

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 (Mm³) 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.

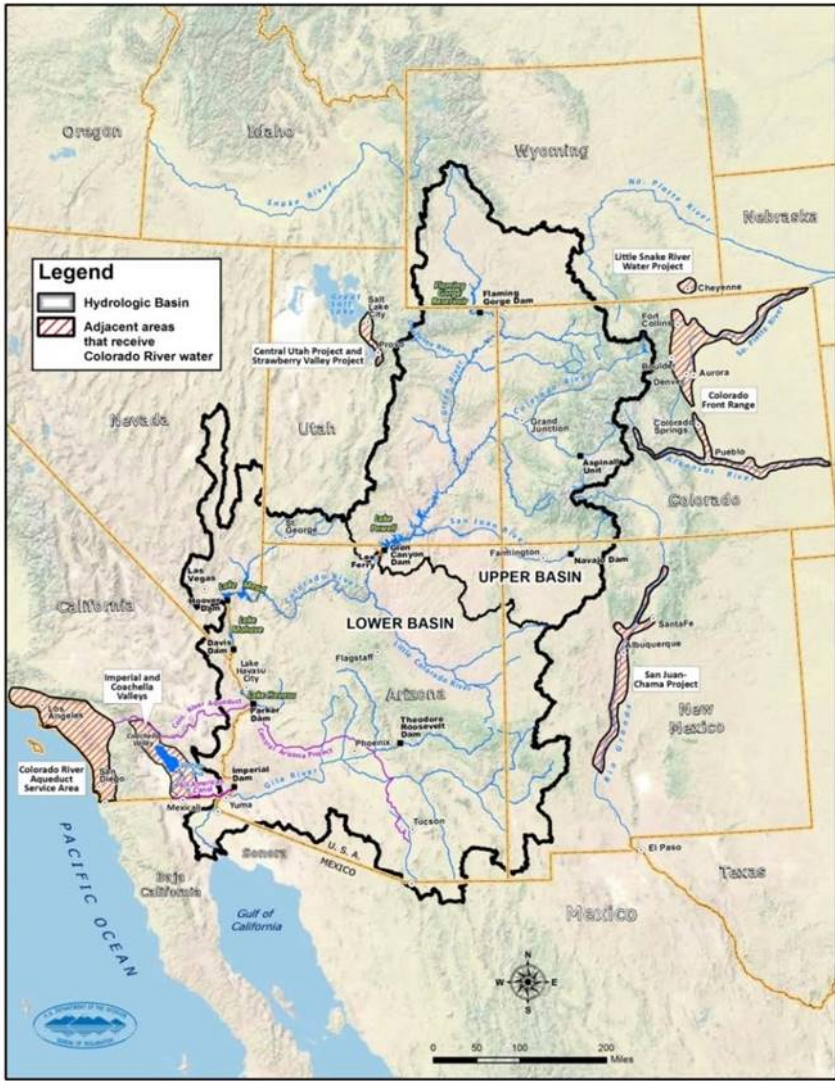
Based on these projections, the potential deficit for the total study area is conservatively estimated at 1.2 maf, as shown on Figure 2.

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 ($\text{Mm}^3/\text{año}$) para 2030. A la vez, se proyecta que la Zona Costera de Baja California tendrá una demanda incompleta de aproximadamente $58 \text{ Mm}^3/\text{año}$ para 2030.

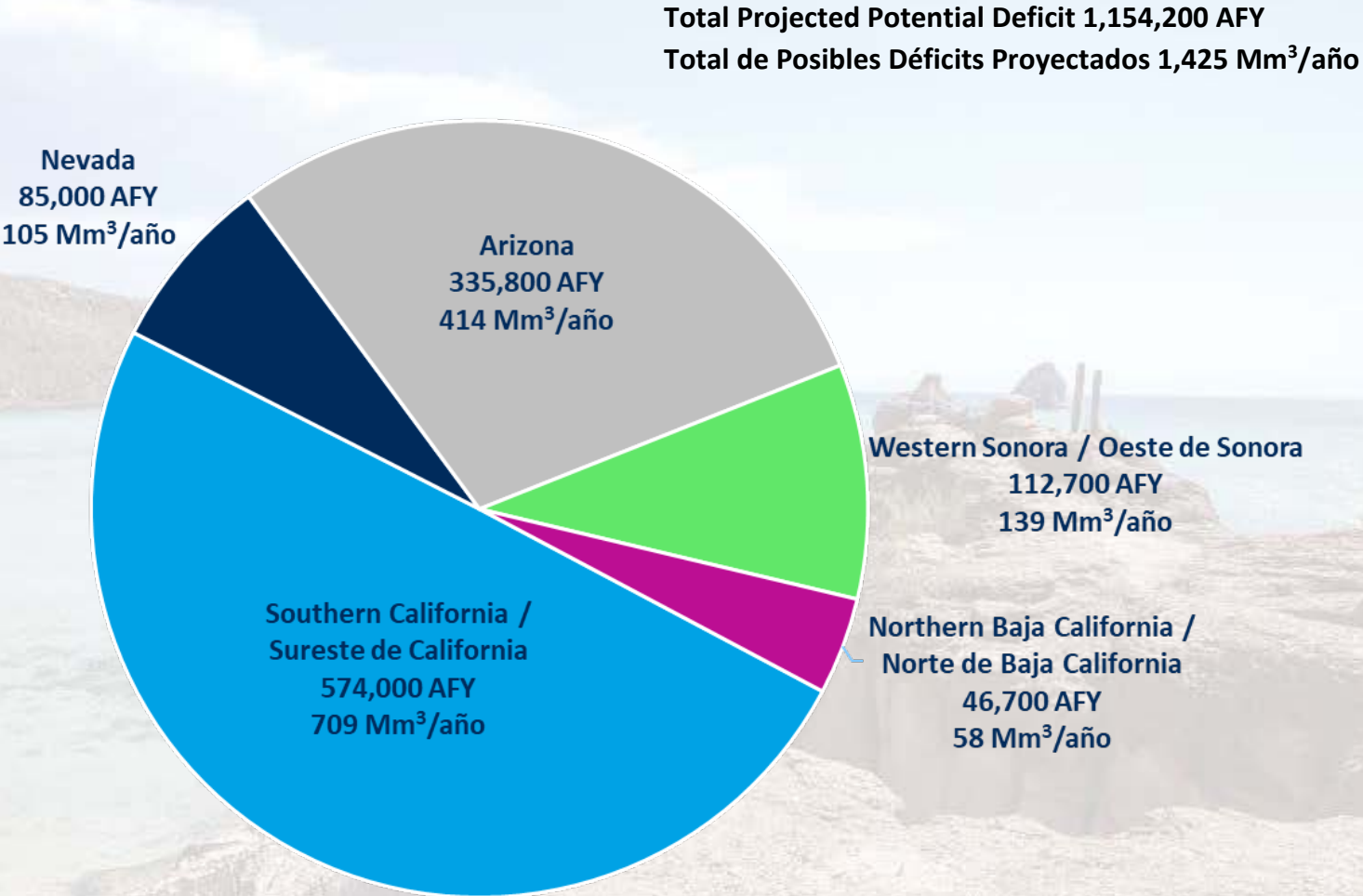
Con base en estas proyecciones, el déficit potencial para el área total de estudio se estima, conservadoramente, en $1,423 \text{ Mm}^3/\text{año}$, como se muestra en Figura 2.

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 $246.7 \text{ Mm}^3/\text{año}$ 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.

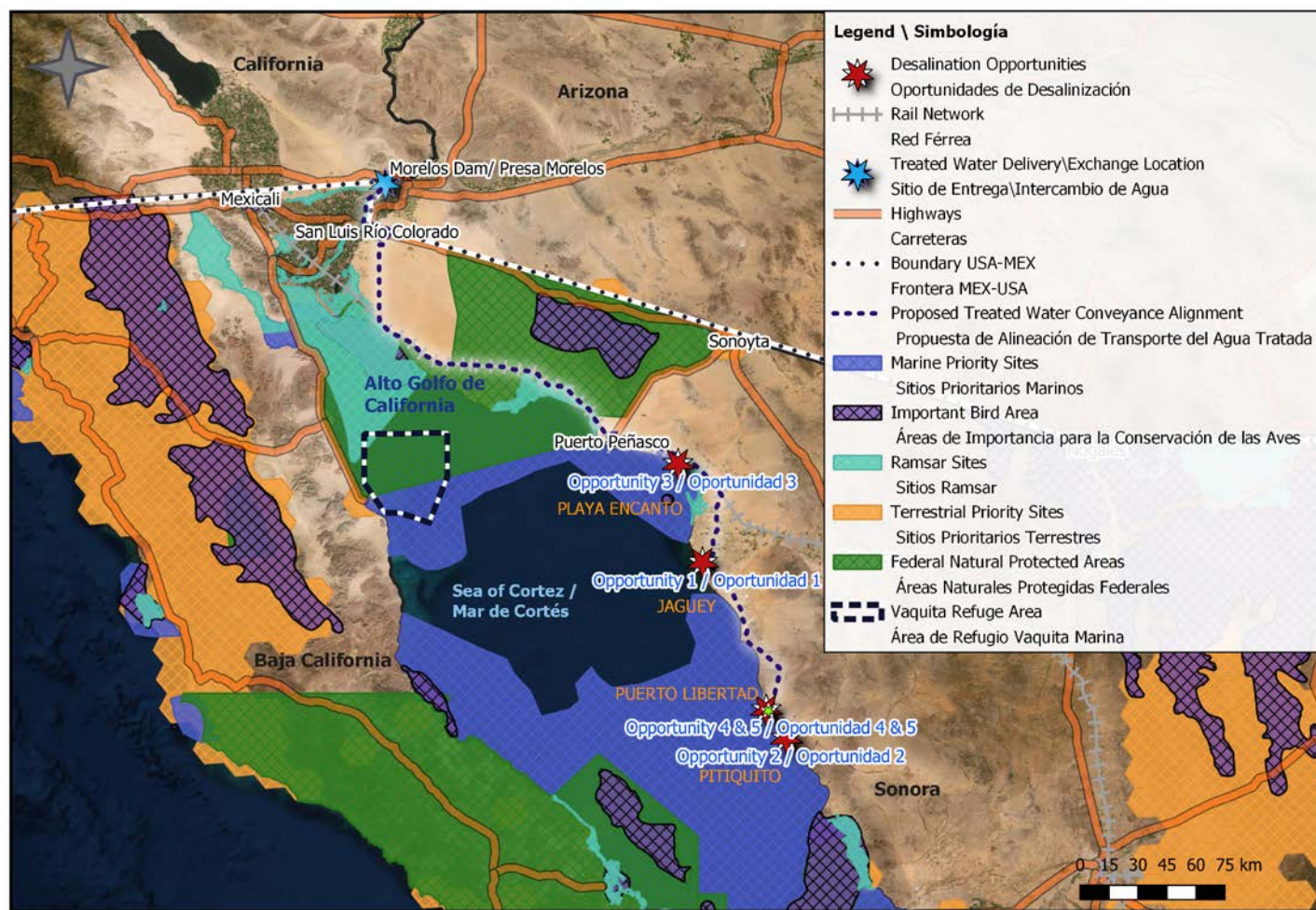
- **Opportunity 3** – Reverse osmosis desalination facility located near Playa Encanto utilizing ocean discharge/dispersion for brine management, with delivery of treated water to Morelos Dam for exchange.
- **Opportunity 4** – Thermal distillation facility co-located at the power plant in Puerto Libertad 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 m³/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 m³/s. Como tales, la infraestructura para el transporte de agua tratada se dimensionó para entregar 7.8 m³/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 m³/s de agua tratada e instalaciones de conducción de agua tratada dimensionadas para entregar 7.8 m³/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) ¹	USD (MXN) ¹	USD (MXN) ¹	USD (MXN) ¹
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 ² Embalse ²	\$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)
Total Cost Costo Total	\$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)

¹ 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).

² 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)
TOTAL	\$101,783,000 (\$1,955,858,000)	\$71,106,000 (\$1,366,370,000)	\$78,116,000 (\$1,501,074,000)	\$119,303,000 (\$2,292,522,000)

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 m³/s. Estas combinaciones consisten en dos instalaciones de desalinización de 3.9 m³/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 Mm³/año en Puerto Libertad
- Oportunidad 2 (Pitiquito) y Oportunidad 1 (Jagüey) con conducción de agua tratada aumentada a 246.7 Mm³/año en Jagüey
- Oportunidad 5 (Puerto Libertad ósmosis inversa) y Oportunidad 1 (Jagüey) con conducción de agua tratada aumentada a 246.7 Mm³/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 m³/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 Costo de capital total	USD MXN	\$4,744,605,036 \$91,172,330,371	\$4,906,179,692 \$94,277,148,961	\$4,509,251,032 \$86,649,767,830
Annual amortized capital cost Costo anual de capital amortizado	USD MXN	\$308,643,366 \$5,930,890,921	\$319,154,030 \$6,132,863,840	\$293,333,251 \$5,636,691,751
Annual operational cost (2019) Costo operativo anual (2019)	USD MXN	\$155,369,000 \$2,985,570,704	\$148,391,000 \$2,851,481,456	\$196,558,000 \$3,777,058,528
Net present value (2019) Valor presente neto (2019)	USD MXN	\$12,300,351,749 \$236,363,559,209	\$12,297,126,544 \$236,301,583,670	\$13,368,271,764 \$256,884,710,217
Net present value unit cost Costo unitario del valor presente neto	\$USD/AF \$MXN/m ³	\$2,050 \$31.94	\$2,050 \$31.94	\$2,228 \$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
Land Use Considerations		
<ul style="list-style-type: none"> • Intake pipeline crosses an ejido (communal land) • Location is very remote with little/no infrastructure 	<ul style="list-style-type: none"> • Located within an ejido • Remote location with no infrastructure • A third party is analyzing the potential for a desalination and pumped storage hydropower project at this location 	<ul style="list-style-type: none"> • Not located within an ejido • Developed area with existing infrastructure • Located within the jurisdiction of the Comisión Federal de Electricidad (agreement required to use land)

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

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

Tabla 4 Diferenciadores de cada oportunidad

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

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

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

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 m³/s de agua nueva a la Presa Morelos para el intercambio por aproximadamente \$32 MXN por metro cúbico (m³) 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 m³/s de agua tratada a la Presa Morelos, pero también visualizó la combinación de oportunidades para entregar 7.8 m³/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.