nacional y en este caso la estatal, aprobando la participación inversionistas privados en asociación con el Gobierno, para la explotación, uso o aprovechamiento de un recurso que podrá realizarse mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal esto de conformidad con el artículo 27 constitucional, así mismo con este proyecto se materializa que el Estado garantizará un derecho fundamental que le corresponde a los ciudadanos gozar, mismo que se contempla en el artículo 4 de la Carta Magna el cual dice de la siguiente manera: *"Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible"*.

- Por su parte, el artículo 134 constitucional estipula que los recursos económicos de que disponga la Federación, los estados, los municipios, el Distrito Federal y los órganos político-administrativos de sus demarcaciones territoriales se administrarán con eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez.

- El presente proyecto se encuentra susceptible de cumplir con las disposiciones federales, de las entidades federativas y municipales

regulate its development. Also complying with the official norms and with the State Development Plan of Sonora 2016-2021, since this plan includes the viable axes that the present project will contribute to make possible, since it is of public interest and with social profitability also congruent with the National Plan Development 2019-2024.

#### **Development of the project through a Public Private Partnership / Alliance Modality:**

-Understanding that Public Private Partnerships are long-term contracts (usually lasting more than 20 years) between public and private entities for the provision of goods or services. Under the scheme of a Public Private Partnership / Alliance modality, the risks of the project cycle are transferred to the private entity and the payments are linked to the provision of the service, which is usually covered by users, the public sector, or a combination of both of them.

- Contemplating that the present project is legally viable, by complying with the analyzed legal regulations, as well as considering that the obtaining of permits and licenses are processed, that although there are many when presented before the competent authority with all the requirements there is no greater complexity, obtained in a short period of time.

#### **Fiscal aspects**

- The Private Public Association becomes a creditor in terms of tax obligations, for the simple fact of carrying out the development of the project, among these obligations we find the determination, calculation and payment of taxes,

aplicables que regulan su desarrollo. Cumpliendo además con las normas oficiales y con el Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2016-2021, ya que este plan incluye los ejes viables que el presente proyecto contribuirá a posibilitar, al ser de interés público y con rentabilidad social congruente también con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.

#### **Desarrollo del proyecto a través de una Asociación Público Privada/ Modalidad de Alianza:**

-En el entendido que las Asociaciones Público Privadas son contratos a largo plazo (por lo general duran más de 20 años) entre entidades públicas y privadas para la prestación de bienes o servicios. Bajo el esquema de una Asociación Público Privada/modalidad de Alianza, los riesgos del ciclo del proyecto se transfieren al ente privado y los pagos se vinculan a la prestación del servicio, que usualmente los cubren los usuarios, el sector público, o una combinación de ambos.

-Contemplando que el presente proyecto es jurídicamente viable, al cumplir con los ordenamientos legales analizados, así como el considerar que la obtención de permisos y licencias son tramite, que si bien son muchos cuando se presentan ante la autoridad competente con todos los requisitos no hay mayor complejidad, obteniéndose en un corto periodo de tiempo.

#### **Aspectos fiscales**

- La Asociación Público Privada se convierte en acreedora en cuanto a las obligaciones fiscales se refiere, por el simple hecho de llevar a cabo el desarrollo del proyecto, entre esas obligaciones encontramos la determinación, calculo y pago de



including without limitation any contribution, right, use, product or any other tax encumbrance, is also added the cases of fines, surcharges or expenses generated by reason of the construction of the project. As well as those generated by the construction, operation, operation, conservation or maintenance of the project.

- Income Tax
- Value Added Tax
- Tax on the payroll from the company
- Retentions of ISPT
- Pay of IMSS, SAR, INFONAVIT

- From the aforementioned, the Private Public Association is exempt from the fiscal obligations for the extraction of water from CONAGUA, Pumping and Controls Engineering would be responsible for the operation and delivery of water in block of the Plant to the point of reception of CESPTe, because when these institutions are responsible for water, the billing of the end user is the responsibility of CESPTe.

#### Labor aspects

- For the development of the project who acts as the employer, that is, hiring the human personnel who will work in the execution of the project, is obliged to register as employer before the Mexican Social Security Institute and the National Housing Fund for Workers Institute and to register their workers who depend on them before said institutes, and to comply with all the

impuestos, incluyendo sin limitación cualquier contribución, derecho, aprovechamiento, producto o cualquier otro gravamen fiscal, se añade también los supuestos de multas, recargos o gastos generados a razón de la construcción del proyecto. Así como los que se generen con motivo de la construcción, operación, explotación, conservación o mantenimiento del proyecto.

- Impuesto Sobre la Renta
- Impuesto al Valor Agregado
- impuesto sobre nómina de la empresa
- retenciones de ISPT
- pago de IMSS, SAR, INFONAVIT

- De lo anterior mencionado la Asociación Publico Privada queda exenta de las obligaciones fiscales por la extracción de agua de CONAGUA, Ingeniería de Bombas y Controles seria la responsable en cuanto a la operación y entrega de agua en bloque de la Planta hasta el punto de recepción de CESPTe, porque al quedar en responsabilidad de esas instituciones el agua, la facturación al usuario final corre por cuenta de CESPTe.

#### Aspectos laborales

- Para el desarrollo del proyecto quien funja como patrón, es decir, contrate al personal humano que trabajara en la ejecución del mismo, se obliga a inscribirse como patrón ante el Instituto Mexicano del Seguro Social e Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores y a inscribir a sus

obligations that correspond to them according to the applicable laws. (Social Security Law, the Law of the Institute for the National Housing Fund for Workers, the Law on the Retirement Savings System, etc.).

trabajadores que dependan de los mismos ante dichos institutos, y cumplir con todas las obligaciones que como patrón le correspondan de acuerdo a las legislaciones aplicables. (Ley del Seguro Social, la Ley del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores, la Ley del Sistema del Ahorro para el Retiro, etc.)

## Conclusions of the Legal Feasibility of the Project

The reforms to the Mexican Political Constitution in the matter of human rights have implied a great impact of repercussion in the Mexican legal system. Today there is a broader conception of them. For example, the first two paragraphs of the first article incorporated the term human rights, supplying the one of individual guarantees, which implies much more than a change of words; the conception that the person enjoys the human rights recognized both in the Constitution and in international treaties; the conforming interpretation that must be made with those provisions; the pro persona principle; the obligation of all authorities to promote, respect, protect and guarantee human rights in accordance with the principles of universality, interdependence, indivisibility and progressivity, forcing the State to prevent, investigate, punish and redress violations of human rights when they occur.

In accordance with the amendment to Article 4 of the Political Constitution of the United Mexican States, published on February 8, 2012, everyone has the right to access, dispose and clean water for personal and domestic consumption in a sufficient,

## Conclusiones de las Viabilidad Jurídica del Proyecto

Las reformas a la Constitución Política Mexicana en materia de derechos humanos a implicado un gran impacto de repercusión en el sistema jurídico mexicano. Existiendo hoy en día una concepción más amplia de los mismos. Por ejemplo, los dos primeros párrafos del artículo primero incorporaron el término derechos humanos, supliendo el de garantías individuales, que implica mucho más que un cambio de palabras; la concepción de que la persona goza de los derechos humanos reconocidos tanto en la Constitución como en los tratados internacionales; la interpretación conforme que debe hacerse con esas disposiciones; el principio pro persona; la obligación de todas las autoridades de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad, obligando al Estado a prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos cuando ocurran.

De acuerdo con la reforma al artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, publicada el 8 de febrero de 2012, toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de

healthy, acceptable way and affordable. It also establishes the participation of the three orders of government and society itself to guarantee this right.

The Political Constitution of the Free and Sovereign State of Sonora in its Article 137 states that the municipalities within their respective jurisdictions, will be responsible for providing the public service of drinking water to the population, but it is the State Government responsible for defining and plan the investments that are required to carry out these public services. Therefore, it is within its scope to define the best economic and financial strategy to carry out such investments without affecting the State's finances.

However, Mexico has a system of concessions and assignments of surface and underground water contemplated by the Political Constitution of the Mexican Republic, governed by the LAN, the National Water Commission, which is the national authority on the materia, which determines the the need for individuals to become concessionaires in order to use and take advantage of water for the provision of a public service, all this always guaranteeing adequate care for the environment, complying with the provisions of the General Law on the Impact of Ecological Balance and Protection of the Environment Environment, with the environmental impact manifesto. However, the efforts to administer the country's water resources have been insufficient, because the mechanisms and instruments to effectively implement public water policies have not been consolidated.

It is evident that in the near future, for the realization of the present project it is necessary that the United Mexican States and the United States of America sign an Act before the International

agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. También establece la participación de los tres órdenes de gobierno y la sociedad misma para garantizar este derecho.

La Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Sonora en su artículo 137 señala que los municipios dentro de sus respectivas jurisdicciones, tendrán a su cargo la prestación del servicio público de agua potable a la población, pero es el Gobierno del Estado el responsable de definir y planear las inversiones que se requieren para poder llevar a cabo estos servicios públicos. Por lo que está en su ámbito definir la mejor estrategia económica y financiera para llevar a cabo dichas inversiones sin afectar a las finanzas del Estado.

Ahora bien, México cuenta con un sistema de concesiones y asignaciones de agua superficial y subterránea contempladas por la Constitución Política de la República Mexicana, regido por la LAN, La Comisión Nacional del Agua quien es la autoridad nacional en la materia, misma que determina la necesidad de que los particulares se conviertan en concesionarios para así usar y aprovechar el agua para la prestación de un servicio público, todo esto siempre garantizando el adecuado cuidado al medio ambiente cumpliendo con lo que establece la Ley General de Impacto de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, con el manifiesto de impacto ambiental. Sin embargo, los esfuerzos para administrar los recursos hídricos del país han sido insuficientes, en virtud de que no se han consolidado los mecanismos e instrumentos para implementar eficazmente las políticas públicas en materia de agua.

Es evidente que en un futuro próximo, para la realización del presente proyecto es necesario que los Estados Unidos Mexicanos y

Boundary and Water Commission as provided in its 323 Act to carry out the potential implementation of binational infrastructure, which can generate significant volumes of water for the benefit of both countries, specifying in this future Act the agreements for both governments to obtain the greatest possible use of water exchange, without violating the 1944 Water Treaty.

los Estados Unidos de América firmen un Acta ante la Comisión Internacional de Límites y Aguas como lo prevé en su Acta 323 para llevar a cabo la potencial implementación de la infraestructura binacional, que pueda generar volúmenes significativos de agua en beneficio de ambos países, concretando en esta futura Acta los acuerdos para que ambos gobiernos obtengan el mayor aprovechamiento posible del intercambio de aguas, sin violentar el tratado de Aguas de 1944.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM3 – Appendix C: Permitting  
Considerations

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM3 – Apéndice C:  
Consideraciones de Permisos

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Authorizations for Project Development

In compliance with the provisions of Article 27, Section I, Subsection b, of the Law on Public-Private Partnerships, as well as the provisions of Article 44, section II, of the Law on Public-Private Partnerships, as well as Article 107 of the Law of Public-Private Partnerships of Services of the State of Sonora, the following is a detailed list of the permits and authorizations necessary for the execution of the project, as well as the requirements to obtain each of these permits and authorizations.

Table 1 lists the relationship of authorizations and necessary permits. The specific requirements associated with each of these authorizations/permits is provided below, grouped by project phase.

## Autorizaciones para el Desarrollo del Proyecto

En cumplimiento a lo establecido en el Artículo 27, Fracción I, Inciso b, de la Ley de Asociaciones Público Privadas, también a lo dispuesto en el Artículo 44 fracción II, del Reglamento Ley de Asociaciones Público Privadas, así como al Artículo 107 de la Ley de Alianzas Público Privadas de Servicios del Estado de Sonora, la siguiente es una lista detallada de los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución del proyecto, así como los requisitos para obtener cada uno de estos permisos y autorizaciones.

La Tabla 1 enumera la relación de autorizaciones y permisos necesarios. Los requisitos específicos asociados con cada una de estas autorizaciones/permisos se proporcionan a continuación, agrupados por fase del proyecto.

**Table/Tabla 1 Relationship of authorizations and necessary permits  
 Relación de las autorizaciones y permisos necesarios**

PERMITTING REQUIREMENT	REQUISITO DE PERMISO
1. Requirements for Mexican companies that admit the participation of foreigners to acquire real estate in Mexico <u>outside of a restricted area</u>	1. Requerimientos para que las sociedades mexicanas que admiten la participación de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México <u>fuera de zona restringida</u>
2. Requirements for Mexican companies that admit the participation of foreigners to acquire real estate in Mexico <u>outside of restricted territory, for non-residential purposes</u>	2. Requerimientos para que las sociedades mexicanas que admiten la participación de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México <u>fuera de dentro restringida, para fines no residenciales</u>

PERMITTING REQUIREMENT	REQUISITO DE PERMISO
3. Requirements for foreign individuals or legal entity to acquire real estate in Mexico <u>outside of a restricted area</u>	3. Requerimientos para personas físicas o morales extranjeras de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México <u>fuera de zona restringida</u>
4. Requirements for foreign individuals or legal entity to acquire real estate in Mexico <u>within a restricted area</u>	4. Requerimientos para personas físicas o morales extranjeras adquieran bienes inmuebles en México <u>dentro de zona restringida</u>
5. Registration in the Foreign Investment Registry (RNIE)	5. Inscripción en el Registro de Inversiones Extranjeras (RNIE)
6. Consultation on Foreign Investment Matters	6. Consulta en Materia de Inversión Extranjera
7. Neutral investment authorization	7. Autorización de la inversión Neutra
8. Permit to acquire property outside the restricted area or concessions to foreigners to explore and exploit mines and waters in national territory	8. Permiso para adquisición de inmuebles fuera de la zona restringida o concesiones a los extranjeros para explorar y explotar minas y aguas en territorio nacional
9. Registration in the Registration in the Foreign Investment Registry (RNIE) of Trusts	9. Inscripción en el Registro de Inversiones Extranjeras (RNIE) de Fideicomisos
10. Concession of federal maritime land area	10. Concesión de zona federal marítimo terrestre
11. Reception, evaluation and resolution of the manifestation of environmental impact in its regional modality with no high risk activity	11. Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional, sin actividad altamente riesgosa
12. Change of land use in forest land	12. Cambio de uso de suelo en terrenos forestales
13. Municipal integral environmental license	13. Licencia ambiental integral municipal
14. Authorization of Risk Diagnosis	14. Autorización del Diagnóstico de Riesgo
15. Land Use License or Land Use Change	15. Licencia de Uso de Suelo o Cambio de Uso de Suelo
16. Regional Impact Opinion	16. Dictamen de Impacto Regional
17. Wastewater discharge permit	17. Permiso de descarga de aguas residuales
18. Permission to carry out hydraulic infrastructure works	18. Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica

PERMITTING REQUIREMENT	REQUISITO DE PERMISO
19. Concession for the use of surface water	19. Concesión de aprovechamiento de aguas superficiales
20. Right-of-way permit on toll-free federal highways or surrounding areas	20. Permiso de derecho de vía en carreteras federales libres de peaje o zonas aledañas
21. Permission to place informational signs on the right-of-way on federal toll-free roads	21. Permiso para colocar señales informativas en el derecho de vía en carreteras federales libres de peaje.
22. Permit for the right of way use and for informative signs	22. Permiso para uso y aprovechamiento del derecho de vía para señales informativas.
23. Permit for the right of way use and exploitation in toll road	23. Permiso para uso y aprovechamiento del derecho de vía en autopistas de cuota
24. Permit for the the right of way use and exploitation toll roads and bridges for access	24. Permiso para uso y aprovechamiento del derecho de vía en las autopistas y puentes de cuota para accesos
25. Application of high voltage electric power for industry and public spaces CFE (service feasibility)	25. Solicitud de energía eléctrica en alta tensión para industria y espacios públicos CFE (factibilidad del servicio)
26. Permit to build works in federal maritime land area	26. Permiso de construcción de obras en zona federal marítimo terrestre
27. Construction License	27. Licencia de Construcción
28. Specific license for breaking pavement and excavations greater than 60 centimeters	28. Licencia de específica para ruptura de pavimento y excavaciones mayores a 60 centímetros
29. Rights of connection of drinking water and sewerage services	29. Derechos de conexión de servicios de agua potable y alcantarillado
30. Notice of completion of work	30. Aviso de terminación de obra
31. Certificate of occupation	31. Constancia de ocupación de obra
32. Authorization of works built by third parties, which will be delivered to CFE, request for review and approval	32. Autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a CFE, solicitud de revisión y aprobación



PERMITTING REQUIREMENT	REQUISITO DE PERMISO
33. Authorization of works built by third parties, which will be delivered to CFE, contracting the service	33. Autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a CFE, contratación del servicio
34. Water quality certificate	34. Certificado de calidad sanitaria del agua
35. Water quality certificate issued by CONAGUA	35. Certificado de calidad del agua expedido por CONAGUA

### Phase: Prior to Construction

#### 1. Requirements for Mexican companies that admit the participation of foreigners to acquire real estate in Mexico outside of a restricted area

Mexican companies, which permit the participation of foreigners, must include in their bylaws an agreement in which they are considered as nationals with respect to said assets and, therefore, renounce invoking the protection of their governments in what is refers to those, under penalty, in case of missing the agreed, to lose the goods for the benefit of the Nation.

#### 2. Requirements for Mexican companies that admit the participation of foreigners to acquire real estate in Mexico within a restricted area, for non-residential purposes

1. For non-residential purposes Notice of the acquisition of the good must be given to the External Affairs Office, within sixty business days following that in which the acquisition is made. The legal representative of the company submits the procedure.

### Fase: Antes de la Construcción

#### 1. Requerimientos para que las sociedades mexicanas que admiten la participación de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México fuera de zona restringida

Las sociedades mexicanas, que permitan la participación de extranjeros, deben incluir dentro de sus estatutos sociales un convenio en el cual se consideren como nacionales respecto de dichos bienes y, por ende, renuncien a invocar la protección de sus gobiernos en lo que se refiere a aquéllos, bajo la pena, en caso de faltar a lo convenido, de perder los bienes en beneficio de la Nación.

#### 2. Requerimientos para que las sociedades mexicanas que admiten la participación de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México dentro de zona restringida, para fines no residenciales

1. Para fines no residenciales Se deberá dar aviso de la adquisición del bien a la Secretaría de Relaciones Extranjeras SRE, dentro de los sesenta días hábiles siguientes a aquél en el que se realice la adquisición. El representante legal de la sociedad presenta el trámite.

2. Submit the application NOTICE10, correctly filled in by machine or computer (original and 2 copies).
3. The location and description of the property.
4. The clear and precise description of the uses to which the property in question will be used.
5. Copy of the public instrument stating the formalization of the acquisition of the property.
6. If the notice is submitted in time, it must cover the payment of fees, in any banking institution, or, through an electronic transfer of funds in certified credit institutions.
7. If the notice is submitted extemporaneously, it must cover the corresponding payment of fees, in any banking institution, or, through an electronic transfer of funds in certified credit institutions.
8. Payment of fees.

### **3. Requirements for foreign individuals or legal entity to acquire real estate in Mexico outside of a restricted area**

1. They must present before the External Affairs Office, the corresponding notice by official letter. The application and requirements are published on the digital government portal <http://sre.gob.mx/convenio-de-renuncia-para-la-adquisicion-de-bienes-inmueblesfuera-de-zona-restringida>. The legal representative, in the case,

2. Presentar la solicitud AVISO10, correctamente llenada a máquina o computadora (original y 2 copias).
3. La ubicación y descripción del inmueble.
4. La descripción clara y precisa de los usos a los que se destinará el inmueble de que se trate.
5. Copia del instrumento público en que conste la formalización de la adquisición del inmueble.
6. Si el aviso es presentado en tiempo, deberá cubrir el pago de derechos, en cualquier institución bancaria, o bien, mediante una transferencia electrónica de fondos en las instituciones de crédito certificadas.
7. Si el aviso es presentado en forma extemporánea, deberá cubrir el pago de derechos correspondiente, en cualquier institución bancaria, o bien, mediante una transferencia electrónica de fondos en las instituciones de crédito certificadas.
8. Pago de derechos.

### **3. Requerimientos para personas físicas o morales extranjeras de extranjeros adquieran bienes inmuebles en México fuera de zona restringida**

1. Deberán presentar previamente ante la Secretaría de Relaciones Extranjeras SRE, el aviso correspondiente mediante oficio. La solicitud y requisitos se publican en el portal de gobierno digital <http://sre.gob.mx/convenio-de-renuncia-para-la-adquisicion-de-bienes-inmueblesfuera-de-zona-restringida>. El representante legal, en el caso, tanto de

both foreign individuals and legal entity is the one who presents the procedure.

2. Through the presentation of the one, they agree to consider themselves as nationals with respect to the goods to be acquired and, in turn, renounce to invoke the protection of their governments in regard to those under the penalty, in case of missing as agreed, to lose the goods for the benefit of the Nation.
3. Submit the FF-SRE-007 format correctly filled in by machine or computer (original and 2 copies).
4. Document in which the surface, measurements and boundaries of the property are indicated, with an autograph signature of the legal representative.
5. Power of the legal representative. To conclude the agreement, the legal representative must have special power, expressly determining in one of its clauses the agreement and the resignation in question, or with general power for acts of ownership.
6. The original documentation proving the legal existence of the legal entity (deed, certificate, certificate or any other instrument of incorporation, as well as the statutes by which the legal entity is governed) duly apostilled or legalized and translated, depending on the case.

#### **4. Requirements for foreign individuals and legal entity to acquire a property within the restricted área**

personas físicas como morales extranjeras es quien presenta el trámite.

2. A través de la presentación del mismo, convienen en considerarse como nacionales respecto de los bienes a adquirir y, a su vez, renuncien a invocar la protección de sus gobiernos en lo que se refiere a aquéllos bajo la pena, en caso de faltar a lo convenido, de perder los bienes en beneficio de la Nación.
3. Presentar el formato FF-SRE-007 correctamente llenado a máquina o computadora (original y 2 copias).
4. Documento en el que se señale la superficie, medidas y colindancias del inmueble, con firma autógrafa del representante legal.
5. Poder del representante legal. Para celebrar el convenio, el representante legal debe contar con poder especial, determinándose expresamente en una de sus cláusulas el convenio y la renuncia en cuestión, o con poder general para actos de dominio.
6. La documentación original que acredite la legal existencia de la persona moral (escritura, acta, certificado o cualquier otro instrumento de constitución, así como los estatutos por los cuales se rige la persona moral) debidamente apostillado o legalizado y traducido, según sea el caso.

#### **4. Requerimientos para que las personas físicas o morales extranjeras adquieran un inmueble dentro de la zona restringida**

The use and exploitation of real estate located within the restricted area, by foreigners, is only allowed through the establishment of a trust. External Affairs Office permission is required for credit institutions to acquire as fiduciary rights over real estate located within the restricted zone, when the purpose of the trust is to allow the use and use of such assets without constituting real rights over them, and The trustees are foreign individuals or legal entity. The fiduciary delegate is the one who presents the procedure.

1. Name and nationality of the trustor.
2. Name of the credit institution (bank) that will act as trustee.
3. Name and nationality of the trustee and, if any, of the trustees in second place and of the substitute trustees.
4. Duration of the trust.
5. Use that will be given to the property (purposes).
6. Description, location, measures, boundaries and total area of the property subject to the trust.
7. Distance of the property from the border or from the Federal Maritime Land Zone.
8. Cover the payment of fees through electronic payment at certified credit institutions.

The fiduciary delegate must present to the Directorate of Permits of Article 27 of the Constitution, a simple copy of the power that

El uso y aprovechamiento de bienes inmuebles localizados dentro de la zona restringida, por parte de extranjeros, solo está permitido mediante la constitución de un fideicomiso. Se requiere permiso de la Secretaría de Relaciones Extranjeras SRE para que las instituciones de crédito adquieran como fiduciarias, derechos sobre bienes inmuebles ubicados dentro de la zona restringida, cuando el objeto del fideicomiso sea permitir la utilización y el aprovechamiento de tales bienes sin constituir derechos reales sobre ellos, y los fideicomisarios sean personas físicas o morales extranjeras. El delegado fiduciario es quien presenta el trámite.

1. Nombre y nacionalidad del fideicomitente.
2. Nombre de la institución de crédito (banco) que fungirá como fiduciaria.
3. Nombre y nacionalidad del fideicomisario y, si los hubiere, de los fideicomisarios en segundo lugar y de los fideicomisarios sustitutos.
4. Duración del fideicomiso.
5. Uso que se le dará al inmueble (fines).
6. Descripción, ubicación, medidas, colindancias y superficie total del inmueble objeto del fideicomiso.
7. Distancia del inmueble respecto de la frontera o de la Zona Federal Marítimo Terrestre.
8. Cubrir el pago de derechos mediante pago electrónico en las instituciones de crédito certificadas.

El delegado fiduciario deberá presentar ante la Dirección de Permisos de Artículo 27 Constitucional, copia simple del poder que lo acredite con tal carácter y solicitar el permiso correspondiente en los términos

proves it with such character and request the corresponding permit in the terms indicated in the Law of Foreign Investment and its Regulations, as well as the agreement.

#### **5. Requirements for registration in the Foreign Investment Registry (RNIE)**

1. Legal instrument that proves the personality of the legal representative (if applicable)
2. Official Identification
3. Proof of payment of fine (if applicable)
4. Document with the data of the trusts of actions (if applicable)
5. Application for registration in the national registry of foreign investments
6. Letter of authorization to carry out procedures before the RNIE (if applicable)
7. Tax Identification Card
8. Constitutive act
9. Document that verifies the entry of the foreign investment
10. Document proving the source of financing (if applicable)

que señala la Ley de Inversión Extranjera y su Reglamento, así como el acuerdo.

#### **5. Requerimientos para inscripción en el Registro de Inversiones Extranjeras (RNIE)**

1. Instrumento jurídico que acredite la personalidad del representante legal (en su caso)
2. Identificación Oficial
3. Comprobante de pago de multa (en su caso)
4. Documento con los datos de los fideicomisos de acciones (en su caso)
5. Solicitud de inscripción en el registro nacional de inversiones extranjeras
6. Carta de autorización para realizar trámites ante el RNIE (en su caso)
7. Cédula de Identificación Fiscal
8. Acta constitutiva
9. Documento que compruebe el ingreso de la inversión extranjera
10. Documento que comprueba la fuente del financiamiento (en su caso)

## 6. Requirements for consultation regarding foreign investment

1. Legal instrument that proves the personality of the legal representative (if applicable)
2. Written request
3. Proof of payment of rights, products or uses
4. Payment of fees for reception, study or resolution of queries or confirmations of criteria that are presented on the applicable legislation on foreign investment.

## 7. Requirements for neutral investment authorization

The neutral investment authorization allows Mexican companies, incorporated or to be constituted, to obtain foreign capital to expand their operations through the issuance of shares or social shares with a neutral investment nature; the transfer of shares or social shares to a neutral investment trust with a fiduciary institution or through the investment of international financial corporations for development in their capital.

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-la-utilizacion-de-la-inversion-neutra/SE1174>

Requirements for neutral investment authorization:

1. Constitutive

## 6. Requerimientos para la consulta en materia de inversión extranjera

1. Instrumento jurídico que acredite la personalidad del representante legal (en su caso)
2. Escrito libre
3. Comprobante de pago de derechos, productos o aprovechamientos
4. Pago de derechos por recepción, estudio o resolución de consultas o confirmaciones de criterio que se presenten sobre la legislación aplicable en materia de inversión extranjera.

## 7. Requerimientos para la autorización de la inversión neutra

La autorización de la inversión neutra permite a las sociedades mexicanas, constituidas o por constituirse, allegarse de capital foráneo para expandir sus operaciones, mediante la emisión de acciones o partes sociales con carácter de inversión neutra; la transmisión de acciones o partes sociales a un fideicomiso de inversión neutra con alguna institución fiduciaria o mediante la inversión de las sociedades financieras internacionales para el desarrollo en su capital.

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/autorizacion-para-la-utilizacion-de-la-inversion-neutra/SE1174>

1. Acta Constitutiva

2. Legal Instrument That Accredits Personality of the Legal Representative
3. Form SE-02-007 Questionnaire to Request Resolution of the National Foreign Investment Commission / Authorization of the Ministry of Economy (SE)
4. Written request
5. Assembly Minutes
6. In the event that the International Financial Society For Development With More Than One Year Of Being Established, Financial Statements, Corresponding To The Last Year Or Fiscal Year
7. Financial Statements Projected to 3 Years, in the Event That the Company Has Less Than One Year of Incorporation
8. Proof Of Payment Of Rights Products Or Use
9. Payment Of Rights To Use Neutral Investment

**8. Permit for the acquisition of properties outside the restricted zone or concessions to foreigners to explore and exploit mines and waters in national territory**

1. Resignation agreement for the acquisition of immovable property outside a restricted area (Article 27, Constitutional I and Article 10 a of the Foreign Investment Law)

2. Instrumento Jurídico Que acredite La Personalidad Del Representante Legal
3. Formato SE-02-007 Cuestionario Para Solicitar Resolución De La Comisión Nacional De Inversiones Extranjeras/Autorización De La Secretaría De Economía (SE)
4. Escrito Libre
5. Acta De Asamblea
6. En Caso De Que La Sociedad Financiera Internacional Para El Desarrollo Con Más De Un Año De Estar Constituida, Estados Financieros, Correspondientes Al Último Año O Ejercicio Fiscal
7. Estados Financieros Proyectados A 3 Años, En Caso De Que La Sociedad Tenga Menos De Un Año De Constitución
8. Comprobante De Pago De Derechos Productos O Aprovechamientos
9. Pago De Derechos Para Utilizar La Inversión Neutra

**8. Permiso para adquisición de inmuebles fuera de la zona restringida o concesiones a los extranjeros para explorar y explotar minas y aguas en territorio nacional**

1. Convenio de renuncia para adquisición de bienes inmuebles fuera de zona restringida (artículo 27 fracción I Constitucional y artículo 10 a de la Ley de Inversión Extranjera)

2. Resignation agreement for the acquisition of immovable property outside the restricted area (Article 27, Constitutional I and Article 10 a of the Foreign Investment Law)
3. Document proving legal stay
4. Annex containing description, surface measures, boundaries and adjoining property
5. Issuance of proof of subscription to the agreement of resignation for the acquisition of real estate outside the restricted area
6. Payment of fees for the issuance of certificates to obtain concessions for the exploration and exploitation of mines and waters in the national territory.
7. Withdrawal agreement for the purpose of obtaining concessions for the exploration and exploitation of mines and waters in the national territory (Article 27 Constitutional Fraction I and Article 10 a of the Foreign Investment Law)

#### **9. Registration in the National Registry of Foreign Investments (RNIE) of Trusts**

Registration in the National Registry of Foreign Investments (RNIE) of trusts allows the shares or social parties, of real estate or of neutral investment, by virtue of which rights derive in favor of the foreign investment or of Mexicans who own or acquire

2. Convenio de renuncia para adquisición de bienes inmuebles fuera de zona restringida (artículo 27 fracción I Constitucional y artículo 10 a de la Ley de Inversión Extranjera)
3. Documento que acredite su estancia legal
4. Anexo que contenga descripción, superficie medidas linderos y colindancia del inmueble
5. Emisión de la constancia de suscripción al convenio de renuncia para la adquisición de inmuebles fuera de la zona restringida
6. Pago de derechos por concepto de expedición de constancia para la obtención de concesiones para la exploración y explotación de minas y aguas en territorio nacional.
7. Convenio de renuncia con el objeto de obtener concesiones para la exploración y explotación de minas y aguas en el territorio nacional (Artículo 27, Fracción I Constitucional y Artículo 10 a de la Ley de Inversión Extranjera)

#### **9. Inscripción en el Registro de Inversiones Extranjeras (RNIE) de Fideicomisos**

Te permite inscribir al Registro Nacional de Inversiones Extranjeras (RNIE) los fideicomisos de acciones o partes sociales, de bienes inmuebles o de inversión neutra, por virtud de los cuales se deriven derechos en favor de la inversión extranjera o de mexicanos que



another nationality and who have their domicile outside the national territory.

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/inscripcion-en-el-rnie-de-contratos-de-fideicomisos/SE1072>

Requirements for the registration of trusts:

1. Application Form for Registration
2. Official Identification of the Fiduciary Delegate
3. In case of needing, authorization to carry out procedures before the RNIE
4. Where applicable, official identification of the authorized
5. Trust agreement
6. In case of needing, proof of payment of fine in copy and original for your comparison

#### **10. Requirements for the concession of Federal maritime land area**

This procedure may be presented by any natural or legal entity, public or private of Mexican nationality, as well as legal entity of foreign origin, in the case of foreign legal entities may do so through a trust with a national financial institution; interested in having the right to use or take advantage of a sustainable way a beach surface, federal maritime land area, land reclaimed from the sea or any other deposit formed with maritime waters.

posean o adquieran otra nacionalidad y que tengan su domicilio fuera del territorio nacional.

<https://www.gob.mx/tramites/ficha/inscripcion-en-el-rnie-de-contratos-de-fideicomisos/SE1072>

Requisitos para la inscripción de fideicomisos:

1. Formato de Solicitud de Inscripción
2. Identificación oficial del Delegado Fiduciario
3. En su caso, autorización para realizar trámites ante el RNIE
4. En su caso, identificación oficial del autorizado
5. Contrato de fideicomiso
6. En su caso, comprobante de pago de multa en copia y original para su cotejo

#### **10. Requisitos para la concesión de zona Federal marítimo terrestres**

Este trámite podrá ser presentado por cualquier persona física o moral, pública o privada de nacionalidad mexicana, así como también las personas físicas de origen extranjero, en el caso de personas morales extranjeras podrán hacerlo a través de un fideicomiso con alguna institución financiera nacional; interesadas en tener derecho a usar o aprovechar de manera sustentable una superficie de playa, zona federal marítimo terrestre, terrenos ganados al mar o a cualquier otro depósito formado con aguas marítimas.

1. Unique format of federal maritime terrestrial zone procedures and coastal environments, duly signed by the applicant or his legal representative.
  2. Public instrument that establishes the constitution of the legal entity. If applicable, Notarial Power or appointment for legal representatives, Migratory form in force as an immigrant or immigrated with which proves his legal stay in the country for foreign natural persons
  3. Plan of the topographic survey of the requested area referred to the current official delimitation. (When there is no official delimitation the promoter must prepare the topographic survey plan of the area requested in accordance with NOM-146-SEMARNAT-2005 published in the Official Gazette of the Federation on September 9, 2005)
  4. Set of recent color photographs (minimum 4), in which you can clearly see the entire surface area requested and the conditions that prevail
  5. In the case of the exploitation of materials should be reported writing their characteristics, extraction volumes, commercial value and use to which they are going to be allocate
  6. In the case of works and / or facilities to be carried out:
    - Architectural plans and descriptive memories of the works and / or facilities to be carried out, and where
1. Formato único de trámites zona federal marítimo terrestre y ambientes costeros, debidamente firmado por el solicitante o su representante legal.
  2. Instrumento público en el cual se establezca la constitución de la persona moral, De ser el caso, Poder Notarial o nombramiento para representantes legales, Forma migratoria vigente en la calidad de inmigrante o inmigrado con la cual acredite su legal estancia en el país para personas físicas extranjeras
  3. Plano del levantamiento topográfico del área solicitada referido a la delimitación oficial vigente. (Cuando no exista delimitación oficial el promovente deberá elaborar el plano de levantamiento topográfico del área solicitada conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2005 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de septiembre de 2005)
  4. Juego de fotografías recientes a color (mínimo 4), en las que se pueda apreciar claramente la totalidad de la superficie solicitada y las condiciones que en ella imperan
  5. Para el caso de la explotación de materiales se deberá reportar en escrito libre sus características, volúmenes de extracción, valor comercial y uso a que vayan a destinarse
  6. Para el caso de obras y/o instalaciones por realizar:
    - Planos arquitectónicos y memorias descriptivas de las obras y/o instalaciones por realizar, y en su caso su

appropriate, their graphic representation when attempting to modify the coastal profile

- Amount of the total investment that is projected to execute with its program of application by stages

7. For those works or activities provided for in article 28 of the General Law of Ecological Equilibrium and Environmental Protection and 5th. of its Regulation regarding Environmental Impact Assessment, a simple copy of the favorable resolution regarding environmental impact should be attached

8. Certificates and resolutions:

- Certificate issued by the competent municipal authority regarding the congruence of the land use requested, with the use of the land of the adjoining property, in accordance with the provisions of the master control programs and / or the territorial ecological planning programs and / or program. of urban development, in force.
- Valid official voucher for payment of fees for reception and study of the application, in accordance with the current fee in the Federal Rights Law.

**11. Reception, evaluation and resolution of the manifestation of environmental impact in its regional modality with no high risk activity**

representación gráfica cuando se pretenda modificar el perfil litoral

- Monto de la inversión total que se proyecte ejecutar con su programa de aplicación por etapas en escrito libre

7. Para aquellas obras o actividades previstas en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y 5o. de su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se deberá anexar copia simple de la resolución favorable en materia de impacto ambiental

8. Constancias y resoluciones:

- Constancia expedida por la autoridad municipal competente respecto de la congruencia del uso del suelo solicitado, con el uso del suelo del predio colindante, conforme a lo previsto por los programas maestros de control y/o los programas de ordenamiento ecológico territorial y/o programa de desarrollo urbano, vigentes.
- Comprobante oficial vigente del pago de derechos por recepción y estudio de la solicitud, conforme a la cuota vigente en la Ley Federal de Derechos.

**11. Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional, sin actividad altamente riesgosa**

It is a study which allows to determine the damage that the work can cause to the environment, proposing preventive measures to minimize the damage. It is a necessary permission to start construction. This study helps to assess the environmental feasibility of the project to the competent authorities.

Requirements for Environmental Impact Manifesto:

1. Written request
2. Current official identification
3. Constitutive Act for the case of legal entity
4. If applicable, Power of Attorney for legal representatives
5. Manifestation of environmental impact, particular modality
6. Summary of the content of the particular environmental impact statement
7. Magnetic medium containing the manifestation of environmental impact, particular modality
8. Declaration under protest of the truth of who prepared the environmental impact statement, which should be based on article 35-Bis-1 of the LGEEPA and / or article 36 of the Regulations of the LGEEPA
9. Proof of payment of rights, products or uses (legible and complete), tables A and B through which he made the

Es un estudio el cual permite determinar el daño que puede ocasionar la obra al medio ambiente, proponiendo medidas preventivas para minimizar el daño. Es un permiso necesario para poder iniciar con la construcción. Este estudio ayuda a evaluar la factibilidad ambiental del proyecto a las autoridades competentes.

Requisitos para Manifiesto de Impacto Ambiental:

1. Escrito libre original
2. Identificación oficial vigente
3. Acta Constitutiva para el caso de personas morales
4. De ser el caso, Poder Notarial para representantes legales
5. Manifestación de impacto ambiental, modalidad particular
6. Resumen del contenido de la manifestación de impacto ambiental particular
7. Medio magnético conteniendo la manifestación de impacto ambiental, modalidad particular
8. Declaración bajo protesta de decir verdad de quien(es) elaboraron la manifestación de impacto ambiental, la cual deberá estar fundamentada en el artículo 35-Bis-1 de la LGEEPA y/o artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA
9. Comprobante de pago de derechos, productos o aprovechamientos (legible y completa), tablas A y B mediante

calculation of the amount paid, encinco format and help sheet

## 12. Requirements for change of land use in forest land

If you want to build within forest areas of the country and that implies a total or partial removal of forest vegetation for non-forest activities, you must request the change of land use before the Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT).

1. Application form for authorization of land use change in forest land.
2. Current official identification for natural persons and legal representatives (INE Passport, Passport, Professional Identification Card or Military Service Certificate)
3. Constitutive Act or Power of Attorney for the case of legal entity.
4. If applicable, Power of Attorney or appointment for legal representatives
5. Title of property registered in the corresponding Public Registry or of the document that certifies the possession or the right to carry out the activities that imply the change of land use in forest lands
6. Justificative Technical Study

las cuales realizó el cálculo del monto pagado, formato encinco y hoja de ayuda

## 12. Requisitos para cambio de uso de suelo en terrenos forestales

Si quieres construir dentro de zonas forestales del país y eso implica una remoción total o parcial de la vegetación forestal para actividades no forestales, debes solicitar el cambio de uso de suelo ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

1. Formato de solicitud de autorización de Cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
2. Identificación oficial vigente para personas físicas y representantes legales (Credencial para votar INE, Pasaporte, Cédula Profesional o Cartilla del Servicio Militar)
3. Acta Constitutiva o Poder Notarial para el caso de personas morales
4. De ser el caso, Poder Notarial o nombramiento para representantes legales
5. Título de propiedad inscrito en el Registro Público que corresponda o del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar las actividades que impliquen el cambio de uso de suelo en terrenos forestales
6. Estudio Técnico Justificativo

7. Technical study (only for when a land use change is to be made in a burned forest land), as well as in electronic format.
8. Minutes of the assembly stating the agreement to change land use in the respective land only for ejidos or agrarian communities.
9. Proof of payment of rights to products or uses.
10. Valid official proof of payment of fees for receipt and study of the application, in accordance with the current fee in the Federal Rights Law.

### **13. Requirements for the Municipal Comprehensive Environmental License**

This license is endorsed annually, those interested in carrying out any work or activity that requires a permit, license, authorization, registration or other similar administrative act in environmental matters must process them through the Municipal Comprehensive Environmental License, which will be presented to the Honorable Council (legal basis art.54 of the Regulation of Ecological Balance and Protection of the Environment for the Municipality of Caborca, Sonora, Article 84 of the Law of Ecological Balance and Environmental Protection for the State of Sonora).

1. Details of the promoter and the technical manager

7. Estudio Técnico (sólo para cuando se vaya a realizar un cambio de uso de suelo en terreno forestal incendiado), así como en formato electrónico.
8. Acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo sólo para ejidos o comunidades agrarias.
9. Comprobante de pago de derechos productos o aprovechamientos.
10. Comprobante oficial vigente del pago de derechos por recepción y estudio de la solicitud, conforme a la cuota vigente en la Ley Federal de Derechos.

### **13. Requisitos Para La Licencia Ambiental Integral Municipal**

Esta licencia se refrenda anualmente, los interesados en llevar a cabo cualquier obra o actividad que requiera de algún permiso, licencia, autorización, registro u otro acto administrativo similar en materia ambiental deberán tramitarlos mediante la Licencia Ambiental Integral Municipal, que presentarán ante el H. Ayuntamiento (fundamento legal art.54 del Reglamento De Equilibrio Ecológico Y Protección al Medio Ambiente Para El Municipio De Caborca, Sonora. Artículo 84 de la Ley de Del Equilibrio Ecológico Y Protección al Medio Ambiente para el Estado de Sonora).

1. Datos del promovente y del responsable técnico
2. Descripción detallada de las obras o actividades por etapa del proyecto

2. Detailed description of the works or activities by stage of the project
3. Linkage with the planning instruments and applicable legal systems
4. Description of the regional environmental system and indication of trends in the development and deterioration of the region
5. Identification, description and evaluation of environmental impacts and risks
6. Strategies for the prevention and mitigation of environmental impacts and risks
7. Regional environmental forecasts and, where appropriate, evaluation of alternatives
8. Identification of the methodological instruments and technical elements that sustain the results

#### 14. Requirements for the Risk Study

This procedure is requested to natural or legal entity, who intend to carry out works and activities, which due to their location, dimensions, characteristics or scope may cause real or potentially significant negative environmental impacts to the environment, ecological imbalances, or exceed the limits and conditions established in the legal dispositions referred to the preservation of the ecological balance and the protection to the environment

3. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables
4. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región
5. Identificación, descripción y evaluación de los impactos y riesgos ambientales
6. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos y riesgos ambientales
7. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas
8. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados

#### 14. Requisitos para El Estudio de Riesgo

Este trámite se solicita a personas físicas o morales, que pretendan realizar obras y actividades, que por su ubicación, dimensiones, características o alcances puedan causar real o potencialmente impactos ambientales negativos significativos al ambiente, desequilibrios ecológicos, o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones jurídicas referidas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (fundamento legal

(legal basis articles 37 and 40 of the Civil Protection Law for the State of Sonora).

1. A folder
2. A CD with the information of the Risk Diagnosis
3. Delivery document from the Legal Representative
4. Constitutive act or legal power of the company where the legal representative is accredited
5. Copy of the identification of the legal representative
6. Copy of the payment made in the Fiscal Agency
7. If it is a specialized company attach a power of attorney issued by the legal representative of the establishment
8. Payment receipt issued by the tax agency

### Phase: Design

#### 15. Requirements for the license of land use or change of land use

The purpose of the land use license will be to authorize, in accordance with the territorial zoning and urban development programs in force and their zoning (legal basis article 122,123 and 126 of the Law of Territorial Organization of the State of Sonora).

artículos 37 y 40 de la Ley De Protección Civil Para El Estado De Sonora).

1. Una carpeta
2. Un CD con la información del Diagnóstico de Riesgo
3. Escrito de entrega del Representante Legal
4. Acta constitutiva o poder legal de la empresa donde se acredita al representante legal
5. Copia de la identificación del representante legal
6. Copia del pago hecho en la Agencia Fiscal
7. En caso de que sea empresa especializada adjuntar carta poder expedida por el representante legal del establecimiento
8. Recibo de pago emitido por la agencia fiscal

### Fase: Diseño

#### 15. Requerimientos para el licencia de uso de suelo o cambio de uso de suelo

La licencia de uso de suelo tendrá por objeto autorizar, de conformidad con los programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano vigentes y su zonificación (fundamento legal



1. Constitutive act of the company
2. Fill in properly and submit a request for the use of the floor in a railing
3. Property location plans and cadastral code
4. Document proving ownership of the property (title and transfer)
5. Lease agreement if applicable
6. Property tax up to date
7. Neighboring consent within a radius of 50m
8. Civil protection judgment
9. Preliminary project
10. Regional impact report, as the case may be, issued by the Secretariat
11. Judgment or resolution of environmental impact, as the case may be, issued by the competent environmental authority

#### **16. Requirements for the Regional Impact Opinion**

It is the legal instrument issued by the Ministry of Infrastructure and Urban Development where the use of a specific property or property is established, which due to its characteristics produces

artículo 122,123 y 126 de la Ley de Ordenamiento Territorial del estado de Sonora).

1. Acta Constitutiva de la empresa
2. Llenar debidamente y presentar Solicitud de Uso de Suelo en barandilla
3. Planos de localización del predio y clave catastral
4. Documento que acredite la propiedad del predio (título y traslado)
5. Contrato de arrendamiento en su caso
6. Impuesto predial al corriente
7. Anuencia vecinal en un radio de 50m
8. Dictamen de protección civil
9. Anteproyecto
10. Dictamen de impacto regional, en su caso, emitido por la Secretaría
11. Dictamen o resolutivo de impacto ambiental, en su caso, emitido por la autoridad ambiental competente

#### **16. Requisitos para el Dictamen de Impacto Regional**

Es el instrumento legal emitido por la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano en donde se establece el uso o aprovechamiento de un determinado predio o inmueble, que por sus características

a significant impact on the infrastructure and urban equipment and public services foreseen for a region or for a population center, in relation to its regional environment, in order to prevent and mitigate, in its case, the negative effects it may cause (legal basis article 125, fraction I and IV, of the Law of Territorial Organization and Urban Development for the State of Sonora and Art. 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44 and 45 of the Regulation of the same Law).

1. Brief addressed to the Secretary of Infrastructure and Urban Development, in which the REGIONAL IMPACT REPORT is requested specifying the type of work to be developed
2. Copy of the elector's credential of being a natural person, specifying address and telephone to receive notifications
3. Copy of the Constitutive Act of the company, in the case of being a legal entity
4. Power of the legal representative of the company
5. Certified copy of the document proving the property, duly registered in the Public Registry of Property of the respective Judicial District
6. Study of land use issued by the Secretariat
7. Letter of feasibility of land use issued by the municipality
8. Project draft and its descriptive report including:

produce un impacto significativo sobre la infraestructura y equipamiento urbanos y servicios públicos previstos para una región o para un centro de población, en relación con su entorno regional, a fin de prevenir y mitigar, en su caso, los efectos negativos que pudiera ocasionar (fundamento legal artículo 125, fracción I y IV, de la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Sonora y Art. 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44 y 45 del Reglamento de la misma Ley).

1. Escrito dirigido al Secretario de Infraestructura y Desarrollo Urbano, en el cual se solicite el DICTAMEN DE IMPACTO REGIONAL especificando el tipo de obra a desarrollarse
2. Copia de la credencial de elector de ser persona física, especificando domicilio y teléfono para recibir notificaciones
3. Copia del Acta Constitutiva de la empresa, en caso de tratarse de persona moral
4. Poder del representante legal de la empresa
5. Copia certificada del documento que acredite la propiedad, debidamente inscrito en el Registro Público de la Propiedad del Distrito Judicial respectivo
6. Estudio de uso de suelo emitido por la Secretaría
7. Carta de factibilidad de uso de suelo emitida por el ayuntamiento
8. Anteproyecto y su memoria descriptiva incluyendo:

- Plan of distribution of land uses, facilities and buildings
  - Plane of hydraulic, sanitary, electrical and gas infrastructure
  - Internal road map, where applicable
  - Road integration plan with the urban and regional environment
9. Feasibility and provision of drinking water for the proposed project, as well as the incorporation, where appropriate, of the potable water and sewerage systems, in which the connection points for drinking water and discharges of potable water are defined. wastewater, treated or not, depending on the case, which will be issued by the State Water Commission, or when appropriate, by the corresponding municipal agency
  10. Feasibility of the Federal Electricity Commission on the service and connection of electric power to the project
  11. Study, demonstration and resolution of environmental impact, as well as the risk assessment issued by the corresponding environmental authority
  12. Plan of distribution of land uses, facilities and buildings
  13. Plan of location of the property where it is intended to carry out a specific use, including geographic coordinates
- Plano de distribución de usos de suelo, instalaciones y edificaciones
  - Plano de infraestructura hidráulica, sanitaria, eléctrica y de gas
  - Plano de vialidad interna, en su caso
  - Plano de integración vial con el entorno urbano y regional
9. Factibilidad y dotación de agua potable para el proyecto que se pretenda, así como de incorporación, en su caso, a los sistemas de agua potable y alcantarillado, en el que se definan los puntos de conexión de agua potable y los de descargas de aguas residuales, tratadas o no, según el caso, el cual será emitido por la Comisión Estatal del Agua, o cuando corresponda, por el organismo municipal correspondiente
  10. Factibilidad de la Comisión Federal de Electricidad sobre el servicio y conexión de energía eléctrica al proyecto
  11. Estudio, manifestación y resolutive de impacto ambiental, así como la evaluación de riesgos emitida por la autoridad ambiental correspondiente
  12. Plano de distribución de usos de suelo, instalaciones y edificaciones
  13. Plano de localización del predio donde se pretende llevar a cabo un aprovechamiento específico, incluyendo coordenadas geográficas del polígono y el archivo digital en formato vectorial referido geográficamente

of the polygon and the digital file in vector format referred geographically

14. Studies and opinions of the National Institute of Anthropology and History, the State Civil Protection Unit, the National Water Commission or other federal, state or municipal agencies, when the characteristics of the area where the site is located to develop so they require it according to the corresponding regulations

#### **17. Requirements for wastewater discharge**

1. Application for Services: Present duly filled out the format called "CONAGUA-01-001 Permission to discharge wastewater", in original and in simple copy, including its annexes.
2. Accreditation of legal personality: Proof of the legal personality of the interested individual or legal entity and, where appropriate, of the authorized legal representative. Technical report (if applicable): The technical report that substantiates the request and indicates how the established norms, conditions and technical specifications will be met, except for populations with less than 2,500 inhabitants and companies that in their process or productive activity do not use as raw material substances that generate heavy metal, cyanide or organo-toxic wastewater discharges and discharge volume does not exceed 300 m<sup>3</sup> per day. In case of needing to inject the aquifer or subsoil by means

14. Estudios y dictámenes del Instituto Nacional de Antropología e Historia, de la Unidad Estatal de Protección Civil, de la Comisión Nacional del Agua o de otras dependencias u organismos federales, estatales o municipales, cuando las características de la zona donde se ubique el predio a desarrollar así lo requieran de acuerdo a la normatividad correspondiente

#### **17. Requisitos para de descarga de aguas residuales**

1. Solicitud de Servicios: Presentar debidamente llenado el formato denominado "CONAGUA-01-001 Permiso de descarga de aguas residuales", en original y en copia simple, incluyendo sus anexos.
2. Acreditación de la personalidad jurídica: Acreditar la personalidad jurídica de la persona física o moral interesada y en su caso, del representante legal autorizado. Memoria técnica (en su caso): La memoria técnica que fundamente la solicitud e indique la manera como se cumplirán las normas, condiciones y especificaciones técnicas establecidas, excepto para las poblaciones con menos de 2,500 habitantes y las empresas que en su proceso o actividad productiva no utilicen como materia prima sustancias que generen en sus descargas de aguas residuales metales pesados, cianuros u órgano-tóxicos y su volumen de descarga no exceda de 300 m<sup>3</sup> al día. En caso de requerir inyectar al acuífero o subsuelo mediante pozos de inyección o absorción, el proyecto de las obras a realizar.

of injection or absorption wells, the project of the works to be carried out.

3. The descriptive document must contain the following information:
  - Volume and regime of the different points of discharge.
  - Name and location of the receiving body(s).
4. Sketch of location of the discharge and of the description of processes: Drawing without scale that includes the points of reference that allow its location, as well as the points where the discharge will be made. Non-scale drawing by which the processes that lead to wastewater discharges are located and described.
5. Inputs used in the processes (where applicable): Users must indicate those inputs (substances) that are classified as hazardous or that become contaminant waste not considered in NOM-001-SEMARNAT-1996.
6. Physical, chemical and bacteriological characteristics of the discharge: To have the characterization in the Biochemical Oxygen Demand and in the Total Suspended Solids in the raw wastewater (without treatment), if it is non-municipal discharges. The characterization of the discharge is not required if it does not exceed 300 m<sup>3</sup> / day. Those applicants whose projects consider discharges exceeding 300 m<sup>3</sup> / day, should not comply with this requirement if they have not yet begun the operation of

3. El documento descriptivo deberá contener la siguiente información:
  - Volumen y régimen de los distintos puntos de descarga.
  - Nombre y ubicación del(os) cuerpo(s) receptor(es).
4. Croquis de localización de la descarga y de la descripción de procesos: Dibujo sin escala que incluya los puntos de referencia que permitan su localización, así como los puntos donde se efectuará la descarga. Dibujo sin escala mediante el cual se ubique y describan los procesos que dan lugar a las descargas de aguas residuales.
5. Insumos utilizados en los procesos (en su caso): Los usuarios deberán manifestar aquellos insumos (sustancias) que estén clasificados como peligrosos o que se conviertan en residuos contaminantes no considerados en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
6. Características físico, químicas y bacteriológicas de la descarga: Contar con la caracterización en la Demanda Bioquímica de Oxígeno y en los Sólidos Suspendidos Totales en el agua residual cruda (sin tratamiento), si se trata de descargas no municipales. No se requiere la caracterización de la descarga si ésta no excede de 300 m<sup>3</sup>/día. Aquellos solicitantes cuyos proyectos consideren descargas superiores a 300 m<sup>3</sup>/ día, no deben cumplir con este requisito si aún no inicia la operación del proceso que generará la descarga

the process that will generate the discharge object of the procedure (Article 138 of the Regulation of the Law on National Waters).

7. Description of the treatment systems and processes: If applicable, the description of the systems and processes for the treatment of wastewater must be attached to the request to meet the specific discharge conditions established by the Water Authority, in accordance with the to the provisions of the National Waters Law and its Regulations.
8. Water reuse measures where appropriate: Document describing water reuse measures where appropriate.
9. Proof of payment of rights: At the time of requesting the procedure, the interested party must submit to the Water Authority, proof of payment of rights, original for collation and simple copy (Article 3 of the Federal Law of Rights). Clarifying that when it is required in addition to the discharge permit, a permit for infrastructure works or concession for the occupation of federal land, are different payments.

#### **18. Requirements for Execution Permit for Hydraulic Infrastructure Works**

It is a permit required when, due to the works carried out, the hydraulic or hydrological regime of the nationally owned river beds or vessels or of the corresponding federal zones could be

objeto del trámite (Artículo 138 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales).

7. Descripción de los sistemas y procesos de tratamiento: En su caso, se deberá anexar a la solicitud, la descripción de los sistemas y procesos para el tratamiento de aguas residuales para satisfacer las condiciones particulares de descarga que establezca la Autoridad del Agua, conforme a lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
8. Medidas de reúso del agua en su caso: Documento que describa las medidas de reúso del agua en su caso.
9. Comprobante del pago de derechos: Al momento de solicitar el trámite, el interesado deberá presentar ante la Autoridad del Agua, el comprobante de pago de derechos, original para cotejo y copia simple (Artículo 3 de la Ley Federal de Derechos). Aclarando que cuando se requiere además del permiso de descarga, un permiso para obras de infraestructura o concesión para la ocupación de terrenos federales, son pagos distintos.

#### **18. Requisitos para Permiso de Ejecución de Obras de Infraestructura Hidráulica**

Es un permiso requerido cuando por motivo de las obras realizadas se pudiera afectar el régimen hidráulico o hidrológico de los cauces o vasos de propiedad nacional o de las zonas federales

affected. There are two ways to enter the process these are in person or online.

1. Application for Services: Present duly filled out the format called "CONAGUA-02-002 Permission to carry out hydraulic infrastructure works", including its annexes.
2. Documents that accredit the personality of the applicant
3. Public deed certifying the ownership of the private lands that will be occupied with the works or, if applicable, the consent of their owners, certified before a notary public.
4. Resolutive of the Manifestation of Environmental Impact issued by the Ministry of Environment and Natural Resources.
5. Project of the works to be carried out and technical report.
6. Proof of payment of rights of issuance of permission to carry out hydraulic infrastructure works.

#### **19. Requirements for concession of use of surface waters**

1. Application: Present duly completed, the formats called "Single Request for Water Services, General Data" and "CNA-01-003 Concession of Use of Surface Water. With requirement of Manifestation of Environmental Impact "and its annexes.
2. Accreditation of legal personality: Proof of the legal personality of the interested individual or legal entity

correspondientes. Existen dos modalidades para ingresar el trámite estas son de manera presencial o por internet.

1. Solicitud de Servicios: Presentar debidamente llenado el formato denominado "CONAGUA-02-002 Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica", incluyendo sus anexos.
2. Documentos que acreditan la personalidad del solicitante
3. Escritura pública que acredite la propiedad de los terrenos privados que serán ocupados con las obras o en su caso la anuencia de sus propietarios, certificada ante notario público.
4. Resolutivo de la Manifestación de Impacto Ambiental emitida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
5. Proyecto de las obras a realizar y memoria técnica.
6. Comprobante de pago de derechos de expedición de permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica.

#### **19. Requisitos para concesión de aprovechamiento de aguas superficiales**

1. Solicitud: Presentar debidamente llenados, los formatos denominados "Solicitud Única de Servicios Hídricos, Datos Generales" y "CNA-01-003 Concesión de Aprovechamiento de Aguas Superficiales. Con requerimiento de Manifestación de Impacto Ambiental" y sus anexos.

and, where appropriate, of the authorized legal representative.

3. Accreditation of ownership or possession of the areas to be benefited (agricultural only): Documents proving the ownership or possession of the areas to benefit
4. Sketch of location of the property and of the use: Drawing without scale that includes the points of reference that allow its location and the one of the site where the extraction of the national waters will be made; as well as the points where the download will be made.
5. Technical report: The technical report with the corresponding plans that contain: The description and characteristics of the works carried out or the project of the works to be carried out to make the use.
6. Technical documentation that supports the request: The technical documentation that supports the request in terms:
  - Of the volume of consumption required.
  - The initial use that will be given to water.
7. Manifestation of Environmental Impact: The user must attach the resolution of the manifestation of environmental impact or the exemption thereof, issued by the Ministry of Environment and Natural Resources (SEMARNAT), for the following cases: For aquaculture use. Storage dams, diverters and avenues control with a

2. Acreditación de la personalidad jurídica: Acreditar la personalidad jurídica de la persona física o moral interesada y en su caso, del representante legal autorizado.
3. Acreditación de la propiedad o posesión de las superficies a beneficiar (solo agrícolas): Documentos que acrediten la propiedad o posesión de las superficies a beneficiar
4. Croquis de localización del predio y del aprovechamiento: Dibujo sin escala que incluya los puntos de referencia que permitan su localización y la del sitio donde se realizará la extracción de las aguas nacionales; así como los puntos donde se efectuará la descarga.
5. Memoria técnica: La memoria técnica con los planos correspondientes que contengan: La descripción y características de las obras realizadas o el proyecto de las obras por realizar para efectuar el aprovechamiento.
6. Documentación técnica que soporte la solicitud: La documentación técnica que soporte la solicitud en términos:
  - Del volumen de consumo requerido.
  - El uso inicial que se le dará al agua.
7. Manifestación de Impacto Ambiental: El usuario deberá anexar el resolutivo de la manifestación de impacto ambiental o la exención de la misma, emitida por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), para los siguientes casos: Para el uso acuícola. Presas de almacenamiento, derivadoras y de control de



capacity of more than 1 million cubic meters, jagüeyes and other works for the collection of rainwater, channels and pumping stations, with the exception of those located outside of fragile ecosystems, Natural Protected areas and regions considered priority for their biodiversity and do not involve the flooding or removal of tree vegetation or human settlements, the habitat of species included in any category of protection, the shortage of water to neighboring communities, or limitation to Free transit of natural, local or migratory populations.

- Hydro-agricultural units greater than 100 hectares.
- Desalination plants.
- For aquaculture use.

8. Proof of Payment of Rights: At the time of requesting the procedure, the interested party must submit to the Water Authority, proof of payment of rights, original for collation and simple copy (Article 3 of the Federal Law of Rights). Clarifying that when it is required in addition to the concession a discharge permit and a permit to carry out hydraulic infrastructure work or concession for the occupation of federal lands are different payments. The above-mentioned rights will not be paid, the users who dedicate themselves to agricultural or livestock activities and the domestic use that is related to these uses and the

avenidas con capacidad mayor de 1 millón de metros cúbicos, jagüeyes y otras obras para la captación de aguas pluviales, canales y cárcamos de bombeo, con excepción de aquellas que se ubiquen fuera de ecosistemas frágiles, Áreas Naturales Protegidas y regiones consideradas prioritarias por su biodiversidad y no impliquen la inundación o remoción de vegetación arbórea o de asentamientos humanos, la afectación del hábitat de especies incluidas en alguna categoría de protección, el desabasto de agua a las comunidades aledañas, o la limitación al libre tránsito de poblaciones naturales, locales o migratorias.

- Unidades hidroagrícolas mayores a 100 hectáreas.
- Plantas desaladoras.
- Para el uso acuícola.

8. Comprobante del Pago de Derechos: Al momento de solicitar el trámite, el interesado deberá presentar ante la Autoridad del Agua, el comprobante de pago de derechos, original para cotejo y copia simple (Art. 3 de la Ley Federal de Derechos). Aclarando que cuando se requiera además de la concesión un permiso de descarga y un permiso para realizar obra de infraestructura hidráulica o concesión para la ocupación de terrenos federales son pagos distintos. No pagaran los derechos antes citados, los usuarios que se dediquen a actividades agrícolas o pecuarias y el uso doméstico que se relacione con estos usos y las localidades rurales iguales o inferiores a 2,500 habitantes Art. 192-D de la Ley Federal de Derechos).

rural localities equal or inferior to 2,500 inhabitants Art. 192-D of the Federal Law of Rights).

## 20. Requirements for right of way permit on toll-free federal highways or surrounding areas

It is a permit required to use the right-of-way or surrounding areas of federal toll-free roads, due to pipe crossings.

1. Submit a request in writing.
2. In the case of legal identity, accompany a copy of the articles of incorporation.
3. Indicate the road, section and kilometer where the work or installation will be carried out.
4. In the case of areas adjacent to the right of way, present the document that proves ownership or possession of the surface or authorization for its use
5. Present a plan with measures and boundaries in which the location of the property is delimited, in the case of the use of areas adjacent to the right of way.
6. Prove the payment of rights.
7. Provide the specific data set by this Regulation.

## 20. Requisitos para permiso de derecho de vía en carreteras federales libres de peaje o zonas aledañas

Es un permiso requerido para utilizar el derecho de vía o zonas aledañas de carreteras federales libres de peaje, esto debido a cruzamientos de tubería.

1. Presentar solicitud por escrito.
2. Cuando se trate de personas morales, acompañar copia de la escritura constitutiva.
3. Señalar la carretera, tramo y kilómetro en donde se llevará a cabo la obra o instalación.
4. En caso de zonas aledañas al derecho de vía, presentar el documento que acredite la propiedad o posesión de la superficie o autorización para su aprovechamiento
5. Presentar plano con medidas y colindancias en el que se delimite la ubicación del predio, tratándose del aprovechamiento de zonas aledañas al derecho de vía.
6. Acreditar el pago de derechos.
7. Proporcionar aquellos datos específicos que marque este Reglamento.

### **21. Requirements for placing informational signs on the right of way on toll-free federal highways**

This permit allows you to place informational signs about the right-of-way on toll-free federal highways.

1. Proof of payment of rights.
2. Document indicating the road, section and kilometer where the work or installation will be carried out.
3. Document that proves the legal personality of the promoter.
4. Document containing the signal project.
5. Document that contains the location of the signal.
6. Written request.

### **22. Requirements for the use of the right of way for informative signals**

The procedure is used to obtain a permit to install informative signs, in order to use and take advantage of the right of way of the toll motorways.

1. Writing that must contain the name, denomination or business name of who or who promote, where appropriate their legal representative, address to receive notifications, as well as the name of the person or persons authorized to receive them, the request that is formulated, the facts or reasons that give rise to the

### **21. Requisitos para colocar señales informativas en el derecho de vía en carreteras federales libres de peaje**

Este permiso te permite poner señales informativas sobre el derecho de vía en las carreteras federales libres de peaje.

1. Comprobante que acredite el pago de derechos.
2. Documento donde se señale la carretera, tramo y kilómetro donde se llevará a cabo la obra o instalación.
3. Documento que acredite la personalidad jurídica del promovente.
4. Documento que contenga el proyecto de la señal.
5. Documento que contenga la ubicación de la señal.
6. Solicitud por escrito.

### **22. Requisitos para uso y aprovechamiento del derecho de vía para señales informativas**

El trámite sirve para obtener un permiso para instalar señales informativas, a fin de usar y aprovechar el derecho de vía de las autopistas de cuota.

1. Escrito libre que debe contener el nombre, denominación o razón social de quién o quiénes promuevan, en su caso de su representante legal, domicilio para recibir notificaciones, así como nombre de la persona o personas autorizadas para recibirlas, la petición que se formula, los hechos o razones que dan motivo a la petición, el órgano administrativo a que

petition, the administrative body to which they are addressed and the place and date of their issuance and indicate the road, section and kilometer where the work or installation will be carried out.

2. Proof of payment of rights to products or uses.
3. Constitutive act or equivalent document
4. Power of attorney or equivalent document
5. Tax Identification Card.
6. Proof of address.
7. Current official identification with photograph and signature of the legal representative.
8. Descriptive report of the project, which will indicate the description of the informative signs, if there are or not information signaling facilities in the area, also will detail each of the constructive stages to achieve the installation of the informative signs.
9. Budget of the work.
10. Work program.
11. Plan geometric project of the section one kilometer before and one kilometer after the site, which will indicate the inventory of signs and announcements where appropriate.

se dirigen y lugar y fecha de su emisión y señalar la carretera, tramo y kilómetro en donde se llevará a cabo la obra o instalación.

2. Comprobante de pago de derechos productos o aprovechamientos.
3. Acta constitutiva o documento equivalente
4. Poder notarial o documento equivalente
5. Cédula de Identificación Fiscal.
6. Comprobante de domicilio.
7. Identificación oficial vigente con fotografía y firma del representante legal.
8. Memoria descriptiva del proyecto, en la cual se indicará la descripción de las señales informativas, si existen o no instalaciones de señales informativas en el área, asimismo se detallará cada una de las etapas constructivas para lograr la instalación de las señales informativas.
9. Presupuesto de la obra.
10. Programa de obra.
11. Planta del proyecto geométrico del tramo un kilómetro antes y un kilómetro después del sitio, en la que se indicará el inventario de señalamiento y anuncios en su caso.

12. General plan of the section of the highway indicating the place where the information signs are to be installed, clearly indicating the location of the informative signs, the limits of the right of way, and also the different views of the informative signs, cross section, elevations and the relevant details (type of support that will be used for the installation, depth of drive, type of foundation, dimensions, materials to be used both for the signs and for their support, as well as their characteristics).
13. Disk with computer files in DWG format and PDF of technical documentation (plans) corresponding to the access to be built.

### 23. Requirements for use of the right of way in toll highways

#### 1. Legal Entity:

- Constitutive act or equivalent document.
- Power of attorney of the legal representative or equivalent document.
- Identification of the legal representative.
- Proof of address.
- Tax ID card.

#### 2. Technical documentation:

12. Planta general del tramo de la autopista señalando el sitio en donde pretenden instalarse las señales informativas, indicando claramente la ubicación de las señales informativas, los límites del derecho de vía, asimismo deberá contener las diferentes vistas de las señales informativas, corte transversal, alzados y los detalles relevantes (tipo de soporte que se utilizará para la instalación, profundidad de hincado, tipo de cimentación, dimensiones, materiales a utilizar tanto para las señales como para su soporte, así como sus características).
13. Disco con archivos informáticos en formato DWG y PDF de documentación técnica (planos) correspondiente al acceso que se pretende construir.

### 23. Requisitos para uso y aprovechamiento del derecho de vía en autopistas de cuota

#### 1. Personas Morales:

- Acta constitutiva o documento equivalente.
- Poder Notarial del representante legal o documento equivalente.
- Identificación del representante legal.
- Comprobante de Domicilio.
- Cedula de identificación fiscal.

#### 2. Documentación técnica:

- Descriptive report of the project, in which each of the constructive stages will be detailed to achieve the installation of the crossing.
- Work budget.
- Work program.

### 3. Blueprints:

- General plant of the section of the highway indicating the site where the crossing intends to be installed, clearly indicating the limits of the right of way, also must contain the relevant details of the crossing.
- Cross section of the right of way, indicating if the crossing is underground or aerial, or attached to a structure. If it is an underground crossing, the characteristics of the crossing will be expressed in detail (depths and dimensions of the auxiliary works to accommodate the crossing, the size of the conductor section and its depth, the type of material and its characteristics).
- Disk with computer files in DWG format and PDF of technical documentation (maps) corresponding to the access that is intended to be built.

### 4. Writing that must contain the name, denomination or business name of who promote, where appropriate their

- Memoria descriptiva del proyecto, en la cual se detallará cada una de las etapas constructivas para lograr la instalación del cruzamiento.
- Presupuesto de obra.
- Programa de obra.

### 3. Planos:

- Planta General del tramo de la autopista señalando el sitio en donde pretende instalarse el cruzamiento, indicando claramente los límites del derecho de vía, asimismo deberá contener los detalles relevantes del cruzamiento.
- Sección transversal del derecho de vía, indicando si el cruzamiento es subterráneo o aéreo, o bien adosado a una estructura. Si es cruzamiento subterráneo, se expresarán en forma detallada las características del cruzamiento, (profundidades y dimensiones de las obras auxiliares para alojar el cruzamiento, la dimensión de la sección del conductor y su profundidad, el tipo de material y sus características).
- Disco con archivos informáticos en formato DWG y PDF de documentación técnica (planos) correspondiente al acceso que se pretende construir.

### 4. Escrito libre que debe contener el nombre, denominación o razón social de quién o quiénes promuevan, en su caso de su representante legal, domicilio para recibir notificaciones, así

legal representative, address to receive notifications, as well as the name of the person or persons authorized to receive them, phone number, email, the petition that is made, the facts or reasons that give rise to the petition, the administrative body to which they are addressed and the place and date of their issuance and indicate the road, section and kilometer where the work or installation will be carried out .

5. Proof of non-involvement of third parties or established facilities and works, issued by the SCT Center.
6. Proof of payment of rights to products or uses.

#### **24. Requirements for the use and exploitation of the right of way on motorways and fee bridges for access**

It is a permit required to use the right of way of toll highways, this due to pipe crossings.

1. Legal entity:
  - Constitutive act or equivalent document
  - Power of Attorney of the legal representative or equivalent document
  - Identification of the legal representative
  - Proof of address
  - Tax ID card

como nombre de la persona o personas autorizadas para recibirlas, número telefónico, correo electrónico, la petición que se formula, los hechos o razones que dan motivo a la petición, el órgano administrativo a que se dirigen y lugar y fecha de su emisión y señalar la carretera, tramo y kilómetro en donde se llevará a cabo la obra o instalación.

5. Constancia de no afectación a terceros o a instalaciones y obras establecidas, emitida por el Centro SCT.
6. Comprobante de pago de derechos productos o aprovechamientos.

#### **24. Requisitos para uso y aprovechamiento del derecho de vía en las autopistas y puentes de cuota para accesos**

Es un permiso requerido para utilizar el derecho de vía de autopistas de cuota, esto debido a cruzamientos de tubería.

1. Personas morales:
  - Acta constitutiva o documento equivalente
  - Poder Notarial del representante legal o documento equivalente
  - Identificación del representante legal
  - Comprobante de domicilio
  - Cedula de identificación fiscal

## 2. Technical documentation:

- Descriptive report of the project in which the construction procedure to be used is also described.
- Traffic study in which the calculation memory of the acceleration and deceleration lanes is included, according to the Road Geometric Project Manual of the SCT, attaching the directional diagram of current and projected traffic volumes, and the characteristics of the project vehicle.
- Study of speed of point for the case in which the speed of operation is less than the project.
- Study and design of the pavement.
- For additional drainage works, hydrological and hydraulic study for its design.
- For drainage works that modify the structural design including calculation memory.
- Study of the signaling considering the existing work protection and the additional for the existence of the work according to the official Mexican standard regarding the signaling, the Manual of Devices for Traffic Control in Streets

## 2. Documentación técnica:

- Memoria descriptiva del proyecto en la que además se describa el procedimiento constructivo a emplear.
- Estudio de tránsito en el que se incluya la memoria de cálculo de los carriles de aceleración y desaceleración, de acuerdo al Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la SCT anexando el diagrama direccional de volúmenes de tránsito actual y el proyectado, y las características del vehículo de proyecto.
- Estudio de velocidad de punto para el caso en que la velocidad de operación sea menor a la de proyecto.
- Estudio y diseño del pavimento.
- Para obras adicionales de drenaje, estudio hidrológico e hidráulico para su diseño.
- Para las obras de drenaje que se modifican el diseño estructural incluyendo la memoria de cálculo.
- Estudio del señalamiento considerando el existente el de protección de obra y el adicional por la existencia de la obra de acuerdo a la norma oficial mexicana relativa al señalamiento, al Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, y a la Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT).



and Roads, and the Regulations for the Transportation Infrastructure (SCT Regulation).

- Operational studies that result in affecting the highway from the point of view of revenues (tolls), including proposed solutions.
- General and particular specifications.
- Work budget.
- Work program.

### 3. Blueprints:

- General plan indicating the length of the tangent of the highway on each side of the access axis, and angle of said tangent in relation to the access axis and the distance to the axis of access in the project of the works, facilities and vegetation that affect the operation or visibility.
- Profile of the tangent, indicating its slope, considering 500 m on each side of the access axis.
- Transverse sections every 20 m from the acceleration and deceleration lanes, as well as from the access itself.
- Project of preventive signage of work.

- Estudios operativos que tengan como resultado la afectación a la autopista desde el punto de vista de los ingresos (peaje), incluyendo propuestas de solución.
- Especificaciones generales y particulares.
- Presupuesto de obra.
- Programa de obra.

### 3. Planos:

- Planta general indicando la longitud de la tangente de la autopista a cada lado del eje del acceso, y ángulo de dicha tangente en relación con el eje del acceso y la distancia al eje del acceso en proyecto de las obras, instalaciones y vegetación que afecten la operación o la visibilidad.
- Perfil de la tangente, indicando su pendiente, considerando 500 m a cada lado del eje del acceso.
- Secciones transversales a cada 20 m de los carriles de aceleración y desaceleración, así como del propio acceso.
- Proyecto de señalamiento preventivo de obra.
- Proyecto de señalamiento considerando el señalamiento existente y el propuesto para el acceso.

- Project of signaling considering the existing signaling and the proposed one for access.
  - Drainage project, including the current inventory of structures and those modified with the proposal.
  - Disk with computer files in DWG format and PDF of technical documentation (plans) corresponding to the access to be built.
4. Payment of rights for the permission for the construction of accesses that affect the right of way of a road or bridge of quota, including the supervision of the work.
  5. Payment of fees for the review and supervision of signals and devices for traffic control not contemplated in the original project or that require modification of roads and fee bridges.

**25. Requirements for authorization of works built by third parties, which will be delivered to CFE, feasibility of service**

This authorization is regarding whether it is viable or not to provide you with electric power service.

1. Current official identification
2. Sketch of the location where the service is requested copy

- Proyecto de drenaje, incluyendo el inventario actual de estructuras y las que se modifican con la propuesta.
  - Disco con archivos informáticos en formato DWG y PDF de documentación técnica (planos) correspondiente al acceso que se pretende construir.
4. Pago de derechos por el permiso para la construcción de accesos que afecten el derecho de vía de un camino o puente de cuota, incluyendo la supervisión de la obra.
  5. Pago de derechos por la revisión y supervisión de señales y dispositivos para el control del tránsito no contempladas en el proyecto original o que requieran modificación en los caminos y puentes de cuota.

**25. Requisitos para autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a CFE, factibilidad del servicio**

Esta autorización es respecto a si es viable o no para suministrarte el servicio de energía eléctrica.

1. Identificación oficial vigente
2. Croquis de ubicación del domicilio donde se solicita el servicio copia

3. List of equipment and devices to be connected (load census or project demand chart)
4. Official alignment document
5. Power of attorney of the person who will carry out the procedure, on behalf of the applicant
6. Application of high voltage electric power for industry and public spaces
  - Location sketch
  - Verification report issued by the Electrical Installations Verification Unit (UVIE)
  - Federal Taxpayers Registry (RFC)
  - Power of Attorney in the case of legal identity
  - Resolution letter requesting electric power service under the contributions regime

### Phase: Construction

#### 26. Requirements for the construction permit for works in the Federal Maritime Terrestrial Zone

It allows you to request a permit to build works on the maritime beach, federal maritime land area or land reclaimed from the sea or those that modify the coastal morphology.

3. Listado de equipos y aparatos a conectar (censo de carga o cuadro de demandas del proyecto)
4. Documento oficial de alineación
5. Carta poder de la persona que realizará el trámite, en representación del solicitante
6. Solicitud de energía eléctrica en alta tensión para industria y espacios públicos
  - Croquis de ubicación
  - Dictamen de verificación emitido por la Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE)
  - Registro Federal de Contribuyentes (RFC)
  - Poder Notarial en el caso de personas morales
  - Oficio resolutivo de solicitud de servicio de energía eléctrica bajo el régimen de aportaciones

### Fase: Construcción

#### 26. Requisitos para el permiso de construcción de obras en Zona Federal Marítimo Terrestre

Te permite solicitar un permiso para construir obras en la playa marítima, zona federal marítimo terrestre o en los terrenos ganados al mar o aquellas que modifiquen la morfología costera.

1. Unique format of federal maritime terrestrial zone procedures and coastal environments, duly signed by the applicant or his legal representative.
2. Personality accreditation through:
  - Public instrument in which the constitution of the legal entity is established
  - If applicable, Power of Attorney or appointment for legal representatives
  - Immigration form in force in the quality of immigrant or immigrant with which proves his legal stay in the country for foreign natural persons
3. Survey map of the requested area referring to the current official delimitation (When there is no official delimitation, the petitioner must prepare the topographic survey plan of the requested area, in accordance with NOM-146-SEMARNAT-2005, published in the Official Gazette. of the Federation on September 9, 2005)
4. Set of recent color photographs (minimum 4), in which you can clearly see the entire area requested and the conditions that prevail there
5. In the case of works and/or facilities to be carried out:
  - Architectural plans and descriptive reports of the works and / or facilities to be carried out, and

1. Formato único de trámites zona federal marítimo terrestre y ambientes costeros, debidamente firmado por el solicitante o su representante legal.
2. Acreditación de personalidad mediante:
  - Instrumento público en el cual se establezca la constitución de la persona moral
  - De ser el caso, Poder Notarial o nombramiento para representantes legales
  - Forma migratoria vigente en la calidad de inmigrante o inmigrado con la cual acredite su legal estancia en el país para personas físicas extranjeras
3. Plano de levantamiento topográfico del área solicitada referido a la delimitación oficial vigente (Cuando no exista delimitación oficial el promovente deberá elaborar el plano de levantamiento topográfico del área solicitada, conforme a la NOM-146-SEMARNAT-2005, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de septiembre de 2005)
4. Juego de fotografías recientes a color (mínimo 4), en las que se pueda apreciar claramente la totalidad de la superficie solicitada y las condiciones que en ella imperan
5. Para el caso de obras y/o instalaciones por realizar:
  - Planos arquitectónicos y memorias descriptivas de las obras y/o instalaciones por realizar, y en su caso su

where appropriate, their graphic representation when trying to modify the coastal profile

- Amount of the total investment that is projected to execute with its program of application by stages in free writing
- For those works or activities set forth in article 28 of the General Law of Ecological Balance and Environmental Protection and 5th. of its Regulation on Environmental Impact Assessment, a simple copy of the favorable resolution regarding environmental impact should be attached

6. Records and resolutions:

- Certificate issued by the competent municipal authority regarding the congruence of the land use requested, with the use of the land of the adjoining property, in accordance with the provisions of the master control programs and / or territorial ecological management programs and / or urban development program, in force.
- Valid official voucher of the payment of fees for reception and study of the application, in accordance with the current toll in the Federal Law of Rights.

**27. Requirements for the construction license**

representación gráfica cuando se pretenda modificar el perfil litoral

- Monto de la inversión total que se proyecte ejecutar con su programa de aplicación por etapas en escrito libre
- Para aquellas obras o actividades previstas en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y 5o. de su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, se deberá anexar copia simple de la resolución favorable en materia de impacto ambiental

6. Constancias y resoluciones:

- Constancia expedida por la autoridad municipal competente respecto de la congruencia del uso del suelo solicitado, con el uso del suelo del predio colindante, conforme a lo previsto por los programas maestros de control y/o los programas de ordenamiento ecológico territorial y/o programa de desarrollo urbano, vigentes.
- Comprobante oficial vigente del pago de derechos por recepción y estudio de la solicitud, conforme a la cuota vigente en la Ley Federal de Derechos.

**27. Requisitos para la licencia de construcción**

It is the license required for the municipality, to be able to evaluate the project with all the rules and requirements in force in the state, before beginning construction. (legal basis, Art 41, 42 and 45 of the construction regulation of Caborca, Sonora).

1. Title of ownership, or otherwise, the documentation that in the opinion of the Public Works Department, is sufficient to prove ownership of the property (constitutive act).
2. Proof of zoning.
3. Construction permit, if required, from the health authorities and the Secretary of Commerce and Industrial Development.
4. Three points of the architectural project of the work in plans at a convenient scale to be legible; said plans shall be duly delimited and specified and shall include at least the distribution plant or plants, the facades by orientation, the location of the property, with respect to the corners closest to the entrance of the same, as well as the location of the work in the land, the sanitary court and also indicate the use for which the different parts of the work will be allocated.

These plans must be signed by the owner, responsible architect and project director. In addition, the Public Works Directorate may demand, when it deems appropriate, the presentation of the complete

Es la licencia requerida por el municipio, para poder evaluar que el proyecto cumpla con todas las normas y requerimientos vigentes en el estado, antes de comenzar la construcción. (fundamento legal Art. 41, 42 y 45 del reglamento de construcción de Caborca, Sonora).

1. Título de propiedad, o en su defecto, la documentación que a juicio de la Dirección de Obras Públicas, resulte suficiente para acreditar la propiedad del inmueble (acta constitutiva).
2. Constancia de zonificación.
3. Permiso de construcción, en caso que se requiera, de las autoridades sanitarias y de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
4. Tres tantos del proyecto arquitectónico de la obra en planos a escala conveniente para que sean legibles; dichos planos estarán debidamente acotados y especificados y deberán incluir como mínimo la planta o plantas de distribución, las fachadas por orientación, la localización del predio, con respecto a las esquinas más próximas a la entrada del mismo, así como la ubicación de la obra en el terreno, el corte sanitario y además se indicará el uso para el cual se destinarán las distintas partes de la obra.

Estos planos deberán estar firmados por el propietario, arquitecto responsable y director del proyecto. Además la Dirección de Obras Públicas podrá exigir cuando lo juzgue conveniente, la presentación de los cálculos completos para su revisión, exigiendo su modificación, si el caso así lo requiere.

calculations for review, requiring their modification, if the case so requires.

5. Property receipt for the current year.
6. Plan or sketch of the work with visible dimensions.
7. Contract of Director Responsible for Work D.R.O. (Constructions greater than 60 m<sup>2</sup>).
8. Proof of Construction License Payment (Treasury).
9. Application.

#### **28. Requirements for specific license for breaking pavement and excavations greater than 60 centimeters**

It is the license required by the municipality, to be able to evaluate that the project complies with all the norms and requirements in force in the state, before beginning the construction (legal basis, Art. 41, 42 and 45 of the construction regulation of Caborca, Sonora).

1. Application form for pavement breaking and excavations.
2. Approval or feasibility of the service provider instance. (water, natural gas, telmex, etc).
3. Plan or sketch (indicating location and excavation route with measurements and surface).
4. Proof of no municipal debt.

5. Recibo de predial del año en curso.
6. Plano o croquis de la obra con dimensiones visibles.
7. Contrato de Director Responsable de Obra D.R.O. (Construcciones mayores a 60 m<sup>2</sup>).
8. Comprobante de Pago de Licencia de Construcción (Tesorería).
9. Solicitud.

#### **28. Requisitos para la licencia de específica para ruptura de pavimento y excavaciones mayores a 60 centímetros**

Es la licencia requerida por el municipio, para poder evaluar que el proyecto cumpla con todas las normas y requerimientos vigentes en el estado, antes de comenzar la construcción (fundamento legal Art. 41, 42 y 45 del reglamento de construcción de Caborca, Sonora).

1. Formato de solicitud para ruptura de pavimento y excavaciones.
2. Anuencia o factibilidad de la instancia prestadora del servicio. (agua, gas natural, telmex, etc).
3. Plano o croquis (indicando localización y recorrido de excavación con medidas y superficie ).
4. Constancia de no adeudo municipal.

5. Official identification of the owner and / or legal representative.

### **29. Requirements for connection rights for drinking water and sewerage services**

They are the connection rights to contract potable water and sanitary sewage on the site.

#### **Potable water**

1. Deeds, or Title of Property, or Contract of Notary Sale, or Regularization of Corette or Documentation of Real Estate of the State.
2. Official Number (Urban Development).
3. If the owner does not show up, Letter addressed to CESPE, authorizing the applicant for the service, attaching details of the property and identification of the owner.
4. Identification with the applicant's photo.
5. Sketch of location of the property, containing the names of the streets around it.

#### **Sanitary sewer**

1. Present receipt of payment for water consumption and current. In case of not having water service, submit the following documents:

5. Identificación oficial del propietario y/o representante legal.

### **29. Requisitos para derechos de conexión de servicios de agua potable y alcantarillado**

Son los derechos de conexión para contratar agua potable y alcantarillado sanitario en el sitio.

#### **Agua potable**

1. Escrituras, o Título de Propiedad, o Contrato de Compra Venta Notariado, o Regularización de Corette o Documentación de Inmobiliaria del Estado.
2. Número Oficial (Desarrollo Urbano).
3. En caso de no presentarse el propietario, Carta dirigida a CESPE, autorizando al solicitante del servicio, anexando datos de la propiedad e identificación del propietario.
4. Identificación con foto del solicitante.
5. Croquis de localización del predio, conteniendo los nombres de las calles de su alrededor.

#### **Alcantarillado sanitario**

1. Presentar recibo de pago por consumo de agua y al corriente. En caso de no contar con servicio de agua, presentar los siguientes documentos:



- Deeds, or Property Title, or Notarized Sale Purchase Agreement, or Regularization of Corette or State Real Estate Documentation.
  - Official Number (Urban Development).
2. If the owner does not show up, Letter addressed to CESPE, authorizing the applicant for the service, attaching details of the property and identification of the owner.
  3. Identification with the applicant's photo.
  4. Sketch of the location of the property, containing the names of the streets around it.

### 30. Notice of completion of work

When you have a building permit, notice must be given to the Urban Development and Land Management Department, to confirm that the work has been completed as authorized.

1. Fill out the application of the Urban Administration Office.
2. Copy of current property tax receipt
3. Copy of Authorized Plans by the unit
4. Copy of the authorized license
5. Payment of rights

- Escrituras, o Título de Propiedad, o Contrato de Compra Venta Notariado, o Regularización de Corette o Documentación de Inmobiliaria del Estado.
  - Número Oficial (Desarrollo Urbano).
2. En caso de no presentarse el propietario, Carta dirigida a CESPE, autorizando al solicitante del servicio, anexando datos de la propiedad e identificación del propietario.
  3. Identificación con foto del solicitante.
  4. Croquis de localización del predio, conteniendo los nombres de las calles de su alrededor.

### 30. Aviso de terminación de obra

Cuando se cuenta con un permiso de construcción, se deberá dar aviso a la dirección de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, para corroborar que la obra ha concluido de acuerdo a lo autorizado.

1. Llenar la solicitud de la Dirección de Administración Urbana.
2. Copia de recibo de impuesto predial al corriente
3. Copia de Planos Autorizados por la dependencia
4. Copia de la licencia autorizada
5. Pago de derechos

### 31. Requirements for proof of occupation

When you have a building permit, notice must be given to the Urban Development and Land Management Department, to confirm that the work has been completed as authorized.

1. Application form for processing, signed by the owner (s) of the property and the expert and / or specialized responsible expert.
2. Copy of identification of the legal representative
3. Copy of the land use report
4. Payment receipt
5. Process application form, signed by the owner (s) of the property and the expert and / or specialized responsible expert.
6. Copy of identification of the legal representative
7. Copy of the land use report
8. Payment receipt

### 32. Requirements for authorization of works built by third parties, which will be delivered to CFE, application for review and approval

This authorization is presented before beginning to build any infrastructure of electrical supply to the property, so that the

### 31. Requisitos para constancia de ocupación

Cuando se cuenta con un permiso de construcción, se deberá dar aviso a la dirección de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, para corroborar que la obra ha concluido de acuerdo a lo autorizado.

1. Formato de solicitud de trámite, suscrito por el (los) propietario(s) del inmueble y el perito y/o perito responsable especializado.
2. Copia de identificación del representante legal
3. Copia del dictamen de uso de suelo
4. Recibo de pago
5. Formato de solicitud de trámite, suscrito por el (los) propietario(s) del inmueble y el perito y/o perito responsable especializado.
6. Copia de identificación del representante legal
7. Copia del dictamen de uso de suelo
8. Recibo de pago

### 32. Requisitos para autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a CFE, solicitud de revisión y aprobación

Esta autorización se presenta antes de comenzar a construir cualquier infraestructura de suministro eléctrico al inmueble, para que la comisión federal de energía eléctrica revise y apruebe el proyecto.

federal electric power commission reviews and approves the project.

1. Constitutive act of the company.
2. Power of Attorney granted by the developer.
3. Official identifications of those who sign the power of attorney.
4. Project review and approval request.
5. Simplified plan (civil and / or electromechanical work).
6. Calculation of losses 12R and voltage drop (optional).
7. Street lighting plan (optional).
8. Authorizations and / or permits issued by the competent authorities (optional).

### **33. Requirements for authorization of works built by third parties, which will be delivered to CFE, contracting the service**

After the previous authorization of revision and approval, the hiring of the service follows, this occurs when the work is already completed, the federal commission of electricity continues to hire the service.

1. Constitutive act of the company.
2. Power of Attorney granted by the developer.

1. Acta Constitutiva de la empresa.
2. Carta Poder otorgada por el desarrollador.
3. Identificaciones oficiales de quienes firman la carta poder.
4. Solicitud de revisión y aprobación de proyecto.
5. Plano simplificado (obra civil y/o electromecánica).
6. Cálculos de pérdidas 12R y caída de tensión (opcional).
7. Plano de alumbrado público (opcional).
8. Autorizaciones y/o permisos emitidos por las autoridades competentes (opcional).

### **33. Requisitos para autorización de obras construidas por terceros, que serán entregadas a CFE, contratación del servicio**

Posterior a la anterior autorización de revisión y aprobación sigue la contratación del servicio, esto se da cuando la obra ya se encuentra terminada la comisión federal de electricidad prosigue a contratar el servicio.

1. Acta Constitutiva de la empresa.
2. Carta Poder otorgada por el desarrollador.

3. Official identifications of those who sign the power of attorney.
4. Project review and approval request.
5. Simplified plan (civil and / or electromechanical work).
6. Calculation of losses 12R and voltage drop (optional).
7. Street lighting plan (optional).
8. Authorizations and / or permits issued by the competent authorities (optional).

#### **34. Requirements for the sanitary water quality certificate**

Water Quality Certificate for human use and consumption and / or Health Condition Certificate for Hydraulic Installations of the Water Supply System for Human Use and Consumption or Industrial Use, in Private Supply Systems.

It allows you to obtain an official document that proves that the water coming from the source of underground (well) or surface (river, dam, etc.) of your property is suitable for human use and consumption and that the hydraulic facilities of the supply system of water belonging to the source of supply comply with current health regulations, avoiding the contamination of water provided by the source of supply.

1. Format of Other Procedures, duly completed.
2. Proof of payment of rights:

3. Identificaciones oficiales de quienes firman la carta poder.
4. Solicitud de revisión y aprobación de proyecto.
5. Plano simplificado (obra civil y/o electromecánica).
6. Cálculos de pérdidas 12R y caída de tensión (opcional).
7. Plano de alumbrado público (opcional).
8. Autorizaciones y/o permisos emitidos por las autoridades competentes (opcional).

#### **34. Requisitos para el certificado de calidad sanitaria del agua**

Certificado de Calidad sanitaria del agua para uso y consumo humano y/o Certificado de la Condición Sanitaria de las Instalaciones hidráulicas del Sistema de abastecimiento de agua para uso y consumo humano o uso Industrial, en Sistemas de Abastecimiento Privados.

Te permite obtener un documento oficial que acredita que el agua proveniente de la fuente de abastecimiento subterránea (pozo) o superficial (rio, presa, etc.) de tu propiedad es apta para uso y consumo humano y que las Instalaciones hidráulicas del Sistema de abastecimiento de agua perteneciente a la fuente de abastecimiento cumplen con la normatividad sanitaria vigente, evitando la contaminación del agua aportada por la fuente de abastecimiento.

1. Formato de Otros Trámites, debidamente requisitado.
2. Comprobante de pago de derechos:

- In case of applying Water Certificates for use and / or human consumption Article 195-E, Fractions V and VI of the Federal Law of Rights
  - In case of applying Water Certificates for Industrial Use Article 195-E, Fraction V of the Federal Law of Rights
3. Document proving the legal personality of the Legal Representative in original or certified copy.
  4. Official identification of the legal representative (Credential of the National Electoral Institute (INE) or current passport or national military service card or driver's license).

### **35. Requirements for water quality certificate issued by CONAGUA**

It is the annual document issued by the CONAGUA that certifies that the residual water that is discharged to its original source or in another site, previously authorized by the Commission, complies with the water quality guidelines and the provisions established in the current legislation.

1. Request for services.- Present duly filled out, the Format called "Single Request for Water Services"
2. Request for services.- Present duly filled out, the Format named "CNA-01-002 Water Quality Certificate"
3. Accreditation of legal personality, by means of any of the following documents (Current official identification for

- En caso de aplicar Certificados de agua para uso y/o consumo humano Artículo 195-E, Fracciones V y VI de la Ley Federal de derechos
  - En caso de aplicar Certificados de agua para uso Industrial Artículo 195-E, Fracción V de la Ley Federal de Derechos
3. Documento que acredite la personalidad jurídica del Representante Legal en original o copia certificada.
  4. Identificación oficial del representante legal (Credencial del Instituto Nacional Electoral (INE) o pasaporte vigente o cartilla del servicio militar nacional o licencia de manejo).

### **35. Requisitos para el certificado de calidad sanitaria del agua expedido por CONAGUA**

Es el documento anual expedido por la CONAGUA que certifica que el agua residual que se descarga a su fuente original o en otro sitio, autorizado previamente por la Comisión, cumple con los lineamientos de calidad del agua y las disposiciones establecidas en la legislación vigente.

1. Solicitud de servicios.- Presentar debidamente llenado, el Formato denominado "Solicitud Única de Servicios Hídricos"
2. Solicitud de servicios.- Presentar debidamente llenado, el Formato denominado "CNA-01-002 Certificado de calidad del agua"

natural persons, Constitutive Act, Power of Attorney and current official identification with photograph and signature of the legal representative, Military Record, Valid Passport)

4. Proof of payment of water rights three years ago
5. Results of discharge water quality
6. Hydraulic balance to check, if applicable.
7. Sketch of location of the download and installation (in case of not having permission).
8. Payment of rights

## Conclusion

The review of the authorizations and permits required for the development of the project in all its phases of previous studies, executive project and construction does not reveal any impediment or difficulty that could jeopardize its viability, and for its favorable obtaining there is only to comply with all the requirements established in each of the cases, submit the requests to the corresponding authorities or dependencies, as well as provide access to the information, documents and material to the unit.

3. Acreditación de personalidad jurídica, mediante cualquiera de los siguientes documentos (Identificación oficial vigente para personas físicas, Acta constitutiva, Poder Notarial e Identificación oficial vigente con fotografía y firma del representante legal, Cartilla Militar, Pasaporte vigente)
4. Comprobante de pago de derechos de agua de tres años atrás
5. Resultados de calidad del agua residual de la descarga
6. Balance hidráulico para comprobar, en su caso.
7. Croquis de localización de la descarga e instalación (en caso de no contar con permiso).
8. Pago de derechos.

## Conclusión

De la revisión de las autorizaciones y permisos requeridos para el desarrollo del proyecto en todas sus fases de estudios previos, proyecto ejecutivo y construcción no se desprende ningún impedimento o dificultad que pueda poner en riesgo la viabilidad del mismo, y para su favorable obtención solamente hay que dar cumplimiento en la totalidad de los requisitos establecidos en cada uno de los casos, presentar las solicitudes a las autoridades o dependencias correspondientes, así como brindar acceso a la información, documentos y material a la dependencia.

It is essential once signed to the corresponding Act by Mexico and the United States Before the International Boundary and Water Commission according to the 1944 Water Treaty, to initiate the project with the procedures requested by the Mexican laws to carry out in a precise manner and legal foreign investment in the country, as well as the acquisition of properties for the development of binational infrastructure whether this acquisition through trust or acquired by the Mexican company.

The properties intended for the project facilities, whether owned by the state or by an individual, will be acquired by the State as part of the project, and their use is in agreement with the Federal, State, and Municipal Plans and Programs of the State of Sonora. Authorizations for the provision of services consisting of operation, maintenance and conservation will be governed by regulations during the term of the project.

It is concluded that the aforementioned authorizations are, but not limited to, those required to achieve the development of the project.

Resulta imprescindible una vez firmada al Acta correspondiente por México y Estados Unidos Ante la Comisión Internacional de Límites y Aguas conforme el Tratado de Aguas de 1944, el dar inicio al proyecto con los tramites solicitados por las leyes mexicanas para llevar a cabo de manera precisa y legal la inversión extranjera en el país, así como la adquisición de los predios para el desarrollo de la infraestructura binacional sea esta adquisición mediante fideicomiso o adquiridos por la sociedad mexicana.

Los predios en los que se propone construir las instalaciones, ya sean inicialmente propiedad del estado o de particulares, al final de la vigencia del proyecto serán propiedad del Estado y su uso que se es congruente con los Planes y Programas Federales, Estatales y Municipales del Estado de Sonora.

Las autorizaciones para la prestación de los servicios que consisten en operación, mantenimiento y conservación se registrarán normativamente durante la vigencia del proyecto.

Se concluye que las autorizaciones antes mencionadas son, de manera enunciativa más no limitativa, las que se requieren para lograr el desarrollo del proyecto.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM3 – Appendix D: Official  
Opinion from the National  
Institute of Anthropology and  
History

**PREPARED FOR:**

**Minute 323 Desalination  
Work Group**

**B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020**



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM3 – Apéndice D: La Opinión  
Oficial del Instituto Nacional de  
Antropología e Historia

**PREPARADO PARA:**

**El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323**

**B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020**





Oficio No. CIS/1/091/2019  
Hermosillo, Sonora a 1 de junio de 2019

**ANTROP. JOSE LUIS PEREA GONZALEZ  
DELEGADO DEL CENTRO INAH SONORA  
PRESENTE**

En respuesta a la solicitud que hizo la M.C. Ma. Andrea Alonso L. para conocer los sitios arqueológicos existentes en la costa de Sonora en la región comprendida "entre Bahía San Jorge y al sur de Puerto Libertad (Punta Jaguey, Puerto Libertad y Rancho Los Cirios -10 km sur de Puerto Libertad)", le informo lo siguiente:

La región a la que hace referencia la Maestra queda comprendida en el límite sur del municipio de Puerto Peñasco y los municipios de Caborca y Pitiquito. En el caso del municipio de Puerto Peñasco, en su extremo sur existe un sitio tipo campamento registrado en la zona de la costa (10 km tierra adentro).

Por su parte, en la zona costera del municipio de Caborca y a 10 km tierra adentro, existen 16 sitios arqueológicos registrados (9 tipo campamento y el resto de otro tipo). Lo correspondiente a la costa del municipio de Pitiquito existen 82 sitios registrados a la fecha de los cuales 52 son tipo campamento. En la imagen anexa se presenta la distribución de los sitios registrados.

Sirva esta información para dar respuesta a la solicitud de la M.C. Ma. Andrea Alonso L. Sin más por el momento, reciba saludos cordiales,

Atentamente,

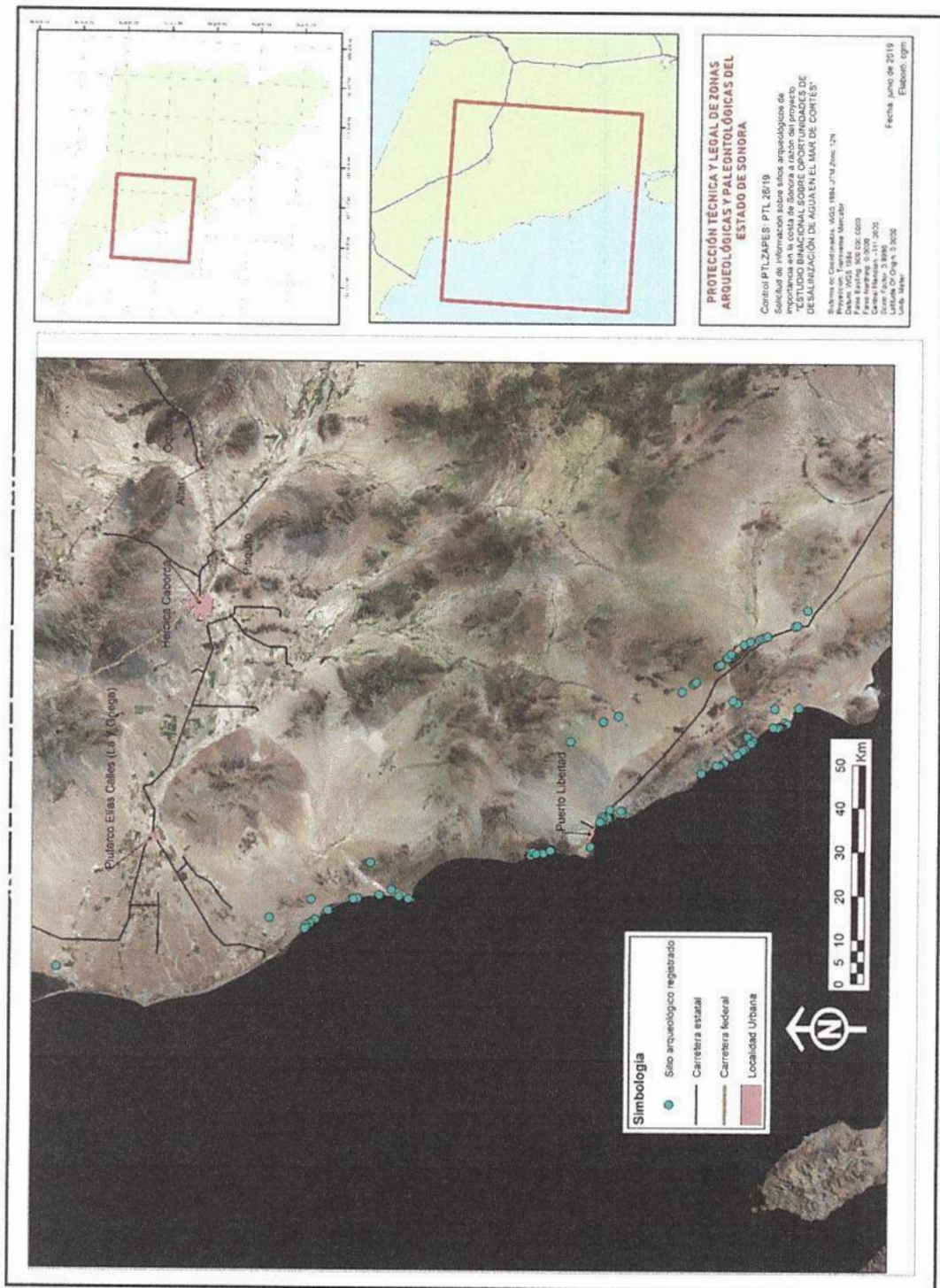


**Arq'lga. Cristina García Moreno**  
**Coordinadora del proyecto PTLZAPES**  
**Centro INAH Sonora.**

c.c.p.

Arq'lgo. Júpiter Martínez Ramírez, Coordinador de la Sección de Arqueología del Centro INAH Sonora.  
Archivo PTLZAPES 26/19





# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM4: Brine Dispersion Modeling

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM4: Modelación de Dispersión de  
Salmuera

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Introduction and Background

On September 21, 2017, the Commissioners of the International Boundary and Water Commission signed Minute No. 323, “Extension of Cooperative Measures and Adoption of a Binational Water Scarcity Contingency Plan in the Colorado River Basin”. Minute 323 expressed a clear need for continued and additional actions due to the impacts on Colorado River storage resulting from various factors, including meeting system demands, the effects of hydrologic conditions, and increased temperatures. Section IX.B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Binational Desalination Plant at the Sea of Cortez
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent.

## Introducción y Antecedentes

El 21 de septiembre de 2017, los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites y Aguas firmaron el Acta No. 323, “Extensión de medidas cooperativas y adopción de un Plan Binacional de contingencia por escasez de agua en la cuenca del Río Colorado”. El Acta 323 expresó una clara necesidad de acciones continuas y adicionales debido a los impactos en el almacenamiento del Río Colorado como resultado de diversos factores, entre los que se incluyen las demandas del sistema, los efectos de las condiciones hidrológicas y el aumento de las temperaturas. La sección IX.B del Acta 323, “Nuevos proyectos de fuentes de agua”, señala la existencia de oportunidades para proyectos de cooperación conjunta con el potencial de aumentar la distribución o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambas naciones, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Planta Desalinizadora Binacional en el Mar de Cortés
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de en el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado
- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

Minute 323 noted the need to evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information.

Following adoption of Minute 323, a binational Desalination Work Group was formed to develop a study of water desalination opportunities in the Sea of Cortez, as proposed by the Arizona-Mexico Commission. A scope of work was developed for the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez through the binational Desalination Work Group process and proposals were solicited and evaluated by the Study Management Team, which is a subset of the Binational Desalination Work Group. The Study Management Team selected the engineering consulting team of Black & Veatch and Libra to undertake the study, with oversight of the Minute 323 Desalination Work Group and Minute Oversight Group. The results of this study will be compared to the investigations of the other four new water sources projects identified in Minute 323 once they are completed.

As described in technical memorandum TM3, the following five desalination opportunities were identified and developed:

- **Opportunity 1** – Reverse osmosis desalination facility located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to the Northern International Boundary (Morelos Dam) for exchange.

El Acta 323 señaló la necesidad de evaluar todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluido el volumen de agua que se generará, su costo y distribución entre los dos países, su potencial de intercambio y los beneficios que se generarán para ambos gobiernos, entre otra información relevante.

Luego de la ejecución de la Acta 323, se formó un Grupo de Trabajo de Desalinización binacional para estudiar las posibles nuevas fuentes de agua enumeradas anteriormente, incluido el desarrollo de un estudio de oportunidades de desalinización del agua en el Mar de Cortés, según lo propuesto por la Comisión Sonora Arizona. Se desarrolló un alcance de trabajo para el Estudio Binacional sobre Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés a través del proceso del Grupo de Trabajo de Desalinización y el Equipo de Gestión del Estudio solicitó y evaluó las propuestas, que es un subconjunto del Grupo de Trabajo de Desalinización. El Equipo de Gestión del Estudio seleccionó el equipo de consultoría de ingeniería de Black & Veatch y Libra para realizar el estudio, supervisado por el Grupo de Trabajo de Desalinización y Grupo de Seguimiento del Acta 323. Los resultados de este estudio se compararán con las investigaciones de los otros cuatro nuevos proyectos de fuentes de agua identificados en el Acta 323.

Como se describe en el memorando técnico TM3, se identificaron y desarrollaron las siguientes cinco oportunidades de desalinización:

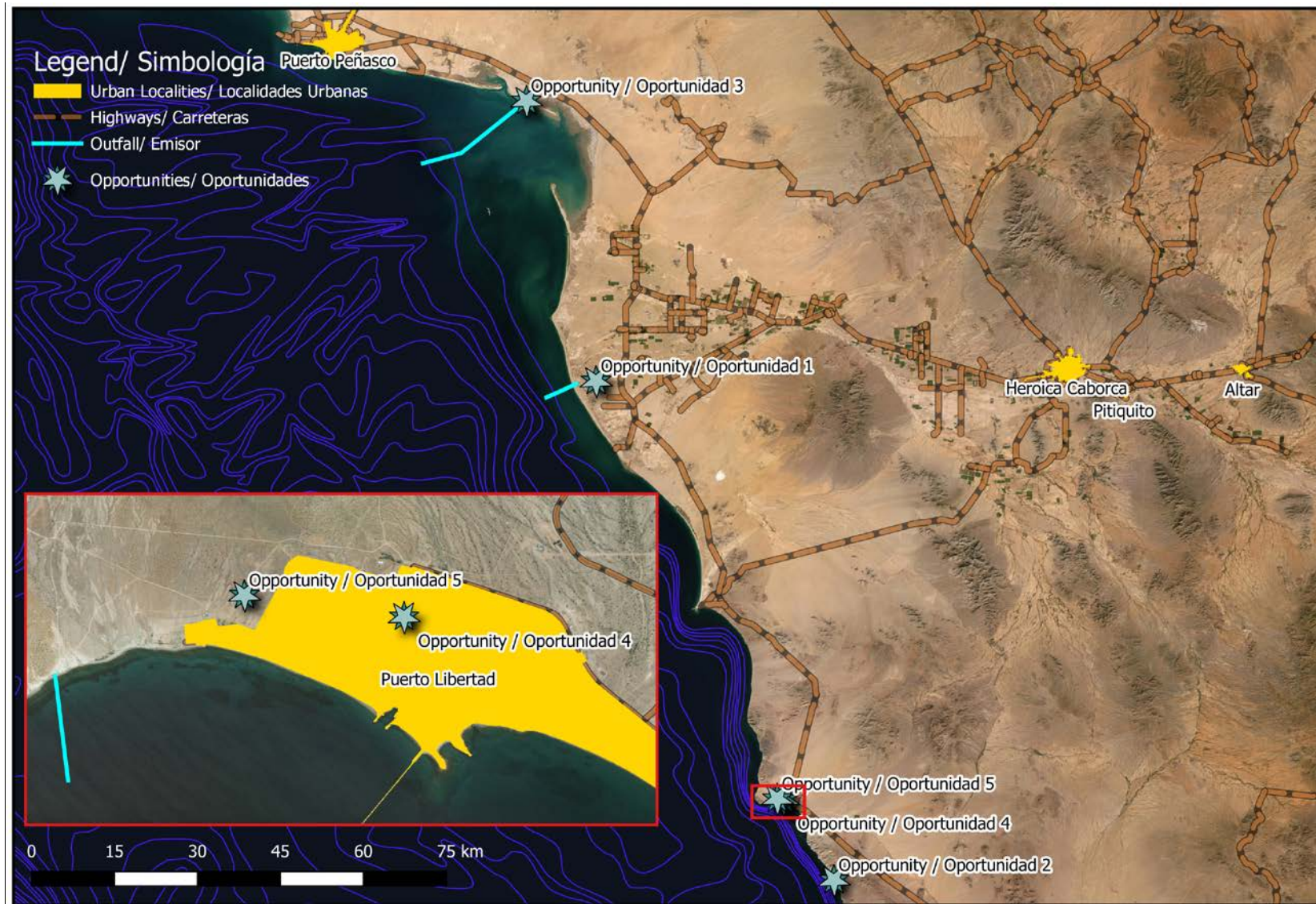
- **Oportunidad 1** – Planta de desalinización por ósmosis inversa ubicada entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos que utiliza la descarga/dispersión del océano para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada al límite internacional norte (Presa Morelos) para su intercambio.

- **Opportunity 2** – Reverse osmosis desalination facility co-located with a pumped storage hydropower facility south of Puerto Libertad, utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 3** – Reverse osmosis desalination facility located near Playa Encanto utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 4** – Thermal distillation facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 5** – Reverse osmosis desalination facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

Figure 1 shows the general locations of the desalination opportunities.

- **Oportunidad 2** – La planta de desalinización por ósmosis inversa se ubica junto con una instalación hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo al sur de Puerto Libertad, que utiliza la descarga/dispersión del océano para el manejo de la salmuera, con la entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 3** – Planta de desalinización por ósmosis inversa ubicada cerca de Playa Encanto que utiliza la descarga/dispersión del océano para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 4** – Planta de destilación térmica ubicada en conjunto con la planta de energía en Puerto Libertad que utiliza la descarga/dispersión del océano para el manejo de la salmuera, con la entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 5** – Planta de desalinización por ósmosis inversa ubicada en conjunto con la planta de energía en Puerto Libertad que utiliza la descarga/dispersión del océano para el manejo de salmuera, con la entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.

La Figura 1 muestra las ubicaciones generales de las oportunidades de desalinización.



**Figure/Figura 1** Location of the desalination opportunities and associated outfalls  
Ubicación de los sitios de oportunidades y descargas asociadas

During the development of the opportunities, it was determined that due to the extremely gently shelving nature of the sea floor at the location of Opportunity 3, construction of the necessary length of the marine works (seawater intake and outfall pipelines) was infeasible. Therefore, Opportunity 3 was set aside from further development. As such, brine dispersion modeling was not conducted for Opportunity 3.

As mentioned above, Opportunity 4 is envisioned to be a thermal distillation plant co-located with the existing power plant at Puerto Libertad. To date, sufficient information to develop this opportunity has not been made available for this study and therefore, brine dispersion modeling could not be completed for Opportunity 4.

This technical memorandum (TM4) documents the process by which the brine dispersion modeling was conducted, the assumed target for compliance, and the results of the brine dispersion modeling for the opportunities. The information presented in this technical memorandum may be used as part of the subsequent comparative analysis of opportunities, the results of which will be documented in a subsequent technical memorandum (TM5).

The original scope of work for brine dispersion modeling envisioned far-field modeling as well as near-field modeling. However, the data needed for the far-field modeling are more intensive than for the near-field modeling. Without this information, a significant number of assumptions would need to be made to develop far-field models, and the models could not be calibrated with the local data currently available to confirm the predictive accuracy. Furthermore, far-field modeling would not increase the accuracy of the near-field modeling. With all this

Durante el desarrollo de las oportunidades, se determinó que debido a la naturaleza extremadamente plana del fondo del mar en la ubicación de la Oportunidad 3, la construcción de la longitud necesaria de las obras marinas (tomas de agua de mar y tuberías de descarga) era inviable. Por lo tanto, la Oportunidad se descartó para un mayor desarrollo. Como tal, el modelado de dispersión de salmuera no se realizó para la Oportunidad 3.

Como se mencionó anteriormente, se prevé que la Oportunidad 4 sea una planta de destilación térmica ubicada junto a la planta de energía existente en Puerto Libertad. Hasta la fecha, no se ha proporcionado suficiente información para desarrollar esta oportunidad para este estudio y, por lo tanto, no se pudo completar el modelado de dispersión de salmuera para la Oportunidad 4.

Este memorando técnico (TM4) documenta el proceso por el cual se realizó el modelado de dispersión de salmuera, el objetivo supuesto de cumplimiento y los resultados del modelado de dispersión de salmuera para las oportunidades. La información presentada en este memorándum técnico puede usarse como parte del análisis comparativo posterior de oportunidades, cuyos resultados se documentarán en un memorándum técnico posterior (TM5).

El alcance original del trabajo para el modelado de dispersión de salmuera preveía el modelado de campo lejano y el modelado de campo cercano. Sin embargo, los datos necesarios para el modelado de campo lejano son más intensivos para su obtención que para el modelado de campo cercano. Sin esta información, se necesitaría una cantidad significativa de suposiciones para desarrollar modelos de campo lejano, y los modelos no podrían calibrarse con los datos locales disponibles actualmente para confirmar la precisión predictiva. Además, el modelado de campo lejano no aumentaría la



considered, it was determined that far-field modeling would not add value to the evaluation of the opportunities and thus, was not conducted as part of this study.

## Model Development

Brine dispersion models were developed and simulated for Opportunities 1, 2, and 5 contemplated as part of the study, utilizing available information for the proposed desalination outfall/diffuser configurations developed in technical memorandum TM3. The results of those model simulations are presented herein. The sources of information used in the modeling effort are listed in the appendix.

## Salinity Target

Draft Mexican regulations proposed by the Comisión Nacional del Agua and the Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015) discuss requirements for intake and discharge works for desalination plants with the purpose of protecting the environment. Specific to the brine dispersion modeling conducted for this study, the draft regulations propose that any concentrated salinity discharge into the waters of Mexico not exceed the ambient salinity concentration by more than 15% at a distance of 100 meters (328 feet) from the discharge point. Considering that these draft regulations are likely to be in place at the time a binational desalination opportunity would be operational, this proposed

precisión del modelado de campo cercano. Con todo esto considerado, se determinó que el modelado de campo lejano no agregaría valor a la evaluación de las oportunidades y, por lo tanto, no se realizó como parte de este estudio.

## Desarrollo de Modelos

Se desarrollaron y simularon modelos de dispersión de salmuera para las Oportunidades 1, 2 y 5 contempladas como parte del estudio, utilizando la información disponible para las configuraciones de difusor/emisor de desalinización propuestas desarrolladas en el memorándum técnico TM3. Los resultados de esas simulaciones de modelos se presentan aquí. Las fuentes de información utilizadas en el esfuerzo de modelado se enumeran en el apéndice.

## Objetivo de Salinidad

El borrador de la norma mexicana propuesta por la Comisión Nacional del Agua y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015) analiza los requisitos para las obras de admisión y descarga de plantas de desalinización con el propósito de proteger el medio ambiente. Específicamente para el modelo de dispersión de salmuera realizado para este estudio, el proyecto de norma propone que cualquier descarga de salinidad concentrada en las aguas de México no exceda la concentración de salinidad ambiental en más del 15% a una distancia de 100 metros del punto de descarga. Teniendo en cuenta que es probable que estos proyectos de reglamento estén vigentes en el momento en que una oportunidad de desalinización binacional

requirement was selected as the compliance target for each of the desalination opportunities.

For purposes of this study, an average salinity concentration of 35,300 mg/L was assumed for the Sea of Cortez. This value was based on limited field data collected by Oceanus Power and Water (Oceanus). Therefore, in order to meet the draft regulations, the salinity concentration of the brine plume must be less than 40,595 mg/L at a distance of 100 m (328 ft) from the point of discharge, or approximately 5,300 mg/L above the ambient salinity concentration in the Sea of Cortez.

### Near-Field Modeling

Numerical computer modeling allows the characterization of a study area based on certain variables, and estimates the potential impacts of different design configurations on the existing environmental conditions. There are many free or commercially available modeling software packages that allow for these type of calculations. For this study, CORMIX (developed by the company MixZon Inc.) was used to model the potential near-field salinity impacts associated with dispersion of the brine for each desalination opportunity. Given that field measurements were not collected and existing information is limited, CORMIX was selected due to its simplicity regarding input data requirements and the ability to perform robust, physically well-founded simulations.

CORMIX is endorsed by the United States Environmental Protection Agency and consists of a series of parametric routines

esté operando, este requisito propuesto se seleccionó como el objetivo de cumplimiento para cada una de las oportunidades de desalinización.

Para los propósitos de este estudio, se supuso una concentración de salinidad promedio de 35,300 mg/L en el Mar de Cortés. Este valor se basó en datos de campo recopilados por Oceanus Power and Water (Oceanus). Por lo tanto, para cumplir con el proyecto de regulaciones, la concentración de salinidad de la columna de salmuera debe ser inferior a 40,595 mg/L a una distancia de 100 m desde el punto de descarga, o aproximadamente 5,300 mg/L por encima de la concentración de salinidad ambiental en el Mar de Cortés.

### Modelado de Campo Cercano

Los modelos numéricos son una herramienta computacional que permite caracterizar un área de estudio referente a ciertas variables. Unos de los grandes beneficios de los modelos numéricos es la posibilidad de realizar cálculos cualitativos o cuantitativos de grandes extensiones territoriales con diferentes condiciones de diseño y ambientales. En el caso de este estudio se trata de modelos de dispersión salina y se utilizó el modelo CORMIX. Dado a que para esta etapa no se realizaron mediciones de campo y la información disponible es escasa CORMIX presenta una buena alternativa de modelación debido a su sencillez en requerimientos de datos de entrada y a su vez presentar un esquema robusto y físicamente bien fundamentado.

CORMIX está avalado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y consiste en una serie de rutinas paramétricas para evaluar la dispersión de las plumas de descarga, ya sea positiva,

to evaluate the dispersion of discharge plumes, whether positively, neutrally or negatively buoyant. A positively buoyant plume is defined as one that is less dense than the ambient receiving water, whereas a negatively buoyant plume would be one that is more dense than the ambient receiving water. In the case of brine dispersion modeling, the plume is more dense (more concentrated) than that of the ambient receiving water in the Sea of Cortez, thus negatively buoyant.

Within CORMIX, the input parameters of the model are divided into the following three categories and the parameters associated with each category are listed in Table 1:

- Brine characterization
- Environmental parameters
- Discharge parameters

neutral o negativamente boyante. Una pluma con boyancia positiva se define como una que es menos densa que el agua receptora, mientras que una pluma con boyancia negativa sería una que es más densa que el agua receptora. En el caso del modelado de dispersión de salmuera, la pluma es más densa (más concentrada) que el agua del ambiente en el Mar de Cortés, por lo tanto, tiene una flotabilidad negativa.

Dentro de CORMIX, los parámetros de entrada del modelo se dividen en las siguientes tres categorías y los parámetros asociados con cada categoría se enumeran en la Tabla 1:

- Caracterización de salmuera
- Parámetros ambientales
- Parámetros de descarga

**Table/Tabla 1 Category and input parameters for CORMIX model**  
**Categoría y parámetros de entrada para CORMIX**

CATEGORY CATEGORÍA	PARAMETERS PARÁMETROS	IMPERIAL UNITS UNIDADES IMPERIALES	METRIC UNITS UNIDADES SI
Brine Salmuera	Concentration above ambient Concentración por encima del ambiente	milligram per liter (mg/L)	miligramo por litro (mg/L)
	Discharge flow Flujo de descarga	gallons per minute (gpm)	metros cúbicos por segundo (m <sup>3</sup> /s)
	Discharge density Densidad de descarga	pounds per cubic foot (lb/ft <sup>3</sup> )	kilogramos por metro cúbico (kg/m <sup>3</sup> )

<b>CATEGORY CATEGORÍA</b>	<b>PARAMETERS PARÁMETROS</b>	<b>IMPERIAL UNITS UNIDADES IMPERIALES</b>	<b>METRIC UNITS UNIDADES SI</b>
Environment Ambiente	Discharge depth Profundidad de la descarga	feet (ft)	metros (m)
	Bottom slope Pendiente del fondo	degrees	grados
	Current velocity Velocidad de la corriente	feet per second (ft/s)	metros por segundo (m/s)
	Water density Densidad de agua	lb/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
	Friction coefficient Coeficiente de fricción	-	-
Discharge Descarga	Diffuser length Longitud del difusor	ft	m
	Coast distance Distancia de la costa	ft	m
	Diffuser alignment Alineación del difusor	degrees	grados (horizontal)
	Nozzle height Altura de boquillas	ft	m
	Nozzle diameter Diámetro de las boquillas	inches (in)	m
	Number of nozzles Número de boquillas	-	-
	Nozzle angle Ángulo de las boquillas	degrees	grados (vertical)

CORMIX is based on a compilation of numerical routines to evaluate flow on a specified domain. The routines are divided in hydrodynamic and dispersion. Hydrodynamics within CORMIX are based on:

- An integral model that is governed by the conservation of momentum and mass where the solution is solved within the plume trajectory giving concentration and decay rates.
- Length scale to classify the flow properties, flow stability and boundary interactions
- Passive diffusion where the turbulence of the ambient flow becomes the dominant mixing mechanism in the far field.

### Brine Characteristics

The locations of the desalination opportunities for which brine dispersion modeling was performed are described in Table 2.

CORMIX se basa en una compilación de rutinas numéricas para evaluar el flujo en un dominio específico. Las rutinas se dividen en hidrodinámica y dispersión. La hidrodinámica dentro de CORMIX se divide en:

- Un modelo integral que se rige por la conservación de momentum y de masa donde la solución se resuelve dentro de la trayectoria de la pluma, lo que proporciona tasas de concentración y decaimiento.
- Escala de longitud para clasificar las propiedades del flujo, la estabilidad del flujo y las interacciones de límites.
- Difusión pasiva donde la turbulencia en el flujo ambiental se convierte en el mecanismo de mezcla dominante en el campo lejano.

### Características de la Salmuera

Las ubicaciones de las oportunidades de desalinización para las cuales se realizó el modelado de dispersión de salmuera se describen en la Tabla 2.

**Table/Tabla 2 Coordinates of each desalination opportunity  
 Coordenadas de cada oportunidad de desalinización**

OPPORTUNITY OPORTUNIDAD	NEAREST TOWN CIUDAD MÁS CERCANA	COMPONENT COMPONENTE	EAST COORDINATE (UTM) COORDENADA ESTE (UTM)	NORTH COORDINATE (UTM) COORDENADA NORTE (UTM)
1	Jaguey	Desalination plant/ Planta desalinizadora	304263.07	3397535.11
		Outfall diffusers/ Difusores de descarga	295315.46	3394323.74

OPPORTUNITY OPORTUNIDAD	NEAREST TOWN CIUDAD MÁS CERCANA	COMPONENT COMPONENTE	EAST COORDINATE (UTM) COORDENADA ESTE (UTM)	NORTH COORDINATE (UTM) COORDENADA NORTE (UTM)
2	Pitiquito	Desalination plant/ Planta desalinizadora	345402.64	3293517.97
		Outfall diffusers/ Difusores de descarga	344910.85	3293428.02
5	Puerto Libertad	Desalination plant/ Planta desalinizadora	335395.56	3310509.01
		Outfall diffusers/ Difusores de descarga	334143.26	3309045.38

\* As previously discussed, Opportunity 3 was determined infeasible and set aside from further study. Opportunity 4 was not modeled due to insufficient information to develop the opportunity.

\* Como se discutió anteriormente, la Oportunidad 3 se determinó inviable y se descartó para estudios posteriores. La Oportunidad 4 no se modeló debido a la información insuficiente para desarrollar la oportunidad.

Brine characteristics are assumed to be the same for Opportunities 1 and 5 due to the similar configuration of the seawater intake, seawater reverse osmosis plant, and diffused outfall facilities proposed for both. Since Opportunity 2 is a co-located desalination-pumped storage concept, there is a significant amount of additional water both withdrawn and returned to the Sea of Cortez. This additional water allows the brine to be blended with seawater from the pumped storage reservoir prior to discharge into the Sea of Cortez, resulting in a significantly lower brine discharge salinity concentration.

The brine discharge characteristics associated with each of the opportunities modeled are presented in Table 3. The brine concentration above the ambient salinity of the Sea of Cortez (referred to as "concentration above ambient") is used as input to the model. This is calculated as the difference between the

Se asume que las características de salmuera son las mismas para las Oportunidades 1 y 5 debido a la configuración similar de la toma de agua de mar, la planta de ósmosis inversa de agua de mar y las instalaciones de difusores de descarga propuestas para ambas. Dado que la Oportunidad 2 es un concepto de bombeo hidráulico, almacenamiento y desalinización con ubicación conjunta, existe una cantidad significativa de agua adicional tanto extraída como devuelta al Mar de Cortés. Esta agua adicional permite que la salmuera se mezcle con agua de mar del depósito de almacenamiento y bombeado antes de su descarga en el Mar de Cortés, lo que resulta en una concentración de salinidad de descarga de salmuera significativamente menor.

Las características de descarga de salmuera asociadas con cada una de las oportunidades modeladas se presentan en la Tabla 3. La concentración de salmuera por encima de la salinidad ambiental del Mar de Cortés (denominada "concentración por encima del

salinity concentration of the brine and the average salinity in the Sea of Cortez.

For Opportunities 1 and 5, a seawater intake flow of 135 mgd and an overall desalination plant efficiency of 45% was assumed. Assuming a seawater salinity of 35,300 mg/L, the brine discharge salinity of 64,100 mg/L is calculated, thereby yielding a concentration above ambient of 28,800 mg/L. Based on an assumed brine discharge temperature equal to that of the environment (63.5°F), the density of the brine is 65.3 lb/ft<sup>3</sup>.

For Opportunity 2, the most conservative condition was modeled. This condition assumes a minimum amount of water from the hydropower turbines (395 mgd) is available for dilution prior to discharge. Using the same desalination plant assumptions described previously for Opportunities 1 and 5, a combined brine and hydropower water salinity of 42,600 mg/L and a brine density of 64.4 lb/ft<sup>3</sup> is obtained, yielding a concentration above ambient of 7,300 mg/L. As noted previously, the lower brine discharge concentration is a result of the blending of the brine with water from the seawater pumped storage reservoir prior to discharge into the Sea of Cortez.

ambiente") se utiliza como entrada al modelo. Esto se calcula como la diferencia entre la concentración de salinidad de la salmuera y la salinidad promedio en el Mar de Cortés.

Para las Oportunidades 1 y 5, un flujo de entrada de agua de mar de 5.9 m<sup>3</sup>/s y se supuso una eficiencia general de la planta desaladora del 45%. Suponiendo una salinidad del agua de mar de 35,300 mg/L, se calcula una salinidad de descarga de salmuera de 64,100 mg/L, produciendo así una concentración por encima del ambiente de 28,800 mg/L. Basado en una temperatura supuesta de descarga de salmuera igual a la del ambiente (17.5°C), la densidad de la salmuera es de 1047.3 kg/m<sup>3</sup>.

Para la Oportunidad 2, se modeló la condición más conservadora. Esta condición supone que una cantidad mínima de agua de las turbinas hidroeléctricas (17.3 m<sup>3</sup>/s) está disponible para dilución antes de la descarga. Utilizando los mismos supuestos de la planta de desalinización descritos anteriormente para las Oportunidades 1 y 5, una salinidad combinada de salmuera y agua hidroeléctrica de 42,600 mg/L y una densidad de salmuera de 1,031 kg/m<sup>3</sup>, produciendo una concentración por encima del ambiente de 7,300 mg/L. Como se señaló anteriormente, la concentración de descarga de salmuera menor es el resultado de la mezcla de la salmuera con agua del depósito de bombeado y almacenamiento de agua de mar antes de la descarga en el Mar de Cortés.

**Table/Tabla 3 Values of the different parameters related to the brine<sup>1</sup>**  
**Valores de los diferentes parámetros relacionados a la salmuera<sup>1</sup>**

PARAMETER PARÁMETRO	OPPORTUNITIES 1 AND 5 OPORTUNIDADES 1 Y 5		OPPORTUNITY 2 OPORTUNIDAD 2	
Assumed brine discharge concentration Concentración de descarga de salmuera asumida	64,100 mg/L		42,600 mg/L	
Assumed ambient salinity (Sea of Cortez) Aalinidad ambiental asumida (Mar de Cortés)	35,300 mg/L		35,300 mg/L	
Concentration above ambient Concentración por encima del ambiente	28,800 mg/L		7,300 mg/L	
Total brine discharge flow <sup>2</sup> Flujo total de descarga de la salmuera <sup>2</sup>	93,517 gpm	5.90 m <sup>3</sup> /s	367,727 gpm	23.2 m <sup>3</sup> /s
Brine density Densidad de la salmuera	65.3 lb/ft <sup>3</sup>	1045.4 kg/m <sup>3</sup>	64.4 lb/ft <sup>3</sup>	1031.1 kg/m <sup>3</sup>

<sup>1</sup> As previously discussed, Opportunity 3 was determined infeasible and set aside from further study. Opportunity 4 was not modeled due to insufficient information to develop the opportunity. / Como se discutió anteriormente, la Oportunidad 3 se determinó inviable y se descartó para estudios posteriores. La Oportunidad 4 no se modeló debido a la información insuficiente para desarrollar la oportunidad.

<sup>2</sup> The most conservative condition was assumed for Opportunity 2, assuming a minimum amount of water from the hydropower turbines is available for dilution prior to discharge. / Se supuso la condición más conservadora para la Oportunidad 2, suponiendo que una cantidad mínima de agua de las turbinas hidroeléctricas esté disponible para dilución antes de la descarga.

### Ambient Conditions for the Sea of Cortez

Available information for ambient conditions for the Sea of Cortez where the opportunities are located is relatively scarce. Bibliographic collections of universities, government agencies, anecdotal and observation information collected in the field visit and information developed by Oceanus for the area of Opportunity 2 were consulted. The relevant collected information

### Condiciones Ambientales para el Mar de Cortés

La información ambiental disponible para las diferentes zonas de oportunidades es relativamente escasa. Se consultaron acervos bibliográficos de universidades, dependencias de gobierno, información anecdotal y de observación recolectada en la visita de campo e información desarrollada por Oceanus para el área de Oportunidad 2. La información recopilada relevante incluía datos



included bathymetric data from all the sites, measured current data, temperature and salinity at Opportunity 2 site. Professional judgement was used based on collectively examining the available information.

### Bathymetry

The bathymetry in the area of each outfall was obtained from a combination and interpretation of nautical charts of the Secretaría de Marina, depth models of Delft Hydraulic Institute, and field information provided by Oceanus (in the case of Opportunity 2). Table 4 shows the slope used for each opportunity and the source of the information.

batimétricos de todos los sitios, datos actuales medidos, temperatura y salinidad en Oportunidad 2. Se usó el juicio profesional basado en la examinación colectiva de la información disponible.

### Batimetría

La pendiente en la zona de cada difusor fue obtenida de una combinación e interpretación de cartas náuticas de la Secretaría de Marina, modelos de profundidad de Delft Hydraulic Institute, e información de campo proporcionada por Oceanus (en el caso de la Oportunidad 2). La Tabla 4 muestra la pendiente utilizada para cada oportunidad y la fuente de la información.

**Table/Tabla 4 Underwater slope and source of information for each opportunity site**  
**Pendiente submarina y fuente para cada sitio de oportunidad**

OPPORTUNITY* OPORTUNIDAD*	GENERAL LOCATION UBICACIÓN GENERAL	SLOPE (DEGREES) PENDIENTE (GRADOS)	SOURCE FUENTE
1	Jaguey	0.45	Delft Hydraulic Institute
2	Pitiquito	3.00	Oceanus
5	Puerto Libertad	0.66	Secretaría de Marina / Delft Hydraulic Institute

\* As previously discussed, Opportunity 3 was determined infeasible and set aside from further study. Opportunity 4 was not modeled due to insufficient information to develop the opportunity.

\* Como se discutió anteriormente, la Oportunidad 3 se determinó inviable y se descartó para estudios posteriores. La Oportunidad 4 no se modeló debido a la información insuficiente para desarrollar la oportunidad.

### Ambient Currents

The only information about currents that could be obtained for the coastal zone was provided verbally by Oceanus. According to Oceanus, summer and winter data was collected using an interocean apparatus model S4 at a depth of approximately 39 ft. Minimum, average, and maximum current speeds were estimated based on confidential information presented during a meeting with representatives of Oceanus. For summer conditions, this resulted in a maximum current speed of 0.66 ft/s, average current speed of 0.33 ft/s, and a minimum current speed of 0.16 ft/s. For winter conditions, the maximum speed was estimated to be 0.98 ft/s, with an average current speed of 0.66 ft/s, and a minimum current speed of 0.16 ft/s.

### Density

The density of the water is a function of salinity and water temperature. Data representative of the coastal zone was provided by Oceanus. Water temperature varied from 66.2°F at the surface to 60.8°F at a depth of 98 ft. The salinity concentration was assumed to be uniform with an average of 35,300 mg/L. Since the CORMIX model uses a uniform density over the water column, a temperature of 63.5°F was used, which corresponds to a density of 64.02 lb/ft<sup>3</sup>.

### Corrientes Ambiente

Oceanus proporcionó verbalmente la única información sobre las corrientes que se podían obtener para la zona costera. Según Oceanus, los datos de verano e invierno se recolectaron usando un aparato interocean modelo S4 a una profundidad de aproximadamente 12 m. Las velocidades de corriente mínima, promedio y máxima se estimaron en base a información confidencial presentada durante una reunión con representantes de Oceanus. Para condiciones de verano, esto resultó en una velocidad de corriente máxima de 0.2 m/s, una velocidad de corriente promedio de 0.1 m/s, y una velocidad de corriente mínima de 0.05 m/s. Para condiciones invernales, la velocidad máxima se estimó en 0.3 m/s, con una velocidad de corriente promedio de 0.2 m/s, y una velocidad de corriente mínima de 0.05 m/s.

### Densidad

La densidad del agua está en función de la salinidad y la temperatura del cuerpo de agua. Los datos representativos de la zona costera fueron proporcionados por Oceanus. En cuanto a la temperatura del agua se tiene una variación de 19°C en la superficie a 16°C a 30 m de profundidad y se supuso que la concentración de salinidad era uniforme con un promedio de 35,300 mg/L. Dado que el modelo CORMIX utiliza una densidad uniforme sobre la columna de agua se utilizó una temperatura de 17.5°C lo cual corresponde a una densidad de 1025.5 kg/m<sup>3</sup>.

### Coefficient of Friction

The coefficient of friction in the model is used as a calibration parameter. CORMIX uses the Darcy-Weisbach coefficient, which has a range between 0.01 and 0.2. Since there are no field measurements to calibrate the dispersion of the brine, a value of 0.1 was chosen based on the range of 0.03 to 0.24 for rocky and vegetated bottoms (Julien Y.P., River Mechanics. Cambridge University Press, UK. ISBN 0-521-56284-8 pg 93, 2002).

### Diffuser Characteristics

Diffuser designs were developed within the model for each desalination opportunity based on the characteristics of each site, as presented in Table 5.

### Coeficiente de Fricción

El coeficiente de fricción en los modelos se utiliza como parámetro de calibración. CORMIX utiliza el coeficiente Darcy-Weisbach el cual tiene un rango de entre 0.01 y 0.2. Dado que no se cuenta con mediciones en campo para calibrar la dispersión de la salmuera, se eligió un valor de 0.1 basado en información bibliográfica donde para fondos rocosos y vegetados se tiene un rango de 0.03 a 0.24 (Julien Y.P., River Mechanics. Cambridge University Press, UK. ISBN 0-521-56284-8 pg 93, 2002).

### Características del Difusor

Los diseños de difusor se desarrollaron dentro del modelo para cada oportunidad de desalinización en función de las características de cada sitio, como se presenta en la Tabla 5.

**Table/Tabla 5 Outfall diffuser characteristics for each desalination opportunity  
 Características del difusor de descarga para cada oportunidad de desalinización**

PARAMETER PARÁMETRO	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1		OPPORTUNITY 2 OPORTUNIDAD 2		OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5	
Diffuser length Longitud del difusor	295 ft	90 m	112 ft	34 m	295 ft	90 m
Distance from coast Distancia de la costa	17,950 ft	5,475 m	886 ft	270 m	3,100 ft	945 m
Approximate diffuser depth at mean sea level Profundidad aproximada del difusor al nivel medio del mar	66 ft	20 m	49 ft	15 m	66 ft	20 m

PARAMETER PARÁMETRO	OPPORTUNITY 1 OPORTUNIDAD 1		OPPORTUNITY 2 OPORTUNIDAD 2		OPPORTUNITY 5 OPORTUNIDAD 5	
Diffuser alignment Alineación del difusor	90°		90°		90°	
Nozzle or screen height above sea floor Altura de boquillas o pantallas sobre el fondo del mar	9.8 ft	3.0 m	6.6 ft	2.0 m	7.6 ft	2.3 m
Nozzle or screen diameter Diámetro de las boquillas o pantallas	8 in	0.2 m	13.1 ft	4.0 m	8 in	0.2 m
Number of outfall pipelines Número de tuberías de descarga	1		1		1	
Number of nozzles or screens per outfall pipeline Número de boquillas o pantallas por tubería de descarga	32		16		31	
Nozzle or screen angles to vertical Ángulo de las boquillas o pantallas a vertical	45°		0°		45°	

As previously discussed, Opportunity 3 was determined infeasible and set aside from further study. Opportunity 4 was not modeled due to insufficient information to develop the opportunity.

Como se discutió anteriormente, la Oportunidad 3 se determinó inviable y se descartó para estudios posteriores. La Oportunidad 4 no se modeló debido a la información insuficiente para desarrollar la oportunidad.

The distance from the coast was calculated based on a uniform slope required by the model, as opposed to the real slope which varies perpendicular to the coastline. The alignment of the diffuser is oriented with respect to the coastline where 0° indicates an orientation parallel to the coastline and 90° perpendicular to it. The height of the nozzles refers to the distance between the marine substrate to the tip of the nozzle.

La distancia de la costa fue calculada en base a la pendiente uniforme requerida por el modelo, contrario a la realidad donde la pendiente varía perpendicular a la línea de costa. La alineación del difusor está orientado con respecto a la línea de costa donde 0° indica una orientación paralela a la línea de costa y 90° perpendicular a ella. La altura de las boquillas se refiere a la longitud total del sustrato marino a la punta de las boquillas.

Regarding the number of outfall pipelines, the proposed marine works design for Opportunity 1 has two parallel pipelines and 16 nozzles per pipeline (19.7 ft of separation between nozzles). CORMIX only allows a single discharge line. Since the proposed pipelines for Opportunity 1 are within 10 feet of each other, for simulation purposes a single pipeline with 32 nozzles (9.5 ft of separation) was modeled for Opportunity 1. For Opportunity 2, four pipelines approximately 165 feet apart are proposed, each with 6 Johnson screens. For simulation purposes, 8 T-shaped exit ports were utilized. Each T port has dual nozzles on each side, resulting in a total of 16 nozzles. This configuration was adopted in order to maintain a similar length of the deigned diffuser and a similar discharge area, as well as representing the total discharge flow. Separation between each discharge T port is 13.9 ft. The proposed design for Opportunity 5 includes a single pipeline and 31 nozzles per pipeline (9.8 ft of separation), and therefore was modeled accordingly.

For all cases, except Opportunity 2, 45° angles were used alternating directions (against and with the current) to account for the possible reversal of the current. For Opportunity 2, a 0° (horizontal) discharge was modeled since the Johnson screens discharge all around the screen area and this was the best way to represent it the design in CORMIX.

## Desalination Opportunity 1

Opportunity 1 is located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos, about 10.6 miles south of Jaquey and 53 miles southeast

Con respecto al número de tuberías de descarga, la Oportunidad 1 tiene 2 tuberías y 16 boquillas por tubería (separación de 6 m entre boquillas). CORMIX solo permite una sola línea de descarga. Dado que las tuberías propuestas para la Oportunidad 1 se encuentran a menos de 3 m una de otra, para fines de simulación se modeló una sola tubería con 32 boquillas (separación de 2.9 m) para la Oportunidad 1. Para la Oportunidad 2, se proponen cuatro tuberías separadas aproximadamente 50 m, cada una con 6 pantallas Johnson. Para fines de simulación, se modeló una tubería única con 8 puertos de salida en forma de T donde en cada T existen dos boquillas en dirección opuesta dando un total de 16 boquillas. Esta configuración fue adoptada para mantener la longitud del difusor relativamente corto y similar al diseño físico manteniendo así, un área de descarga similar a la diseñada y al mismo tiempo el flujo total de la descarga. La separación entre cada puerto de descarga (T) es de 4.25 m. El diseño propuesto para la Oportunidad 5 tiene una sola tubería y 31 boquillas por tubería (separación de 3 m), y, por lo tanto, se modeló en consecuencia.

Para todos los casos, excepto la Oportunidad 2, se usaron ángulos de 45 ° alternando direcciones (contra y con la corriente) para explicar la posible inversión de la corriente. Para la Oportunidad 2, esta configuración se utilizó un ángulo de 0° (horizontal) ya que las pantallas Johnson liberan el flujo sobre toda el área de la pantalla y esta fue la mejor manera de representarlo en el diseño de CORMIX.

## Oportunidad de Desalinización 1

La Oportunidad 1 se encuentra entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos, a unos 17 km al sur de Jaquey y 85 km al sureste de Puerto Peñasco.

of Puerto Peñasco. This desalination opportunity consists of a 92.7 million gallon per day (mgd) seawater reverse osmosis desalination plant and associated marine works, with delivery of treated water to Morelos Dam via a buried conveyance pipeline.

The selected site is located approximately 1.9 miles north of Martín Encizo, a small community with just 1 inhabitant registered by the 2010 National Institute of Statistics and Geography (INEGI) Census. There is little to no infrastructure, with the exception of some abandoned houses in the area. Access to this area is through a dirt road that originates on Highway 44 at a distance of 4.7 miles.

The location selected for the desalination plant and associated marine works avoids nearby Marine Priority areas and is situated where the width and height of the coastal dune strips are thinner. The proposed plant location is about 2.5 miles inland to avoid low-lying areas at risk of flooding and provides a suitable elevation for gravity discharge of the brine. The seawater intake and brine outfall are 1.9 miles and 3.4 miles offshore, respectively. The outfall diffusers are located at an approximate depth of 66 ft at mean sea level.

### Near-Field Modeling Results

Figure 2 shows the dispersion of the brine for Opportunity 1 as a function of the distance from the point of discharge for the various current speeds ranging from 0.98 ft/s to 0.16 ft/s. The

Esta oportunidad de desalinización consiste en una planta de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar de 351 millones de litros por día (MLD) y obras marinas asociadas, con la entrega de agua tratada en la Presa de Morelos a través de una tubería de transporte enterrada.

El sitio seleccionado se encuentra aproximadamente 3 km al norte de la Comunidad Martín Encizo, una pequeña comunidad con apenas 1 habitante registrado por el Censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010, siendo este el último punto de acceso por camino reconocido. No cuenta con infraestructura y en el recorrido al sitio se observaron solo algunas casas abandonadas. A esta zona el acceso se da a través de un camino de terracería que se origina en la carretera No 44 a 7.5 km de distancia.

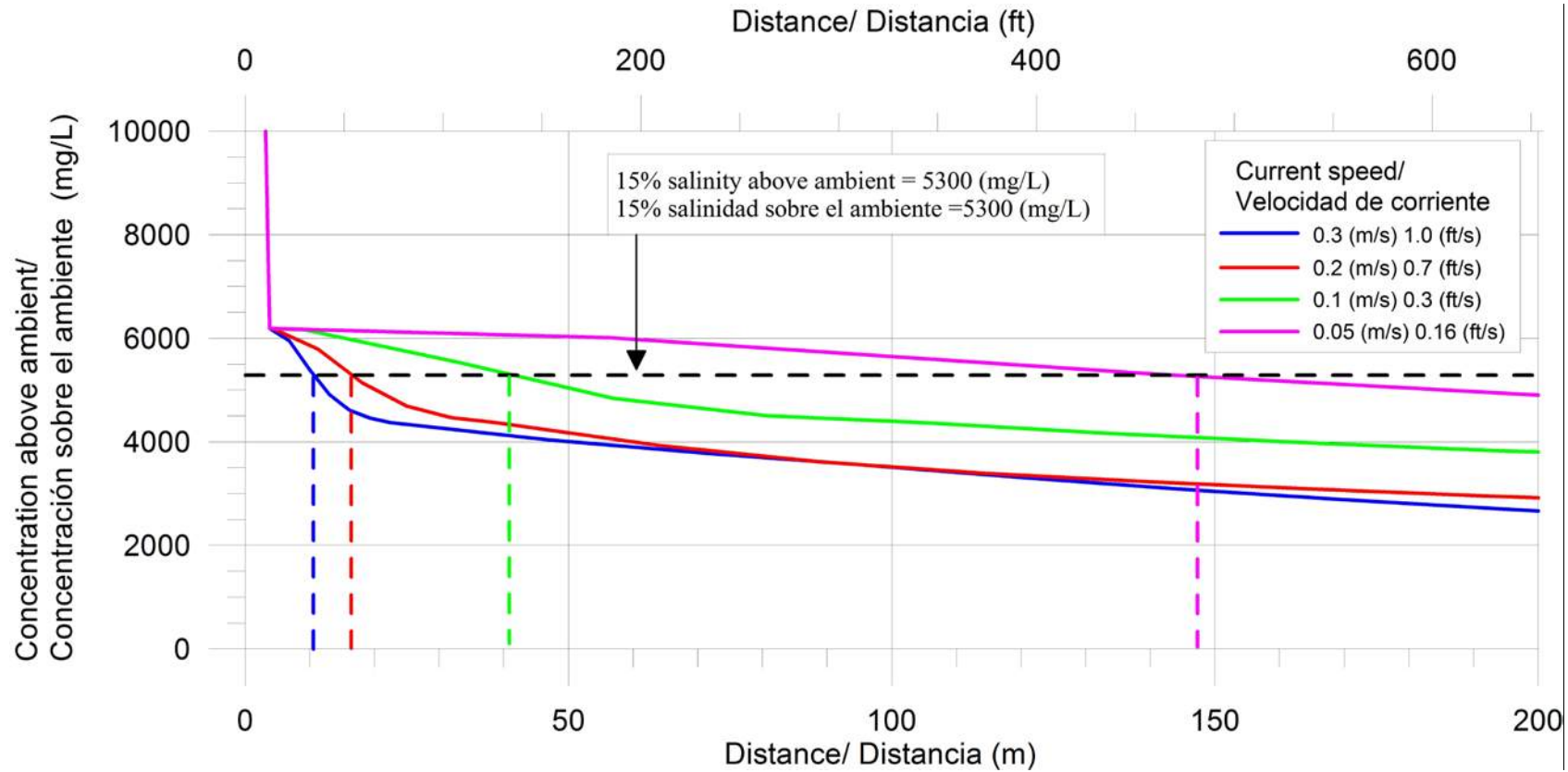
La ubicación seleccionada para la planta de desalinización y las obras marinas asociadas evita las áreas prioritarias marinas cercanas y se encuentra donde el ancho y la altura de las franjas costeras de dunas son menores. La ubicación propuesta de la planta se encuentra a unos 4 km tierra adentro para evitar áreas bajas con riesgo de inundación y proporcionar una elevación adecuada para la descarga por gravedad de la salmuera. La toma de agua de mar y la descarga de la salmuera son de 3.1 km y 5.5 km costa afuera, respectivamente. Los difusores de desagüe se encuentran a una profundidad aproximada de 20 m durante al nivel medio del mar.

### Resultados de la Modelación de Campo Cercano

La Figura 2 muestra la dispersión de la salmuera para la Oportunidad 1 en función de la distancia desde el punto de descarga para las distintas velocidades actuales que van desde 0.3 m/s a 0.05 m/s. La

concentration shown is the concentration above ambient, which is the difference between the maximum concentration of the brine and the salinity of the sea. Dilution is reached faster with higher current speeds than with the lower speeds.

concentración mostrada es la concentración sobre el ambiente, la cual es la diferencia de la concentración máxima de la salmuera y la salinidad del mar. La dilución se alcanza más rápido con velocidades de corriente más rápidas a diferencia de velocidades más bajas.



Figure/Figura 2

Opportunity 1 – Concentration above ambient versus distance from the emission point for various current speeds  
 Oportunidad 1 – Dispersión de concentración sobre el ambiente con la distancia a partir del punto de emisión

Table 6 presents the distances from the point of discharge at which the salinity concentration of the brine plume is 15% above the ambient concentration.

La Tabla 6 presenta las distancias desde el punto de descarga en el que la concentración de salinidad de la pluma de salmuera es 15% superior a la concentración ambiental.

**Table/Tabla 6 Opportunity 1 – Distance at which the brine plume is 15% above ambient salinity**  
**Oportunidad 1 – Distancia a la cual la pluma de salmuera está 15% por encima de la salinidad ambiental**

AMBIENT CURRENT CONDITION CONDICIÓN DE CORRIENTE AMBIENTAL	CURRENT VELOCITY VELOCIDAD CORRIENTE	DISTANCE FROM DISCHARGE POINT WHERE DRAFT REGULATION IS MET DISTANCIA DEL PUNTO DE DESCARGA DONDE SE CUMPLEN LOS PROYECTOS DE REGULACIÓN
Summer Maximum Máximo de Verano	0.66 ft/s 0.2 m/s	56 ft 17 m
Summer Average Promedio de Verano	0.33 ft/s 0.1 m/s	131 ft 40 m
Summer Minimum Mínimo de Verano	0.16 ft/s 0.05 m/s	486 ft 148 m
Winter Maximum Máximo de Invierno	0.98 ft/s 0.3 m/s	33 ft 10 m
Winter Average Promedio de Invierno	0.66 ft/s 0.2 m/s	56 ft 17 m
Winter Minimum Mínimo de Invierno	0.16 ft/s 0.05 m/s	486 ft 148 m

As shown in Figure 2 and Table 6, the outfall design for Opportunity 1 will meet the draft Mexican regulation of salinity concentrations of no more than 15% above ambient conditions

Como se muestra en la Figura 2 y la Tabla 6, el diseño del emisario para la Oportunidad 1 cumplirá con el borrador de la regulación Mexicana de concentraciones de salinidad no más del 15% por



within 100 m (328 ft) from the discharge point for all modeled current speeds except for the minimum winter and summer current conditions of 0.16 ft/s. This minimum winter current condition is likely to occur only a few days a year. It is worth mentioning that compliance with the draft regulations is for current speeds other than the minimum winter condition is achieved at distance far less than the 100 m (328 ft) limit.

## Desalination Opportunity 2

Opportunity 2 is an example of a co-located seawater desalination and pumped-storage hydropower concept, and is based on the Pitiquito project proposed by Oceanus. This desalination opportunity consists of a 92.7 mgd seawater reverse osmosis desalination plant and associated marine works, with delivery of treated water to Morelos Dam via a buried conveyance pipeline.

The desalination plant and marine works operations are dependent upon the operations of the pumped storage hydropower facility. When the upper seawater reservoir is being filled, a portion of the seawater is diverted and the power house pumps provide the necessary pressure for the reverse osmosis membranes at the desalination plant. During this time, brine produced is stored on-site in a temporary reservoir. When pumped-storage operations are in the power generation mode (i.e. water is released from the upper seawater reservoir via gravity back to the Sea of Cortez), the desalination facility takes advantage of the gravity head to maintain pressure on the

encima de las condiciones ambientales dentro de los 100 m del punto de descarga para todas las velocidades de corriente modeladas, excepto para las condiciones mínimas de corriente invernal y verano de 0.05 m/s. Es probable que esta condición mínima de corriente invernal ocurra solo unos pocos días al año. Vale la pena mencionar que el cumplimiento con el borrador de las regulaciones es para velocidades actuales distintas de la condición mínima de invierno que se logra a una distancia mucho menor que el límite de 100 m.

## Oportunidad de Desalinización 2

La Oportunidad 2 es un ejemplo de un concepto de co-localización de una planta de desalinización de agua de mar y una hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo hidráulico, y se basa en el proyecto Pitiquito propuesto por Oceanus. Esta oportunidad de desalinización consiste en una planta desalinizadora por ósmosis inversa de agua marina de 351 MLD y obras marinas asociadas, con entrega de agua tratada a la Presa Morelos a través de una tubería de transporte enterrada.

La planta de desalinización y las operaciones de obras marinas dependen de las operaciones de la instalación hidroeléctrica de almacenamiento por bombeo. Cuando se llena el depósito superior de agua de mar, una parte del agua de mar se desvía y las bombas de la central eléctrica proporcionan la presión necesaria para las membranas de ósmosis inversa de la planta de desalinización. Durante este tiempo, la salmuera producida se almacena en el sitio en un depósito temporal. Cuando las operaciones de almacenamiento por bombeo se encuentran en el modo de generación de energía (es decir, el agua se libera del depósito de

membranes. It is also during this time that the stored brine is released into the penstocks with the turbine flow discharge for mixing/dilution prior to discharge into the Sea of Cortez via the same intake structure.

The proposed site is approximately 9 mi away from State Highway SON 3 and 3.4 mi southwest of Rancho Los Cirios. The site does not have infrastructure and access to this area is through a dirt road of approximately 4.4 mi, which originates from the State Highway SON 3. Elevation in this area ranges from 33 to 1,140 ft above sea level. The closest town to the site is Puerto Libertad, 16 mi northwest with 2,782 inhabitants registered in 2010. There are 3 other small uninhabited rural communities in this area.

The proposed plant location is about 400 ft inland adjacent to the penstocks and powerhouse. The combined seawater intake and brine outfall system is 900 ft offshore at an approximate depth of 49 ft at mean sea level.

### Near-Field Modeling Results

Figure 3 shows the dispersion of the brine for Opportunity 2 with the distance from the source for the four scenerios of ambient current speed. As shown, the brine discharge concentration meets the draft regulation at the point of discharge. This is due to

agua de mar superior por gravedad de vuelta al Mar de Cortés), la instalación de desalinización aprovecha la cabeza de gravedad para mantener la presión sobre las membranas. También es durante este tiempo que la salmuera almacenada se libera en las compuertas con la descarga del flujo de la turbina para mezclarla/diluir la antes de descargarla en el Mar de Cortés a través de la misma estructura de admisión.

El sitio propuesto se encuentra aproximadamente a 14.5 km de distancia de la carretera estatal SON 3 y 5.5 km al suroeste del Rancho Los Cirios. El sitio no tiene infraestructura y el acceso a esta área es a través de un camino de tierra de aproximadamente 7 km, que se origina en la Carretera estatal SON 3. La elevación en esta área varía de 10 a 347 m sobre el nivel del mar. La ciudad más cercana al sitio es Puerto Libertad, 26 km al noroeste con 2,782 habitantes registrados en 2010. En esta área hay otras 3 pequeñas comunidades rurales deshabitadas.

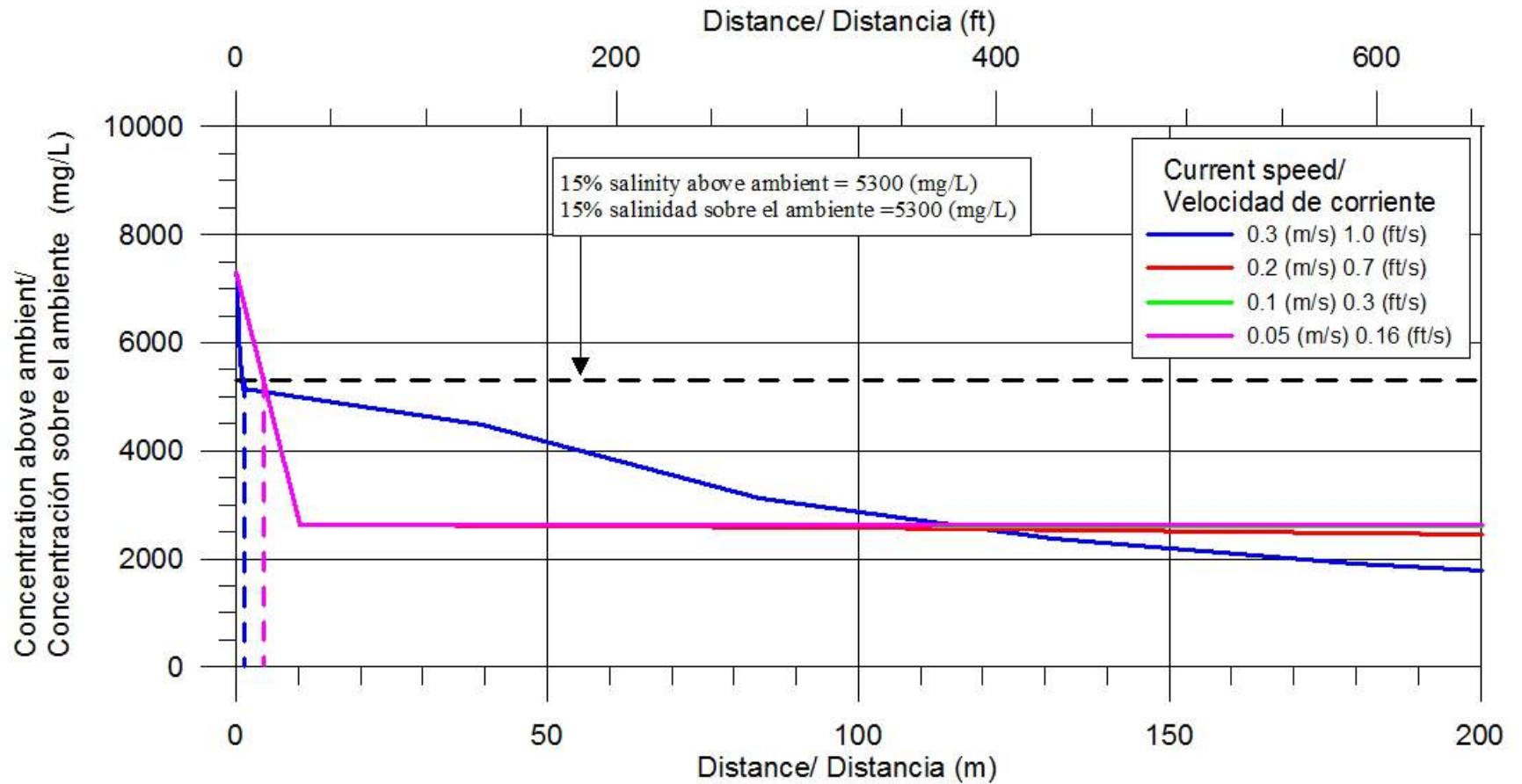
La ubicación propuesta de la planta esta a 122 m tierra dentro adyacente a las compuertas y la planta eléctrica. Los sistemas combinados de la toma de agua de mar y la descarga de la salmuera se encuentra a 275 m costa fuera a una profundidad aproximada de 15 m al nivel medio del mar.

### Resultados de la Modelación del Campo Cercano

La Figura 3 muestra la dispersión de la salmuera para la Oportunidad 2 con la distancia desde la fuente para los cuatro escenarios de velocidad de la corriente ambiental. Como se muestra, la concentración de descarga de salmuera cumple con el proyecto de regulación en el punto de descarga. Esto se debe a la dilución

the additional dilution of the brine provided by the hydropower flow discharge.

adicional de la salmuera proporcionada por la descarga del flujo de energía hidroeléctrica.



Figure/Figura 3

Opportunity 2 – Dispersion of concentration above ambient with the distance from the emission point  
 Oportunidad 2 – Dispersión de concentración sobre el ambiente con la distancia a partir el punto de emisión

Table 7 presents the distances from the point of discharge at which the salinity concentration of the brine plume is 15% above the ambient concentration.

La Tabla 7 presenta las distancias desde el punto de descarga en el que la concentración de salinidad de la pluma de salmuera es 15% superior a la concentración ambiental.

**Table/Tabla 7 Opportunity 2 – Distance at which the brine plume is 15% above ambient salinity**  
**Oportunidad 2 – Distancia a la cual la pluma de salmuera está 15% por encima de la salinidad ambiental**

AMBIENT CURRENT CONDITION CONDICIÓN DE CORRIENTE AMBIENTAL	CURRENT VELOCITY VELOCIDAD CORRIENTE	DISTANCE FROM DISCHARGE POINT WHERE DRAFT REGULATION IS MET DISTANCIA DEL PUNTO DE DESCARGA DONDE SE CUMPLEN LOS PROYECTOS DE REGULACIÓN
Summer Maximum Máximo de Verano	0.66 ft/s 0.2 m/s	16.4 ft 5 m
Summer Average Promedio de Verano	0.33 ft/s 0.1 m/s	16.4 ft 5 m
Summer Minimum Mínimo de Verano	0.16 ft/s 0.05 m/s	16.4 ft 5 m
Winter Maximum Máximo de Invierno	0.98 ft/s 0.3 m/s	6.6 ft 2 m
Winter Average Promedio de Invierno	0.66 ft/s 0.2 m/s	16.4 ft 5 m
Winter Minimum Mínimo de Invierno	0.16 ft/s 0.05 m/s	16.4 ft 5 m

As shown in Figure 3 and Table 7, the draft Mexican regulations of concentrations no more than 15% above ambient conditions

Como se muestra en la Figura 3 y Tabla 7, el borrador de las regulaciones Mexicanas de concentraciones no superiores al 15% por encima de las condiciones ambientales dentro de los 100 m del punto

within 100 m (328 ft) of the discharge point are met for all of the scenarios modeled for Opportunity 2.

For Opportunity 2, the application of the CORMIX model to determine the dispersion of the brine plume should be considered an approximation. This is due to the unique characteristics of the proposed outfall design, which entails the use of large low-velocity screens and high discharge volumes. These characteristics, combined with the limitations of the CORMIX model software, such as only allowing one outfall pipeline and limiting the maximum nozzle diameter, make it challenging to model this opportunity. Figure 3 shows a noted difference in the dispersion behavior for an ambient velocity of 0.98 ft/s compared to the rest of the scenarios. For speeds of 0.16 to 0.66 ft/s, a noticeable difference is not observed from those for Opportunities 1 and 5. If this opportunity is identified for further development, additional modeling is recommended to confirm these results.

## Desalination Opportunity 5

Opportunity 5 consists of a 92.7 mgd reverse osmosis desalination plant co-located with the existing power plant at Puerto Libertad, with treated water delivered to Morelos Dam via a buried conveyance pipeline. This opportunity was developed to evaluate the possibility of utilizing the existing intake/outfall structures and readily available electricity from the power plant (owned by Comisión Federal de Electricidad and capable of producing 632 MW of power). As discussed in detail in the Marine Works section for Opportunity 5 in TM3, due to the lack of

de descarga se cumplen para todos los escenarios modelados para la Oportunidad 2.

Para la Oportunidad 2, la aplicación del modelo CORMIX para determinar la dispersión de la pluma de salmuera debe considerarse una aproximación. Esto se debe a las características únicas del diseño de emisario propuesto, que implica el uso de pantallas de alta velocidad y grandes volúmenes de descarga. Estas características, combinadas con las limitaciones del software modelo CORMIX, como permitir solo una tubería de desagüe y limitar el diámetro máximo de la boquilla, dificultan modelar esta oportunidad. La Figura 3 muestra una diferencia notoria en el comportamiento de dispersión para una velocidad ambiente de 0.3 m/s en comparación con el resto de los escenarios. Para velocidades de 0.05 a 0.2 m/s, no se observa una diferencia notable con respecto a las Oportunidades 1 y 5. Si se identifica esta oportunidad para un mayor desarrollo, se recomienda un modelado adicional para confirmar estos resultados.

## Oportunidad de Desalinización 5

La Oportunidad 5 consiste en una planta desalinizadora por ósmosis inversa de 351 MLD ubicada en conjunto con la central eléctrica existente en Puerto Libertad, con agua tratada entregada en la Presa Morelos a través de una tubería de transporte enterrada. Esta oportunidad se desarrolló para evaluar la posibilidad de utilizar las estructuras de entrada / salida existentes y la electricidad fácilmente disponible de la planta de energía (propiedad de la Comisión Federal de Electricidad y capaz de producir 632 MW de energía). Como se discutió en detalle en la sección de Obras Marinas para la

available information regarding the capacity of the existing power plant cooling water system, as well as concerns about short-circuiting of the brine into the intake, the opportunity was revised to include construction of a new marine works (intake and outfall) just northwest of power plant. Brine disposal would be via an outfall diffuser located about 3,100 ft offshore where water depth at mean sea level is about 66 ft.

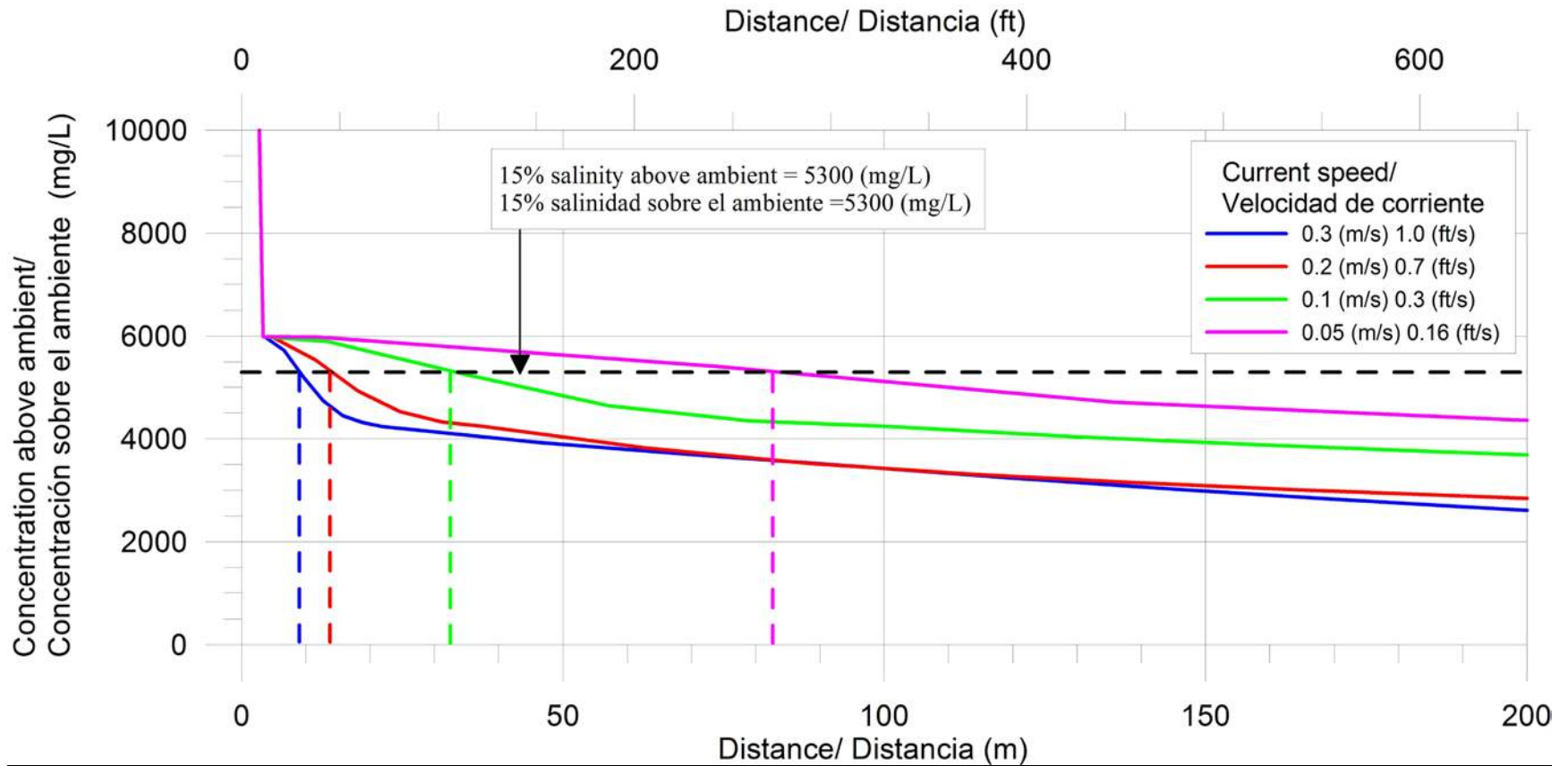
### Near-Field Modeling Results

Figure 4 shows the dispersion of the brine for Opportunity 5 with the distance from the point of discharge for various current speeds ranging from 0.98 ft/s to 0.16 ft/s. Dilution is reached faster with higher current speeds than with the lower speeds.

Oportunidad 5 en TM3, debido a la falta de información disponible sobre la capacidad del sistema de agua de enfriamiento de la central eléctrica existente, así como a las preocupaciones sobre el cortocircuito de la salmuera en la entrada, se revisó la oportunidad para incluir la construcción de una nueva obra marina (entrada y salida) justo al noroeste de la central eléctrica. La eliminación de salmuera se realiza a través de un difusor de emisario ubicado a unos 940 m en alta mar, donde la profundidad del agua al nivel medio del mar es de unos 20 m.

### Resultados de la Modelación de Campo Cercano

La Figura 4 muestra la dispersión de la salmuera para la Oportunidad 5 con la distancia desde el punto de descarga para varias velocidades de corriente de 0.3 m/s a 0.05 m/s. La dilución se alcanza más rápido con velocidades de corriente más rápidas que con velocidades más bajas.



**Figure/Figura 4 Opportunity 5 – Dispersion of concentration above ambient with the distance from the emission point**  
**Oportunidad 5 – Dispersión de concentración sobre el ambiente con la distancia a partir el punto de emisión**

Table 8 presents the distances from the point of discharge at which the salinity concentration of the brine plume is 15% above the ambient concentration.

La Tabla 8 presenta las distancias desde el punto de descarga en el que la concentración de salinidad de la pluma de salmuera es 15% superior a la concentración ambiental.

**Table/Tabla 8 Opportunity 5 – Distance at which the brine plume is 15% above ambient salinity**  
**Oportunidad 5 – Distancia a la cual la pluma de salmuera está 15% por encima de la salinidad ambiental**

AMBIENT CURRENT CONDITION CONDICIÓN DE CORRIENTE AMBIENTAL	CURRENT VELOCITY VELOCIDAD CORRIENTE	DISTANCE FROM DISCHARGE POINT WHERE DRAFT REGULATION IS MET DISTANCIA DEL PUNTO DE DESCARGA DONDE SE CUMPLEN LOS PROYECTOS DE REGULACIÓN
Summer Maximum Máximo de Verano	0.66 ft/s 0.2 m/s	43 ft 13 m
Summer Average Promedio de Verano	0.33 ft/s 0.1 m/s	108 ft 33 m
Summer Minimum Mínimo de Verano	0.16 ft/s 0.05 m/s	272 ft 83 m
Winter Maximum Máximo de Invierno	0.98 ft/s 0.3 m/s	30 ft 9 m
Winter Average Promedio de Invierno	0.66 ft/s 0.2 m/s	43 ft 13 m
Winter Minimum Mínimo de Invierno	0.16 ft/s 0.05 m/s	272 ft 83 m

As shown in Figure 4 and Table 8, Opportunity 5 meets the draft Mexican regulations of salinity concentrations no greater than 15% above ambient conditions within 100 m (328 ft) of the diffuser for every modeled scenario. It is worth mentioning that for the most conservative scenario (minimum current speed winter and summer) of 0.16 ft/s, the value of 15% it is reached at approximately 310 ft.

Como se muestra en la Figura 4 y Tabla 8, para cada escenario modelado, se cumplen los proyectos de regulaciones Mexicanas de concentraciones de salinidad no superiores al 15% por encima de las condiciones ambientales dentro de los 100 m del punto de descarga. Vale la pena mencionar que para el escenario más conservador (velocidad mínima actual de invierno y verano) de 0.05 m/s, el valor del 15% se alcanza a aproximadamente 95 m.



## Summary of the Brine Dispersion Model Results

The brine dispersion modeling performed as part of this study and presented in this technical memorandum indicates that dispersion of the brine associated with the outlet works for Opportunities 2 and 5 will meet the draft Mexican regulations under the full range of potential current velocity conditions. Regarding Opportunity 1, the brine dispersion modeling indicates that the draft Mexican regulations could be met under all potential current velocity conditions except possibly the minimum winter and summer currents. It is noted that this condition is not likely to occur often and that these results are based on limited available current and salinity concentration data, as well as broad bathymetric information. Further refinement of the diffuser design could result in a configuration design that could meet the draft Mexican regulations under all conditions.

In addition, due to the locations of the three potential opportunities, the dispersion modeling confirms that the brine plumes do not reach the Vaquita Refuge Area, the Biosphere Reserve, or any protected areas (e.g. RAMSAR, protected islands).

It is recommended that should any of these three opportunities be carried forward for further evaluation, refinement with additional data and modeling be conducted, as well as refinements made to the diffuser design.

## Resumen de los Resultados del Modelo de Dispersión de Salmuera

El modelado de dispersión de salmuera realizado como parte de este estudio y presentado en este memorándum técnico indica que la dispersión de la salmuera asociada con la salida funciona para las Oportunidades 2 y 5 cumpliendo con el borrador de la norma mexicana bajo el rango completo de condiciones potenciales de velocidad actual. Con respecto a la Oportunidad 1, el modelo de dispersión de salmuera indica que se podría cumplir con lo indicado en el borrador de la norma mexicana bajo todas las condiciones potenciales de velocidad actual, excepto, posiblemente, bajo las corrientes mínimas de invierno y verano. Se observa que no es probable que esta condición ocurra con frecuencia y que estos resultados se basan en datos limitados de concentración de salinidad y corriente disponibles, así como en una amplia información batimétrica. El refinamiento adicional del diseño del difusor podría dar como resultado un diseño de configuración que podría cumplir con el borrador de la norma mexicana en todas las condiciones.

Además, debido a la ubicación de las tres oportunidades potenciales, el modelo de dispersión confirma que las plumas de salmuera no alcanzan el Área de Refugio de Vaquita, la Reserva de la Biosfera ni ninguna área protegida (por ejemplo, RAMSAR, islas protegidas).

Se recomienda que, en caso de que se lleve a cabo cualquiera de estas tres oportunidades se realice una evaluación adicional, y un refinamiento con datos y modelos adicionales se lleve a cabo, así como una optimización en el diseño del difusor.

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM4 – Appendix

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM4 – Apéndice

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Collection of Information for Brine Dispersion Modeling

In order to have the most accurate information for the brine dispersion modeling, the team requested information regarding the meteorological data, atmospheric pressure, bathymetry and currents from the National Water Commission (CONAGUA) and the Navy Secretariat (SEMAR). The information that was received is listed below.

### CONAGUA

#### Meteorological Data

Information was obtained from the Meteorological Synoptic Stations with the following variables: precipitation (mm), burst direction (degrees), wind direction (degrees), burst speed (m/s), and wind speed (m/s). Data were obtained from the following stations per day with data every 10 minutes during the established time range.

- Empalme  
January 01 2018 - August 12, 2018
- Puerto Peñasco  
January 02,2018 - January 31, 2019
- Caborca  
January 01,2018 - January 31, 2019

## Recopilación de Información para la Modelación de Dispersión de Salmuera

Con el fin de contar con la mayor información precisa para la modelación de dispersión de salmuera el equipo solicito información respecto a los datos meteorológicos, presión atmosférica, batimetría y corrientes a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y a la Secretaría de Marina (SEMAR). La información que se recibió se enumera a continuación.

### CONAGUA

#### Datos meteorológicos

Se obtuvo la información de las Estaciones Sinópticas Meteorológicas con las siguientes variables: precipitación (mm), dirección de rafaga (grados), dirección de viento (grados), rapidez de rafaga (m/s), y rapidez de viento (m/s). Los datos se obtuvieron de las siguientes estaciones por día con datos de cada 10 minutos durante el rango de tiempo establecido.

- Empalme  
Enero 01 2018 – Agosto 12, 2018
- Puerto Peñasco  
Enero 02,2018 – Enero 31, 2019
- Caborca  
Enero 01,2018 – Enero 31, 2019

- Bahía Kino  
June 25, 2018 - January 31, 2019

### Atmospheric Pressure

Daily barometric pressure data was obtained from the following stations with data every 10 minutes during the established time range.

- Empalme  
January 01 2018 - January 31, 2019
- Puerto Peñasco  
January 02,2018 - January 31, 2019
- Caborca  
January 01,2018 - January 31, 2019
- Bahía Kino II  
January 01, 2018 - January 31, 2019

## SEMAR

### Bathymetry

The information of nautical charts was obtained in .KAP and .BSB format. The following nautical charts were obtained:

- MX8081 (INT) Northern Gulf of California  
1st Edition, April 2018  
Scale 1: 900,000  
DATUM WGS84  
Depth in meters

- Bahía Kino  
Junio 25, 2018 - Enero 31, 2019

### Presión Atmosférica

El dato de presión barométrica se obtuvo de las siguientes estaciones por día con datos de cada 10 minutos durante el rango de tiempo establecido.

- Empalme  
Enero 01 2018 – Enero 31, 2019
- Puerto Peñasco  
Enero 02,2018 – Enero 31, 2019
- Caborca  
Enero 01,2018 – Enero 31, 2019
- Bahía de Kino II  
Enero 01, 2018 - Enero 31, 2019

## SEMAR

### Batimetría

Se obtuvo la información de cartas náuticas en formato .KAP y .BSB. Las cartas náuticas obtenidas fueron las siguientes:

- MX8081 (INT) Golfo de California Norte  
1ra Edición, Abril 2018  
Escala 1:900,000  
DATUM WGS84  
Profundidad en metros

- S.M. 216.1 (INT) Puerto Libertad, Son.  
1st Edition, September 2012  
1: 10,000 scale  
DATUM WGS84  
Depth in meters
- S.M. 214.1 (INT) Puerto Peñasco and surroundings, Son.  
2nd Edition Corrected, September 2006  
Scale 1: 25,000  
DATUM WGS84  
Depth in meters

### Currents

Two databases of current meters ADCP type were obtained with the information of average currents in the vertical and sea level every half hour. The data were speed E (cm/s), speed N (cm/s), speed Z (cm/s), temperature (°C), pressure (m), direction (degrees), initial layer, final layer, significant wave height (cm), peak wave period(s). The databases were as follows:

- ADCP AUGUST 2013 - BAHÍA ADAIR - PTO. PEÑASCO  
Cruise: COBAP-0813  
Vessel: ARM ALTAIR (BI-03)  
Institution: EIOE/SEMAR  
Team: Agronaut XR  
Sampling: August 21, 2013- August 26, 2013
- ADCP FEBRUARY 2013– PTO. PEÑASCO  
Cruise: COBAP-0213  
Vessel: SMALL BOAT

- S.M. 216.1 (INT) Puerto Libertad, Son.  
1ra Edición, Septiembre 2012  
Escala 1:10,000  
DATUM WGS84  
Profundidad en metros
- S.M. 214.1 (INT) Puerto Peñasco y proximidades, Son.  
2da Edición Corregida, Septiembre 2006  
Escala 1:25,000  
DATUM WGS84  
Profundidad en metros

### Corrientes

Se obtuvieron dos base de datos de medidores de corriente tipo ADCP con la información de corrientes promedio en la vertical y nivel de mar cada media hora, los datos fueron velocidad E (cm/s), velocidad N (cm/s), velocidad Z (cm/s), temperatura (°C), presión (m), dirección (grados), capa inicial, capa final, altura significativa de la ola (cm), periodo pico de la ola(s). Las bases de datos fueron las siguientes:

- ADCP AGOSTO 2013 – BAHÍA ADAIR – PTO. PEÑASCO  
Crucero: COBAP-0813  
Buque: ARM ALTAIR (BI-03)  
Institución: EIOE/SEMAR  
Equipo: Agronaut XR  
Muestreo: Agosto 21, 2013- Agosto 26, 2013
- ADCP FEBRERO 2013– PTO. PEÑASCO  
Crucero: COBAP-0213

Institution: EIOE/SEMAR  
Team: Agronaut XR Sontek  
Sampling: February 05, 2013- February 11, 2013

Buque: EMBARCACIÓN MENOR  
Institución: EIOE/SEMAR  
Equipo: Agronaut XR Sontek  
Muestreo: Febrero 05, 2013- Febrero 11, 2013

# **BINATIONAL STUDY OF WATER DESALINATION OPPORTUNITIES IN THE SEA OF CORTEZ**

TM5: Evaluation of Potential  
Desalination Opportunities

PREPARED FOR:

Minute 323 Desalination  
Work Group

B&V PROJECT NO. 400584  
APRIL 2020



# **ESTUDIO BINACIONAL SOBRE OPORTUNIDADES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA EN EL MAR DE CORTÉS**

TM5: Evaluación de Oportunidades  
Potenciales de Desalinización

PREPARADO PARA:

El Grupo de Trabajo de Desalinización de  
Acta 323

B&V PROYECTO NO. 400584  
ABRIL 2020



## Introduction and Background

On September 21, 2017, the Commissioners of the International Boundary and Water Commission signed Minute No. 323, “Extension of Cooperative Measures and Adoption of a Binational Water Scarcity Contingency Plan in the Colorado River Basin”. Minute 323 expressed a clear need for continued and additional actions due to the impacts on Colorado River storage resulting from various factors, including meeting system demands, the effects of hydrologic conditions, and increased temperatures. Section IX.B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Binational Desalination Plant at the Sea of Cortez
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent

Minute 323 noted the need to evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution between the two countries, its potential for

## Introducción y Antecedentes

El 21 de septiembre de 2017, los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites y Aguas firmaron el Acta No. 323, “Extensión de medidas cooperativas y adopción de un Plan Binacional de contingencia por escasez de agua en la cuenca del Río Colorado”. El Acta 323 expresó una clara necesidad de acciones continuas y adicionales debido a los impactos en el almacenamiento del Río Colorado como resultado de diversos factores, entre los que se incluyen las demandas del sistema, los efectos de las condiciones hidrológicas y el aumento de las temperaturas. En la sección IX.B del Acta 323, “Nuevos proyectos de fuentes de agua”, se señala la existencia de oportunidades para proyectos de cooperación conjunta con el potencial de aumentar la distribución o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambas naciones, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Planta Desalinizadora Binacional en el Mar de Cortés
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de en el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado
- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

El Acta 323 señaló la necesidad de evaluar todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluido el volumen de agua que se



exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information.

Following adoption of Minute 323, a binational Desalination Work Group was formed to develop a study of water desalination opportunities in the Sea of Cortez, as proposed by the Arizona-Mexico Commission. A scope of work was developed for the Binational Study of Water Desalination Opportunities in the Sea of Cortez through the Binational Desalination Work Group process and proposals were solicited and evaluated by the Study Management Team, which is a subset of the Binational Desalination Work Group. The Study Management Team selected the engineering consulting team of Black & Veatch and Libra (Consultant team) to undertake the study, with oversight by the Minute 323 Desalination Work Group and Minute Oversight Group. The results of this study will be compared to the investigations of the other four new water sources projects identified in Minute 323 once they are completed.

Technical Memorandum 3 (TM3) documented the results of the identification and development of potential desalination opportunities located along the Sonoran coast of the Sea of Cortez in Mexico generally between Puerto Peñasco and Puerto Libertad. The following information was developed for each of the opportunities, as available and appropriate:

- Land use mapping of the general location, including identification of communal land (ejidos).
- Marine works conceptual design, including both plan and profile figures of the intakes and outfalls. These components were designed in accordance with the

generará, su costo y distribución entre los dos países, su potencial de intercambio y los beneficios que se generarán para ambos gobiernos, entre otra información relevante.

Siguiendo la ejecución de la Acta 323, se formó un Grupo de Trabajo de Desalinización binacional para estudiar las posibles nuevas fuentes de agua enumeradas anteriormente, incluido el desarrollo de un estudio de oportunidades de desalinización del agua en el Mar de Cortés, según lo propuesto por la Comisión Sonora Arizona. Se desarrolló un alcance de Trabajo para el Estudio Binacional sobre Oportunidades de Desalinización de Agua en el Mar de Cortés a través del proceso del Grupo de Trabajo de Desalinización Binacional y el Equipo de Gestión del Estudio solicitó y evaluó las propuestas, que es un subconjunto del Grupo de Trabajo de Desalinización binacional. El Equipo de Gestión del Estudio seleccionó al equipo de consultoría de ingeniería de Black & Veatch y Libra (el equipo de consultores) para realizar el estudio, supervisado por el Grupo de Trabajo de Desalinización y Grupo de Seguimiento del Acta 323. Los resultados de este estudio se compararán con las investigaciones de los otros cuatro nuevos proyectos de fuentes de agua identificados en el Acta 323.

En el memorándum técnico 3 (TM3), se documentaron los resultados de la identificación y el desarrollo de posibles oportunidades de desalinización ubicadas a lo largo de la costa de Sonora en el Mar de Cortés en México, la mayoría entre Puerto Peñasco y Puerto Libertad. La siguiente información se desarrolló para cada una de las oportunidades, según su disponibilidad y adecuación:

- Mapeo del uso del suelo de la ubicación general, incluida la identificación de ejidos.

criteria from the draft Mexican regulation *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters.*

- Desalination facilities conceptual design, including conceptual site layouts, process flow schematics, hydraulic profiles, and chemical use estimates.
- Treated water conveyance conceptual design, including potential alignments and hydraulic profiles identifying required pump stations and break tanks.
- Analysis of power availability to serve the proposed desalination and conveyance facilities and proposed alignments of new power transmission facilities.
- Analysis of the federal, state, and municipal permitting and regulatory considerations, as well as identification of the timing of such considerations.
- Analysis of environmental considerations, including the identification of conservation areas, sensitive species, potential construction impacts, and potential environmental impacts along with possible mitigation strategies.
- Analysis of socio-economic considerations, including population trends, identification of indigenous communities and nearby archaeological sites, local economic activities, marginalization and poverty.

- Diseño conceptual de obras marinas, que incluye figuras con vista de planta y perfil de la toma y descarga. Estos componentes fueron diseñados de acuerdo con los criterios del proyecto de norma oficial mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/ SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de toma y descarga que se deben cumplir en las plantas desalinizadoras o procesos que generen aguas de rechazo salobres o salinas.*
- Diseño conceptual de instalaciones de desalinización, incluyendo la disposición conceptual de los sitios, diagramas de flujo del proceso, perfiles hidráulicos, y estimaciones de uso de productos químicos.
- Diseño conceptual de la línea de conducción de agua tratada, que incluye alineamientos potenciales y perfiles hidráulicos que identifican las estaciones de bombeo y tanques de cambio de régimen requeridos.
- Análisis de la disponibilidad de energía para atender las instalaciones de desalinización y conducción propuestas, así como los trazos propuestos de las nuevas instalaciones de transmisión de energía.
- Análisis de los permisos federales, estatales y municipales y las consideraciones regulatorias, así como la identificación del momento de tales consideraciones.
- Análisis de consideraciones ambientales, incluida la identificación de áreas de conservación, especies sensibles,

Potential socio-economic impacts were also identified, including job creation estimates and the impact on water resiliency.

- Constructability considerations.
- Capital and operation and maintenance costs. Costs were broken down by the major areas associated with the opportunity. The estimate was prepared at a Class 4 level as described in the American Association of Cost Engineers International's "Recommended Practice 18R-97, Cost Estimate Classification System – As Applied in Engineering, Procurement, and Construction for the Process Industries." A Class 4 cost estimate has an accuracy range of -15% to -30% on the low end and +20% to +50% on the high end.

Technical Memorandum 4 (TM4) documented the results of the near-field brine dispersion modeling that was conducted for the opportunities.

The information developed in TM3 and TM4 was used to perform a comparative analysis of opportunities based on a comparison of the technical, economic, environmental, and regulatory criteria, as well as identify potential risks associated with each of the desalination opportunities. The Consultant team originally proposed using a weighted numerical decision matrix to perform this evaluation. However, as the Consultant team began to prepare for this task, it became apparent that the information developed for each opportunity is not specific enough to distinguish between the opportunities for many of the criteria (for example, the permitting and regulatory considerations are

posibles impactos en la construcción y posibles impactos ambientales junto con posibles estrategias de mitigación.

- Análisis de consideraciones socioeconómicas, incluidas las tendencias de la población, identificación de comunidades indígenas y sitios arqueológicos cercanos, actividades económicas locales, marginación y pobreza. También se identificaron posibles impactos socioeconómicos, incluidas las estimaciones de creación de empleo y el impacto sobre la resiliencia al agua.
- Consideraciones de constructibilidad.
- Costos de capital y costos de operación y mantenimiento. Los costos se desglosaron por las principales áreas asociadas con la oportunidad. La estimación se preparó en un nivel de Clase 4 como se describe en la "Práctica recomendada 18R-97 de la Asociación Americana de Ingenieros de Costos Internacional, Sistema de Clasificación de Estimación de Costos - Aplicado en Ingeniería, Adquisiciones y Construcción para las Industrias de Procesos". En un costo de Clase 4 la estimación tiene un rango de precisión de -15% a -30% en el extremo inferior y + 20% a + 50% en el extremo superior.

El memorándum técnico 4 (TM4) documentó los resultados del modelado de campo cercano de dispersión de salmuera que se realizó para las oportunidades.

La información desarrollada en TM3 y TM4 se utilizó para realizar un análisis comparativo de oportunidades basado en una comparación de los criterios técnicos, económicos, ambientales, legales, normativos y reglamentarios, así como para identificar los riesgos potenciales asociados con cada una de las oportunidades de

the same for all opportunities). As a result, the Consultant team did not believe a numerical evaluation approach would yield meaningful results and could potentially result in erroneous recommendations. Therefore, the Consultant team proposed to adjust the evaluation process to a qualitative approach focused on identifying and comparing the conditions that serve to differentiate each of the opportunities for each of the defined criteria. The modified approach was approved binationally at a Desalination Work Group meeting. The qualitative analysis, as well as recommendations moving forward, are documented in this technical memorandum (TM5).

## Summary of Potential Desalination Opportunities

Identification of potential desalination opportunities began with the Consultant team performing a high level desktop evaluation of potential desalination plant sites, desalination technologies, and water delivery locations using readily available data and information. Using the information developed by the Consultant team and an interactive process, the Desalination Work Group members selected five desalination opportunities for evaluation

desalinización. El equipo de Consultores originalmente propuso usar una matriz de decisión numérica ponderada para realizar esta evaluación. Sin embargo, cuando el equipo de Consultores comenzó a prepararse para esta tarea, se hizo evidente que la información desarrollada para cada oportunidad no es lo suficientemente específica como para distinguir entre las oportunidades para muchos de los criterios (por ejemplo, las consideraciones de autorización y reglamentación son las mismas para todas las oportunidades). Como resultado, el equipo de Consultores no creyó que un enfoque de evaluación numérica arrojaría resultados significativos y podría dar lugar a recomendaciones erróneas. Por lo tanto, el equipo de Consultores propuso ajustar el proceso de evaluación a un enfoque cualitativo centrado en identificar y comparar las condiciones que sirven para diferenciar cada una de las oportunidades para cada uno de los criterios definidos. El enfoque modificado fue aprobado binacionalmente en una reunión del Grupo de Trabajo de Desalinización. El análisis cualitativo, así como las recomendaciones en el futuro, se documentan en este memorándum técnico (TM5).

## Resumen de Oportunidades Potenciales de Desalinización

La identificación de oportunidades potenciales de desalinización comenzó cuando el equipo de consultores realizó una evaluación de gabinete de alto nivel de los sitios potenciales para plantas de desalinización, tecnologías de desalinización, y ubicaciones de suministro de agua utilizando datos e información disponibles. En base a la información desarrollada por el equipo de consultores y un proceso interactivo, los miembros del Grupo de Trabajo de Desalinización seleccionaron cinco oportunidades de desalinización

through this study. These desalination opportunities are shown on Figure 1 and are defined as the following:

- **Opportunity 1** – Reverse osmosis desalination facility located between Bahía San Jorge and Puerto Lobos utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to the Northerly International Boundary (Morelos Dam) for exchange.
- **Opportunity 2** – Reverse osmosis desalination facility co-located with a pumped storage hydropower facility south of Puerto Libertad, utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange. It is important to note that currently there are no existing installations of this concept.
- **Opportunity 3** – Reverse osmosis desalination facility located near Playa Encanto utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 4** – Thermal distillation facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 5** – Reverse osmosis desalination facility co-located at the power plant in Puerto Libertad utilizing

para evaluara a través de este estudio. Estas oportunidades de desalinización se muestran en la Figura 1 y se definen de la siguiente manera:

- **Oportunidad 1** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada entre Bahía San Jorge y Puerto Lobos que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega del agua tratada en la Presa de Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 2** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada junto a una instalación de energía hidroeléctrica por bombeo hidráulico al sur de Puerto Libertad, que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa de Morelos para su intercambio. Es importante tener en cuenta que actualmente no hay instalaciones existentes de este concepto.
- **Oportunidad 3** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada cerca de Playa Encanto que utiliza la descarga/dispersión oceánica para el manejo de la salmuera, con entrega de agua tratada a la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 4** – Planta de destilación térmica ubicada en conjunto con la planta de energía de Puerto Libertad utilizando la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.
- **Oportunidad 5** – Planta desalinizadora por ósmosis inversa ubicada en conjunto con la planta de energía de Puerto

ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.

All potential opportunities were evaluated for a plant capacity size of 100,000 acre feet per year (AFY) to allow for a consistent comparison of the opportunities. Conveyance facilities for treated water were sized as appropriate to deliver 200,000 AFY to allow opportunities to be combined. A treated water total dissolved solids concentration of 500 milligrams per liter (mg/L) was utilized for all of the evaluated opportunities, which could improve water quality when blended with native Colorado River water.

During the development of information, it was determined that construction of the marine works for Opportunity 3 was infeasible due to the excessively long required intake and outfall pipeline lengths. Therefore, this opportunity was set aside from further development in TM3.

Opportunity 4 (located at the same site as Opportunity 5) was developed as much as possible. Unfortunately, at the time of this report, fundamental information about the power plant was not available. Therefore, the thermal desalination facility could not be conceptually designed and other aspects such as power availability and costs could not be developed/evaluated.

As a result, the comparative analysis presented herein is limited to the remaining potential desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5).

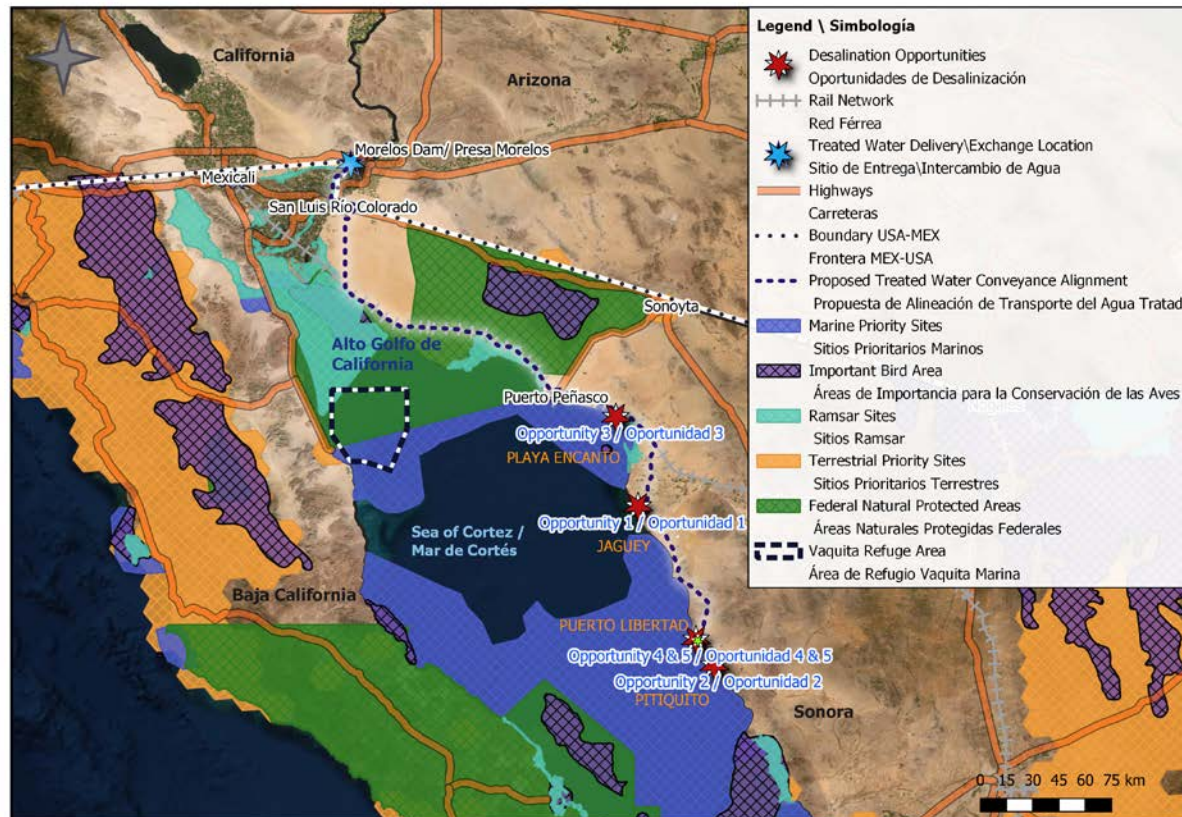
Libertad utilizando la descarga/dispersión oceánica para el manejo de salmuera, con entrega de agua tratada en la Presa Morelos para su intercambio.

Todas las oportunidades potenciales fueron evaluadas para un tamaño de capacidad de la planta desalinizadora de 3.9 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) para permitir una comparación consistente de las oportunidades. Las instalaciones de conducción del agua tratada deben dimensionarse según corresponda para entregar  $7.8 m^3/s$  para permitir que se combinen oportunidades. Se utilizó una concentración de sólidos disueltos totales de agua tratada de 500 miligramos por litro (mg/L) para todas las oportunidades evaluadas, lo que podría mejorar la calidad del agua cuando se mezcla con el agua nativa del Río Colorado.

Durante el desarrollo de la información, se determinó que la construcción de las obras marinas para la Oportunidad 3 no era factible debido a las longitudes de tubería de toma y descarga excesivamente largas requeridas. Por lo tanto, esta oportunidad se dejó de lado de un mayor desarrollo en TM3.

La Oportunidad 4 (ubicado en el mismo sitio que Oportunidad 5) se desarrolló lo más amplio que fue posible. Desafortunadamente, en el momento de este informe, la información fundamental sobre la planta de energía no estaba disponible. Por lo tanto, la instalación de desalinización térmica no se pudo diseñar conceptualmente y otros aspectos como la disponibilidad de energía y los costos no se pudieron desarrollar/evaluar.

Como resultado, el análisis comparativo presentado aquí se limita a las oportunidades de desalinización potenciales restantes (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5).



**Figure/Figura 3 General desalination opportunity locations selected for study  
 Lugares generales para la oportunidad de desalinización seleccionados para el estudio**

- Notes:** Project development may occur within Marine Priority Sites.  
 There are some sensitive environmental regions in the United States not presented on the figure.
- Notas:** Desarrollo de los proyectos puede ocurrir dentro de los Sitios Prioritarios Marinos.  
 Hay algunas regiones ambientalmente sensibles en los Estados Unidos no mostradas en la figura.

## Desalination Opportunity Differentiators

This section highlights the differentiators associated with each of the potential desalination opportunities for the different criteria, as well as potential risks associated with each opportunity. These differentiators and risks are summarized in Table 1.

### Land Use Considerations

It is important to note that the intent of this study was to evaluate potential desalination opportunities in various general locations. Attempts were not made to identify specific parcels of land. However, more specificity was afforded for Opportunities 2 and 5 for the following reasons:

- Since Opportunity 2 was based on the project envisioned by Oceanus, the site identified previously by Oceanus was utilized for this study. According to Oceanus, use of the land for this purpose has already been negotiated with the land owner.
- Since Opportunity 5 involved the co-location of a desalination facility with the existing power plant, it was assumed that the desalination facility would be located within Comisión Federal de Electricidad's defined growth area.

As envisioned in this study, Opportunity 1 and Opportunity 2 involve the construction of facilities within an ejido, which requires additional coordination. However, for the reasons

## Diferenciadores entre las Oportunidades de Desalinización

Esta sección destaca los diferenciadores asociados con cada una de las oportunidades potenciales de desalinización para los diferentes criterios, así como los riesgos potenciales asociados con cada oportunidad. Estos diferenciadores y riesgos se resumen en la Tabla 1.

### Consideraciones de Uso del Suelo

Es importante tener en cuenta que la intención de este estudio fue evaluar las posibles oportunidades de desalinización en varias ubicaciones en lo general. No se hicieron intentos para identificar parcelas específicas de tierra. Sin embargo, se fue más específico para las Oportunidades 2 y 5 por las siguientes razones:

- Como la Oportunidad 2 se basó en el proyecto previsto por Oceanus, el sitio identificado previamente por Oceanus se utilizó para este estudio. Según Oceanus, el uso de la tierra para este propósito ya ha sido negociado con el propietario de la tierra.
- Dado que la Oportunidad 5 involucraba la ubicación conjunta de una instalación de desalinización con la planta de energía existente, se asumió que la instalación de desalinización estaría ubicada dentro del área de crecimiento definida de la Comisión Federal de Electricidad.

Como se prevé en este estudio, la Oportunidad 1 y la Oportunidad 2 implican la construcción de instalaciones dentro de los ejidos, que requiere coordinación adicional. Sin embargo, por las razones



described above, there is greater opportunity to avoid construction in an ejido with Opportunity 1.

The general locations of Opportunity 1 and Opportunity 2 are very remote, with little to no existing infrastructure. Conversely, Opportunity 5 is located in a developed area with existing infrastructure, which may make construction easier.

### Marine Works Considerations

One major differentiator between the three potential desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5), is the type of envisioned intake/outfall technology. Opportunities 1 and 5 utilize velocity cap intake structures and outfall diffusers, while Opportunity 2 utilizes Johnson screens and a combined intake/outfall pipeline due to the hydropower component. There are many existing seawater installations that use velocity caps and outfall diffusers, such that it can be considered a proven technology. However, the use of Johnson screens for seawater intake/outfall applications, is limited to date, especially at the scale envisioned in this study. Potential risks that were identified include how the screens will be cleaned/maintained, as well as the increased potential for short circuiting due to the utilization of a combined intake/outfall pipeline. 3D brine dispersion modeling should be completed to confirm the appropriateness of the proposed design.

Due to the extremely gently shelving nature of the bathymetry in the general location of Opportunity 1, the length of the intake and outfall pipelines required to achieve an acceptable minimum depth below sea level are much greater compared to the other potential desalination opportunities. This additional length not

describas anteriormente, hay una mayor oportunidad de evitar la construcción en terrenos ejidales en la Oportunidad 1.

Las ubicaciones generales de Oportunidad 1 y Oportunidad 2 son muy remotas, con poca o ninguna infraestructura existente; por el contrario, la Oportunidad 5 se encuentra en un área desarrollada con infraestructura existente, lo que puede facilitar la construcción.

### Consideraciones de Obras Marinas

Un diferenciador importante entre las tres posibles oportunidades de desalinización (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5), es el tipo de tecnología de toma/descarga prevista. Las Oportunidades 1 y 5 utilizan estructuras de admisión de límite de velocidad y difusores de descarga, mientras que la Oportunidad 2 utiliza pantallas Johnson y una tubería combinada de toma/descarga debido al componente hidroeléctrico. Hay muchas instalaciones de agua de mar existentes que usan dispositivos limitadores de velocidad y difusores de descarga, por lo que puede considerarse una tecnología probada. Sin embargo, el uso de pantallas Johnson para aplicaciones de toma/descarga de agua de mar está limitado hasta la fecha, especialmente a la escala prevista en este estudio. Los riesgos potenciales que se identificaron incluyen cómo se deben limpiar/mantener las pantallas, así como el mayor potencial de cortocircuito debido a la utilización de una tubería combinada de toma/descarga. El modelado de dispersión de salmuera 3D debe completarse para confirmar la idoneidad del diseño propuesto.

Debido a la naturaleza extremadamente ligera de la batimetría en la ubicación general de la Oportunidad 1, la longitud de las tuberías de toma y descarga requeridas para lograr una profundidad mínima aceptable debajo del nivel del mar es mucho mayor en comparación con las otras oportunidades potenciales de desalinización. Esta

only increases the construction cost, but also increases the risk associated with construction so far off shore.

Another differentiator is that Opportunity 2 involves the construction of an elevated seawater storage reservoir. This reservoir is a necessary component of a pumped-storage project, but is not required for the other two potential desalination opportunities. One risk identified for the reservoir is how growth of marine life will be mitigated.

### Water Treatment Considerations

All three of the potential desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5) utilize reverse osmosis desalination technology. However, Opportunity 2 involves utilizing stored hydraulic energy from the elevated seawater reservoir to push the water through the reverse osmosis membranes. As a result, the proposed conceptual design for Opportunity 2 includes turbochargers to transfer the stored hydraulic energy from the reservoir instead of seawater pumps. One potential risk associated with Opportunity 2 is how the proposed pretreatment processes will be employed prior to utilizing this stored energy for the reverse osmosis processes. Opportunity 2 also requires the construction of a brine storage reservoir to temporarily store the brine generated when the combined intake/outfall pipeline is being used to pump seawater up to the elevated storage reservoir.

Another potential differentiator is less desirable seawater quality associated with Opportunity 1. In an attempt to minimize the length of the intake pipelines due to the gently shelving nature of the bathymetry, the depth of the intake structures associated with Opportunity 1 is less than the other opportunities. Sampling

longitud adicional no solo aumenta el costo de construcción, sino que también aumenta el riesgo asociado con la construcción hasta ahora en alta mar.

Otro diferenciador es que la Oportunidad 2 implica la construcción de un reservorio elevado de almacenamiento de agua de mar. Este reservorio es un componente necesario para un proyecto de almacenamiento por bombeo, pero no se requiere para las otras dos oportunidades potenciales de desalinización. Un riesgo identificado para el reservorio es cómo se mitigará el crecimiento de la vida biológica.

### Consideraciones de Tratamiento de Agua

Las tres oportunidades potenciales de desalinización (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5) utilizan tecnología de desalinización por ósmosis inversa. Sin embargo, la Oportunidad 2 implica la utilización de energía hidráulica almacenada en el depósito elevado de agua de mar para empujar el agua a través de las membranas de ósmosis inversa. Como resultado, el diseño conceptual propuesto para la Oportunidad 2 incluye turbocompresores para transferir la energía hidráulica almacenada desde el depósito en lugar de las bombas de agua de mar. Un riesgo potencial asociado con la Oportunidad 2 es cómo se emplearán los procesos de pretratamiento propuestos antes de utilizar esta energía almacenada para los procesos de ósmosis inversa. La Oportunidad 2 también requiere la construcción de un reservorio que permita almacenar temporalmente la salmuera generada cuando la tubería combinada de toma/descarga se utiliza para bombear agua de mar hasta el depósito de almacenamiento elevado.

Otro posible diferenciador es la calidad de agua de mar menos deseable asociada con la Oportunidad 1. En un intento de minimizar

should be completed to confirm the range of water quality anticipated for any potential desalination opportunity, and the potential impact on the treatment process, if any.

### Treated Water Conveyance Considerations

Treated water conveyance differentiators identified for the potential desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5) are attributed to the distances of the opportunities to the proposed delivery point (Morelos Dam). Opportunity 1 is the closest to the proposed delivery point, and therefore the treated water conveyance pipeline is the shortest. Conversely, Opportunity 2 is the farthest from the proposed delivery point, and therefore the treated water conveyance pipeline is the longest.

The conceptual designs for the treated water conveyance associated with Opportunities 2 and 5 also require significantly more pumping, as the terrain relief is much greater compared to Opportunity 1. Similarly, additional maintenance and security would be required for the treated water conveyance associated with Opportunities 2 and 5, due to the longer distances.

### Power Availability Considerations

The differentiators between the proposed desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5) with regard to power availability are largely due to the treated water conveyance distances. The conceptual design for Opportunity 1 envisions the construction of 5 new substations and a total power demand of 79 megawatts (MW). Comparatively, the conceptual designs for Opportunities 2 and 5 include the

la longitud de las tuberías de admisión debido a la naturaleza de la batimetría con caída suave, la profundidad de las estructuras de admisión asociadas con la Oportunidad 1 es menor que las otras oportunidades. Se debe completar el muestreo para confirmar el rango de calidad del agua previsto para cualquier oportunidad potencial de desalinización, y el impacto potencial en el proceso de tratamiento, si lo hay.

### Consideraciones de Conducción de Agua Tratada

Los diferenciadores de conducción de agua tratada identificados para las posibles oportunidades de desalinización (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5) se atribuyen a las distancias de las oportunidades al punto de entrega propuesto (Presa Morelos). La oportunidad 1 es la más cercana al punto de entrega propuesto y, por lo tanto, la tubería de conducción de agua tratada es la más corta. Por el contrario, la Oportunidad 2 es la más alejada del punto de entrega propuesto y, por lo tanto, la tubería de conducción de agua tratada es la más larga.

Los diseños conceptuales para el conducción de agua tratada asociado con las Oportunidades 2 y 5 también requieren significativamente más bombeo, ya que el relieve del terreno es más elevado en comparación con la Oportunidad 1. De manera similar, se requeriría mantenimiento y seguridad adicionales para la conducción de agua tratada asociado con las Oportunidades 2 y 5, debido a las distancias más largas.

### Consideraciones de Disponibilidad de Energía

Los diferenciadores entre las oportunidades de desalinización propuestas (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5) con respecto a la disponibilidad de energía se deben en gran medida a las distancias de transporte de agua tratada. El diseño conceptual de la

construction of 9 and 8 substations, respectively, and total power demands of 110-125 MW and 100 MW, respectively.

A significant differentiator for Opportunity 2 is the inclusion of renewable power (solar). This is a key feature of Opportunity 2 that results in a reduced power cost. While renewable energy sources were not included in this study for Opportunity 1 or Opportunity 5, an analysis of whether any potential benefit could be realized by utilizing renewable energy could be included as part of any future efforts.

Finally, Opportunity 5 is envisioned to be co-located with an existing power plant. As such, the existing power plant could be used to supply power during construction. Conversely, due to the remoteness of the Opportunity 1 and Opportunity 2 locations, temporary power will need to be provided during construction.

### Permitting and Regulatory Considerations

The federal, state, and municipal permitting and regulatory considerations were the same for all for the potential desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5). What differentiates the opportunities is the ability to meet the proposed draft Mexican regulation *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Specifications and requirements for the intake and discharge works that must be fulfilled in the desalination plants or processes that generate saline or brine rejection waters*. Near-field brine dispersion modeling indicates that the conceptual design proposed for Opportunity 1 will meet the brine concentration distance requirements for all but the most conservative model runs (minimum winter/summer current velocity). However, the

Oportunidad 1 prevé la construcción de 5 nuevas subestaciones y una demanda total de energía de 79 megavatios (MW).

Comparativamente, los diseños conceptuales para las Oportunidades 2 y 5 incluyen la construcción de 9 y 8 subestaciones, respectivamente, y las demandas de energía total de 110-125 MW y 100 MW, respectivamente.

Un diferenciador significativo para Opportunity 2 es la inclusión de energía renovable (solar). Esta es una característica clave de la Oportunidad 2 que resulta en un costo de energía reducido. Si bien las fuentes de energía renovable no se incluyeron en este estudio para la Oportunidad 1 o la Oportunidad 5, un análisis de si se podría obtener algún beneficio potencial al utilizar la energía renovable podría incluirse como parte de cualquier esfuerzo futuro.

Finalmente, se prevé que la Oportunidad 5 se ubique conjuntamente con una planta de energía existente. Como tal, la planta de energía existente podría usarse para suministrar energía durante la construcción. Por el contrario, debido a la lejanía de las ubicaciones de la Oportunidad 1 y la Oportunidad 2, se deberá proporcionar energía temporal durante la construcción.

### Consideraciones de Permisos y Regulaciones

Los permisos federales, estatales y municipales y las consideraciones regulatorias fueron las mismas para todos para las posibles oportunidades de desalinización (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5). Lo que diferencia las oportunidades es la capacidad de cumplir con el anteproyecto de norma oficial mexicana *PROY-NOM-013-CONAGUA/SEMARNAT-2015, Especificaciones y requisitos para las obras de toma y descarga que se deben cumplir en las plantas desalinizadoras o procesos que generen aguas de rechazo salobres o salinas*. El modelado de dispersión de salmuera de campo

required outfall pipeline distance is greater than the maximum of 2.5 miles at 3.4 miles.

Near-field brine dispersion modeling indicates that the conceptual designs proposed for Opportunity 2 and Opportunity 5 will meet the brine concentration distance requirements for all conditions modeled. However, Opportunity 2 does not meet anticipated SEMARNAT requirement of 1,640 feet of separation between the intake and outfall.

### Environmental Considerations

Environmental considerations included the identification of conservation areas, sensitive species, potential construction impacts, and potential environmental impacts along with possible mitigation strategies. No major concerns were identified for any of the proposed desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5). The marine works proposed for Opportunity 1 is located outside of a Marine Priority area but inside the proposed Biological Fisheries Corridor. The marine works proposed for Opportunities 2 and 5 are located inside a Marine Priority area but outside of the proposed Biological Fisheries Corridor.

The Marine Priority Area and Biological Fisheries Corridor designations do not imply an impediment for the development of a project such as a desalination plant or specific restrictions but will most likely require a higher level of review and closer review coordination with environmental groups and stakeholders.

### Socio-Economic Considerations

Socio-economic considerations included identification of population trends, marginalization, poverty, indigenous

cercano indica que el diseño conceptual propuesto para la Oportunidad 1 cumplirá con los requisitos de distancia de concentración de salmuera para todas las corridas del modelo excepto las más conservadoras (velocidad mínima de invierno/verano actual). Sin embargo, la distancia requerida de la tubería de descarga es mayor que el máximo de 4 kilómetros (km) a 5.5 km.

El modelado de dispersión de salmuera de campo cercano indica que los diseños conceptuales propuestos para la Oportunidad 2 y la Oportunidad 5 cumplirán los requisitos de distancia de concentración de salmuera para todas las condiciones modeladas. Sin embargo, la Oportunidad 2 no cumple con el requisito anticipado por SEMARNAT de 500 metros (m) de separación entre la toma y la descarga.

### Consideraciones Ambientales

Las consideraciones ambientales incluyeron la identificación de áreas de conservación, especies sensibles, posibles impactos en la construcción e impactos ambientales potenciales junto con posibles estrategias de mitigación. No se identificaron preocupaciones importantes para ninguna de las oportunidades de desalinización propuestas (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5). Las obras marinas propuestas para la Oportunidad 1 se encuentran fuera del área de Prioridad Marina, pero dentro de un Corredor de Pesca Biológica propuesto. Las obras marinas propuestas para las Oportunidades 2 y 5 están ubicadas dentro de un área de Prioridad Marina pero fuera del Corredor de Pesca Biológica propuesto.

Las designaciones del área de Prioridad Marina y del Corredor de Pesca Biológica no implican un impedimento para el desarrollo de un proyecto como una planta de desalinización o restricciones específicas, pero lo más probable es que requiera un mayor nivel de

communities, nearby archaeological sites, and local economic activities. Potential socio-economic impacts were also identified, including job creation estimates and the impact on water resiliency. These were similar for all of the proposed desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5) with the exception of the following: Opportunity 2 is located near the indigenous Seris tribe, and Opportunity 5 is located near a fishing refuge area (Cerro Bola).

The fishing refuge establishes that only "catch and release" sports-recreational fishing activities may be carried out in the area. Since Opportunity 5 is located outside of this area, there are no obstructions to its development, but additional coordination with local fishing groups should be anticipated.

### Economic Considerations

Economic considerations included the development of capital and annual operation and maintenance cost estimates. Opportunity 1 had the highest marine works cost and the lowest treated water conveyance cost, as well as the lowest overall capital cost. Opportunity 2 had the lowest marine works cost and the highest treated water conveyance cost, as well as the highest overall capital cost. However, it is important to note that the estimates for the overall capital cost were fairly similar for all of the proposed desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5), ranging from \$3.0 to \$3.7 billion dollars.

As a result of the assumed reduced unit energy cost, Opportunity 2 has the lowest annual operational and maintenance costs. Conversely, Opportunity 5 has the highest annual operational and maintenance costs due to the higher unit energy cost compared

revisión y una coordinación de revisión más estrecha con los grupos ambientales y las partes interesadas.

### Consideraciones Socio-Económicas

Las consideraciones socioeconómicas incluyeron la identificación de tendencias de población, marginación, pobreza, comunidades indígenas, sitios arqueológicos cercanos y actividades económicas locales. También se identificaron posibles impactos socioeconómicos, incluidas las estimaciones de creación de empleo y el impacto sobre la resiliencia al agua. Estos fueron similares para todas las oportunidades de desalinización propuestas (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5) con la excepción de lo siguiente: La Oportunidad 2 se encuentra cerca de la tribu indígena Seris, y la Oportunidad 5 se encuentra cerca de un área de refugio de pesca (Cerro Bola).

El área de refugio de pesca establece que en el área solo se podrán llevarse a cabo actividades de pesca deportivo-recreativa, bajo la modalidad de "captura y liberación". Dado que la Oportunidad 5 se encuentra fuera de esta área, no hay obstáculos para su desarrollo, pero se debe anticipar una coordinación adicional con los grupos de pesca locales.

### Consideraciones Económicas

Las consideraciones económicas incluyeron el desarrollo de estimaciones de costos de capital y de costos anuales de operación y mantenimiento. La Oportunidad 1 resultó con el más alto costo de obras marinas y el costo de transporte de agua tratada más bajo, así como el costo global de capital más bajo. La Oportunidad 2 tuvo el costo de obras marinas más bajo y el costo de transporte de agua tratada más alto, así como el costo global de capital más alto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las estimaciones del

to Opportunity 2 and the greater treated water conveyance pumping requirement compared to Opportunity 1. Annual operational and maintenance costs for the proposed desalination opportunities (Opportunity 1, Opportunity 2, and Opportunity 5) ranged from \$71 to \$119 million dollars.

It is important to note the risk associated with the lower unit energy cost assumed for Opportunity 2. If this rate is not realized, it could significantly impact annual operational and maintenance costs.

### Constructability Considerations

With regard to constructability differentiators, Opportunity 1 is located the farthest from the closest major port of Guaymas (320 miles), while Opportunity 2 is located the closest (190 miles from Guaymas). Opportunity 5 is located 205 miles from Guaymas.

costo global de capital fueron bastante similares para todas las oportunidades de desalinización propuestas (Oportunidad 1, Oportunidad 2 y Oportunidad 5), que van desde \$58 a \$72 mil millones de pesos.

Como resultado del supuesto costo unitario reducido de energía, la Oportunidad 2 tiene los costos operativos y de mantenimiento anuales más bajos. Por el contrario, la Oportunidad 5 tiene los costos operativos y de mantenimiento anuales más altos debido al mayor costo unitario de energía en comparación con la Oportunidad 2 y el mayor requerimiento de bombeo de transporte de agua tratada en comparación con la Oportunidad 1. Los costos anuales de operación y mantenimiento para las oportunidades de desalinización propuestas (Oportunidad 1, La Oportunidad 2 y la Oportunidad 5) oscilaron entre \$1.4 y \$2.3 mil millones de pesos.

Es importante tener en cuenta el riesgo asociado con el menor costo unitario de energía asumido para la Oportunidad 2. Si esta tasa no se realiza, podría impactar significativamente los costos operativos y de mantenimiento anuales.

### Consideraciones de Constructibilidad

Con respecto a los diferenciadores de capacidad de construcción, la Oportunidad 1 se encuentra más alejado del puerto principal más cercano de Guaymas (530 km), mientras que la Oportunidad 2 se encuentra más cerca (315 km de Guaymas). La Oportunidad 5 se encuentra a 340 km de Guaymas.

**Table 1** Differentiators of each opportunity

OPPORTUNITY 1	OPPORTUNITY 2	OPPORTUNITY 5
<b>Land Use Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intake pipeline crosses an ejido (communal land)</li> <li>• Location is very remote with little/no infrastructure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located within an ejido</li> <li>• Remote location with no infrastructure</li> <li>• A third party is analyzing the potential for a desalination and pumped storage hydropower project at this location</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Not located within an ejido</li> <li>• Developed area with existing infrastructure</li> <li>• Located within the jurisdiction of the Comisión Federal de Electricidad (agreement required to use this land)</li> </ul>
<b>Marine Works Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizes velocity cap intake structures</li> <li>• Required intake/outfall pipeline lengths are extensive (2.4 and 3.9 miles, respectively)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizes Johnson screens for combined intake/diffuser</li> <li>• Shortest intake/outfall pipeline length (1,700 ft), uses same intake/outfall as hydropower facility</li> <li>• Requires construction of elevated seawater reservoir</li> <li>• Risk associated with marine life growth in elevated seawater reservoir</li> <li>• Risk associated with short circuiting due to use of combined intake/outfall</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizes velocity cap intake structures</li> <li>• Intake/outfall pipeline lengths are 0.47 and 0.78 miles, respectively</li> </ul>



OPPORTUNITY 1	OPPORTUNITY 2	OPPORTUNITY 5
<b>Water Treatment Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Seawater quality potentially less desirable due to more shallow bathymetry</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires construction of brine storage system</li> <li>Utilizes turbochargers to transfer the stored hydraulic energy from the reservoir instead of seawater pumps</li> <li>Unknown how the proposed pretreatment processes will be employed prior to utilizing reservoir stored energy for the reverse osmosis processes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No differentiators</li> </ul>
<b>Treated Water Conveyance Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Shortest distance to delivery point (225 miles)</li> <li>Requires least pumping (2 pump stations)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Longest distance to delivery point (300 miles)</li> <li>Requires most pumping (5 pump stations)</li> <li>Additional treated water pipeline maintenance and security will be necessary due to longer distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Far from delivery point (285 miles)</li> <li>Requires 4 pump stations</li> <li>Additional treated water pipeline maintenance and security will be necessary due to longer distance</li> </ul>
<b>Power Availability Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires 5 substations and 79 MW of power</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires 9 substations and 110 MW of power (conveyance upsized at Jagüey) or 125 MW of power (conveyance upsized at Puerto Libertad)</li> <li>Renewable energy component</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requires 8 substations and 100 MW of power</li> <li>Existing power plant could be used to supply power during construction</li> </ul>

OPPORTUNITY 1	OPPORTUNITY 2	OPPORTUNITY 5
<b>Permitting and Regulatory Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Draft regulation requirement for brine dispersion not met for most conservative model runs (minimum winter/summer current velocity)</li> <li>• Required outfall pipeline distance is greater than the anticipated SEMARNAT requirement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Draft regulation requirement for brine dispersion met for all conditions modeled</li> <li>• Does not meet draft regulation requirement for separation distances between intake/outfall due to the use of a combined intake/outfall structure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complies with all requirements of the draft regulation</li> </ul>
<b>Environmental Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Outside Marine Priority area but inside proposed Biological Fisheries Corridor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inside Marine Priority area but outside proposed Biological Fisheries Corridor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inside Marine Priority area but outside proposed Biological Fisheries Corridor</li> </ul>
<b>Socio-Economic Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No differentiators</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located near indigenous Seris tribe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located near fishing refuge area (Cerro Bola)</li> </ul>
<b>Economic Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highest marine works cost (\$377 million)</li> <li>• Lowest treated water conveyance cost (\$1.3 billion)</li> <li>• Lowest overall capital cost (\$3.0 billion)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lowest marine works cost (\$73 million)</li> <li>• Highest treated water conveyance cost (\$1.8 - \$2.0 billion)</li> <li>• Highest overall capital cost (\$3.6 - \$3.7 billion)</li> <li>• Lowest annual operational cost (\$71 - \$78 million)</li> <li>• Assumed energy cost savings may not be realized</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Highest annual operational cost (\$119 million)</li> </ul>
<b>Constructability Considerations</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located farthest (320 miles) from closest major port (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Located closest (190 miles) to nearest major port (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No differentiators</li> </ul>

**Tabla 1** Diferenciadores de cada oportunidad

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
<b>Consideraciones de Uso del Suelo</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería de toma cruza un ejido</li> <li>• La ubicación es muy remota con poca o ninguna infraestructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicado dentro de un ejido</li> <li>• Ubicación remota sin infraestructura</li> <li>• Una tercero está analizando el potencial de un proyecto de desalinización y de almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo en esta ubicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se encuentra dentro de un ejido</li> <li>• Área desarrollada con infraestructura existente</li> <li>• Ubicado dentro de la jurisdicción de la Comisión Federal de Electricidad (se requiere un acuerdo para usar este terreno)</li> </ul>
<b>Consideraciones de Obras Marinas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza estructuras limitadoras de velocidad para la obra de toma</li> <li>• Las longitudes requeridas de la tubería de toma/descarga son extensas (3.8 and 6.2 km, respectivamente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza pantallas Johnson para toma/difusión combinados</li> <li>• Longitud de tubería de toma/descarga más corta (520 m), usa el sistema de toma/descarga de la planta de energía</li> <li>• Requiere la construcción de un reservorio elevado para agua de mar</li> <li>• Riesgo asociado con el crecimiento de la vida biológica en el reservorio elevado para agua de mar</li> <li>• Riesgo asociado con cortocircuito debido al uso combinado de entrada / salida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliza estructuras limitadoras de velocidad para la obra de toma</li> <li>• Las longitudes de la tubería de toma/descarga son 750 and 1,250 m, respectivamente</li> </ul>

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
<b>Consideraciones de Tratamiento de Agua</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>La calidad del agua de mar es potencialmente menos deseable debido a una batimetría más superficial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere la construcción del sistema de almacenamiento de salmuera</li> <li>Utiliza turbocompresores para transferir la energía hidráulica almacenada desde el reservorio en lugar de las bombas de agua de mar</li> <li>Se desconoce cómo se emplearán los procesos de pretratamiento propuestos antes de utilizar la energía almacenada del reservorio para los procesos de ósmosis inversa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin diferenciadores</li> </ul>
<b>Consideraciones de Conducción de Agua Tratada</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia más corta al punto de entrega (360 km)</li> <li>Requiere menos bombeo (2 estaciones de bombeo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor distancia al punto de entrega (480 km)</li> <li>Requiere más bombeo (5 estaciones de bombeo)</li> <li>Será necesario sistemas adicionales de mantenimiento y seguridad para la tubería de agua tratada debido a la mayor distancia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lejos del punto de entrega (460 km)</li> <li>Requiere 4 estaciones de bombeo</li> <li>Será necesario sistemas adicionales de mantenimiento y seguridad para la tubería de agua tratada debido a la mayor distancia</li> </ul>
<b>Consideraciones de Disponibilidad de Energía</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere 5 subestaciones y 79 MW de electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere 9 subestaciones y 110 MW de electricidad (conducción ampliado en Jagüey) o 125 MW de electricidad (conducción ampliado en Puerto Libertad)</li> <li>Componente de energía renovable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere 8 subestaciones y 100 MW de electricidad</li> <li>La planta de energía existente podría usarse para suministrar energía durante la construcción</li> </ul>

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
<b>Consideraciones de Permisos y Regulaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se cumplen los requerimientos del proyecto de norma oficial mexicana para la dispersión de salmuera para las simulaciones mas conservadoras (velocidad mínima de corriente en invierno/ verano)</li> <li>La distancia requerida de la tubería de descarga es mayor que el requisito anticipado por SEMARNAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se cumplen los requerimientos del proyecto de norma oficial mexicana para la dispersión de salmuera para todas las condiciones simuladas</li> <li>No cumple con el requisito del borrador de la norma para distancias de separación entre toma/descarga debido al uso de una estructura combinada de entrada/descarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumple con todos los requisitos del borrador de la norma</li> </ul>
<b>Consideraciones Ambientales</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuera del área de Prioridad Marina pero dentro del Corredor Biológico de Pesca propuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dentro del área de Prioridad Marina, pero fuera del Corredor de Pesca Biológica propuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dentro del área de Prioridad Marina, pero fuera del Corredor de Pesca Biológica propuesto</li> </ul>
<b>Consideraciones Socio-Económicas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin diferenciadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicado cerca de la tribu indígena Seris</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicado cerca del área de refugio de pesca (Cerro Bola)</li> </ul>
<b>Consideraciones Económicas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>El mayor costo de obras marinas (\$7.2 mil millones de pesos)</li> <li>Costo de conducción de agua tratada más bajo (\$24.9 mil millones de pesos)</li> <li>Costo de capital global más bajo (\$58 mil millones de pesos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo de obras marinas más bajo (\$1.4 mil millones de pesos)</li> <li>El mayor costo de conducción de agua tratada (\$35 - \$38 mil millones de pesos)</li> <li>El costo de capital global más alto (\$68 - \$72 mil millones de pesos)</li> <li>Costo operativo anual más bajo (\$1.4 - \$1.5 mil millones de pesos)</li> <li>Supuestos ahorros de costos de energía pueden no realizarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El costo operativo anual más alto (\$2.3 mil millones de pesos)</li> </ul>

OPORTUNIDAD 1	OPORTUNIDAD 2	OPORTUNIDAD 5
Consideraciones de Constructibilidad		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicado más alejado (530 km) del puerto principal más cercano (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicado más cercano (315 km) al puerto principal más cercano (Guaymas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin diferenciadores</li> </ul>

## Recommended Next Steps

As discussed in TM3, life cycle unit costs were not developed for the individual opportunities due to the difference in capacities between the desalination and treated water conveyance facilities. Therefore, the potential desalination opportunities were combined in order to present life cycle unit costs based on an overall exchange opportunity of 200,000 AFY. These combinations consist of two 100,000 AFY desalination facilities and a shared treated transmission system to deliver treated water to Morelos Dam for exchange. A 30-year net present value analysis was performed to determine the unit cost of each combination. The results of this analysis indicate that a potential desalination opportunity could deliver 200,000 AFY of new water to Morelos Dam for exchange for approximately \$2,000 USD per acre foot (AF). This unit cost is not out of line compared to other proposed projects to develop sources of new water. In addition, seawater desalination is unique in that it produces a reliable and drought-proof source of water. Therefore, it is recommended that this concept be carried forward through the implementation of the following next steps.

## Próximos Pasos Recomendados

Como se discutió en TM3, los costos unitarios del ciclo de vida no se desarrollaron para las oportunidades individuales debido a la diferencia de capacidades entre las instalaciones de desalinización y de conducción de agua tratada. Por lo tanto, las potenciales oportunidades de desalinización se combinaron para presentar los costos unitarios del ciclo de vida basados en una oportunidad de intercambio general de 7.8 m<sup>3</sup>/s. Estas combinaciones consisten en dos instalaciones de desalinización de 3.9 m<sup>3</sup>/s y un sistema de transmisión de agua tratada compartido para entregar el agua a la Presa Morelos para su intercambio. Se realizó un análisis del valor presente neto a 30 años para determinar el costo unitario de cada combinación. Los resultados de este análisis indican que una oportunidad potencial de desalinización podría entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s de agua nueva a la Presa Morelos para el intercambio por aproximadamente \$32 MXN por metro cúbico (m<sup>3</sup>). Este costo unitario no está fuera de orden en comparación con otros proyectos propuestos para desarrollar fuentes de agua nueva. Además, la desalinización del agua de mar es única porque produce una fuente de agua confiable y a prueba de sequías. Por lo tanto, se recomienda llevar adelante este concepto mediante la implementación de los siguientes pasos.

### Tasks to Further Refine the Potential Opportunities

During the course of this study, two areas were identified that could provide additional valuable information to help refine the identified potential opportunities consistent with the current scope of work, as described below.

- This study developed information for individual potential desalination opportunities that could deliver 100,000 AFY of treated water to Morelos Dam but also envisioned combining opportunities to deliver 200,000 AFY. It is recommended that additional analysis be completed to determine the optimal capacity of each opportunity. This evaluation would help determine if there is a cost benefit associated with upsizing the capacity of an individual desalination opportunity and/or if there are any potential brine dispersion impacts.
- For simplicity in developing cost estimates, this study assumed a traditional design-bid-build approach to project delivery. However, since this facility will be located outside of the United States, it is more likely that this project would be delivered under a different method, such as a public-private partnership. Public private partnerships involve a cooperative arrangement between public entities (typically the owner) and private sector entities to design, build, finance, and at times operate and maintain, the project for a specified period of time on behalf of the owner. The following is a brief list of different project delivery methods that were utilized for the development of large scale desalination facilities:

### Tareas para Refinar Aún Más las Oportunidades Potenciales

Durante el curso de este estudio, se identificaron dos áreas que podrían proporcionar información valiosa adicional para ayudar a refinar las oportunidades potenciales identificadas de acuerdo con el alcance actual del trabajo, como se describe a continuación

- Este estudio desarrolló información para oportunidades de desalinización potenciales individuales que podrían entregar 3.9 m<sup>3</sup>/s de agua tratada a la Presa Morelos, pero también visualizó la combinación de oportunidades para entregar 7.8 m<sup>3</sup>/s. Se recomienda que se realice un análisis adicional para determinar la capacidad óptima de cada oportunidad. Esta evaluación ayudaría a determinar si existe un beneficio de costo asociado con el aumento de la capacidad de una oportunidad de desalinización individual y/o si hay algún impacto potencial de dispersión de salmuera.
- Para simplificar el desarrollo de estimaciones de costos, este estudio asumió un enfoque tradicional de diseño-oferta-construcción para la entrega del proyecto. Sin embargo, dado que esta instalación estará ubicada fuera de los Estados Unidos, es más probable que este proyecto se realice bajo un método diferente, como una asociación público-privada. Las asociaciones público-privadas implican un acuerdo de cooperación entre entidades públicas (generalmente el propietario) y entidades del sector privado para diseñar, construir, financiar y, en ocasiones, operar y mantener el proyecto durante un período de tiempo específico en nombre del propietario. La siguiente es una breve lista de los diferentes métodos de entrega de proyectos que se utilizaron para el desarrollo de instalaciones de desalinización a gran escala:

- The Sorek Desalination Plant in Tel Aviv, Israel is the largest seawater desalination facility in the world (164.8 million gallons per day [mgd]). The project was delivered using a design, build, operate, and transfer approach, wherein a consortium of partners is responsible for financing, planning, building and operating the desalination plant for 25 years, at which time it will be turned over to the Israeli government. The Wonthaggi Desalination Plant in Melbourne, Australia has a capacity of 117.3 mgd and was developed using a similar procurement approach.
  - The Port Stanvac (Adelaide) Desalination Plant in Lonsdale, Australia has a treatment capacity of 72.4 mgd. The project was delivered by a consortium through a design, build, operate, and maintain approach. The initial contract period is for a period of 20 years.
  - The Escondida Desalination Plant near Antofagasta, Chile has a treatment capacity of 57.1 mgd. The project was delivered by a consortium through an engineering, procurement and construction management approach. The owner paid for these items separately and as the work progressed.
  - The Claude “Bud” Desalination Plant in Carlsbad, California, United States has a treatment capacity of 50 mgd. A private entity developed the project concept, construction, and financing, and then
- La planta de desalinización de Sorek en Tel Aviv, Israel, es la instalación de desalinización de agua de mar más grande del mundo (624,000 m<sup>3</sup>/día). El proyecto se entregó utilizando un enfoque de diseño, construcción, operación y transferencia, en el que un consorcio de socios es responsable de financiar, planificar, construir y operar la planta desaladora durante 25 años, momento en el cual será entregada al gobierno israelí. La planta de desalinización de Wonthaggi en Melbourne, Australia, tiene una capacidad de 444,000 m<sup>3</sup>/día y se desarrolló utilizando un enfoque de adquisición similar.
  - La planta de desalinización de Port Stanvac (Adelaide) en Lonsdale, Australia tiene una capacidad de tratamiento de 274,000 m<sup>3</sup>/día. El proyecto fue entregado por un consorcio a través de un enfoque de diseño, construcción, operación y mantenimiento. El período inicial del contrato es por un período de 20 años.
  - La planta desaladora de Escondida, cerca de Antofagasta, Chile, tiene una capacidad de tratamiento de 216,000 m<sup>3</sup>/día. El proyecto fue entregado por un consorcio a través de un enfoque de ingeniería, adquisición y gestión de la construcción. El propietario pagó estos artículos por separado y a medida que avanzaba el trabajo.



sought customers to purchase the water through a water purchase agreement.

It is recommended that an effort be undertaken to define the most appropriate approach through which this project could be successfully delivered.

### Additional Investigation of Binational Desalination in the Sea of Cortez

This study demonstrates that a potential binational desalination project located along the Sea of Cortez is both technically and economically feasible. However, there are a few specific areas where assumptions were made due to being outside the scope of work or due to a lack of information, that warrant additional investigation. These include:

- This study assumed that rights-of-way along the treated water conveyance alignment were sufficient and could be obtained. The ability to obtain rights-of-way for treated water conveyance needs to be confirmed.
- This study identified the power requirements associated with the proposed desalination opportunities. However, the ability to obtain the necessary power from Comisión Federal de Electricidad needs to be confirmed.

### Development of an Exchange Framework

While Minute 323 provides for the identification of additional projects or actions to be considered for inclusion as water conservation projects and exchanges, currently there is no framework through which binational exchanges of water can occur for New Water Sources Projects, such as desalination. The

- La planta de desalinización Claude "Bud" en Carlsbad, California, Estados Unidos tiene una capacidad de tratamiento de 189,000 m<sup>3</sup>/día. Una entidad privada desarrolló el concepto del proyecto, la construcción y el financiamiento, y luego buscó a los clientes para comprar el agua a través de un acuerdo de compra de agua.

Por lo tanto, se recomienda que se realice un esfuerzo para definir el enfoque más apropiado a través del cual este proyecto se podría ejecutar con éxito.

### Investigación Adicional de Desalinización Binacional en el Mar de Cortés

Este estudio demuestra que un posible proyecto de desalinización binacional ubicado a lo largo del Mar de Cortés es técnica y económicamente factible. Sin embargo, hay algunas áreas específicas donde se hicieron suposiciones debido a estar fuera del alcance del trabajo o debido a la falta de información, que justifican una investigación adicional. Éstos incluyen:

- Este estudio asumió que los derechos de paso a lo largo del trazo de la conducción de agua tratada eran suficientes y podían mantenerse. La capacidad de obtener los derechos de paso para la conducción de agua tratada debe ser confirmada.
- Este estudio identificó los requisitos de energía asociados con las oportunidades de desalinización propuestas. Sin embargo, la capacidad de obtener la energía necesaria de la Comisión Federal de Electricidad necesita ser confirmada.

study and implementation of New Water Sources Projects requires a specific Minute of the International Boundary and Water Commission. It is recommended that the Minute Oversight Group analyze and consider binational exchanges for New Water Sources Projects, specifically the use of seawater versus freshwater, and provide feedback to the Projects Work Group, which will be comparing the various New Water Sources opportunities during 2020.

### Comparison to Other Identified Projects

As discussed previously, Section IX.B of Minute 323, “New Water Sources Projects,” notes the existence of other opportunities for joint cooperative projects with the potential for increasing delivery or exchange of Colorado River water benefitting both nations, including the following projects:

- Binational Desalination Plant at the Pacific Ocean coast
- Binational Desalination Plant in the New River
- Reuse of effluent from the Mexicali Valley wastewater treatment plants in wetlands or riparian restoration of the Colorado River
- Reuse in the United States of South Bay International Wastewater Treatment Plant effluent

Efforts will be undertaken by the Projects Work Group to gather and/or develop the information necessary to allow for a comparison of these potential new water source projects. Minute 323 noted that the Binational Projects Work Group will evaluate all pertinent aspects for each project including the volume of water to be generated, its cost and distribution

### Desarrollo de un Sistema de Intercambio

Si bien el Acta 323 prevé la identificación de proyectos o acciones adicionales que se considerarán para su inclusión como proyectos e intercambios de conservación de agua, actualmente no existe un marco a través del cual puedan ocurrir intercambios binacionales de agua para Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua, como la desalinización. El estudio y la implementación de Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua requieren un Minuto específico de la Comisión Internacional de Límites y Aguas. Se recomienda que el Grupo de Seguimiento del Acta 323 analice y considere los intercambios binacionales para los Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua, específicamente el uso de agua de mar versus agua dulce, y proporcione comentarios al Grupo de Trabajo de Proyectos, que comparará las diversas oportunidades de Nuevas Fuentes de Agua durante 2020.

### Comparación con Otros Proyectos Identificados

Como se discutió anteriormente, la Sección IX.B del Acta 323, “Proyectos de Nuevas Fuentes de Agua”, señala la existencia de otras oportunidades para proyectos cooperativos en conjunto, con el potencial de aumentar la entrega o el intercambio de agua del Río Colorado en beneficio de ambas naciones, incluidos los siguientes proyectos:

- Planta Desalinizadora Binacional en la costa del Océano Pacífico
- Planta Desalinizadora Binacional en el Río Nuevo
- Reuso del efluente de las plantas de tratamiento de denle el Valle de Mexicali para humedales o para la restauración ribereña del Río Colorado

between the two countries, its potential for exchange, and the benefits that will be generated for both governments, among other relevant information. These project concepts are in various stages of completion.

- Reuso en los Estados Unidos del efluente de la Planta Internacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Tijuana (PITAR)

El Grupo de Trabajo de Proyectos emprenderá esfuerzos para recopilar y/o desarrollar la información necesaria para permitir una comparación de estos posibles nuevos proyectos de fuentes de agua. El Acta 323 recomendó que el Grupo Binacional de Trabajo sobre Proyectos evaluará todos los aspectos pertinentes para cada proyecto, incluyendo el volumen de agua que se generará, su costo y distribución entre ambos países, su intercambio potencial y los beneficios que se generarán para ambos Gobiernos, entre otra información relevante. Estos conceptos de proyecto se encuentran en varias etapas de realización.