



REUSO DEL AGUA

INTERCAMBIO BINACIONAL DE APRENDIZAJE

Informe de la Visita Técnica a Pure Water Oceanside

Oceanside, California - 23 de junio de 2026



INSTITUTE OF
THE AMERICAS



ENVIRONMENT
PROGRAM



PANORAMA GENERAL

El 23 de junio de 2026, el Institute of the Americas organizó un intercambio binacional de aprendizaje técnico para que una delegación de funcionarios electos, directivos del sector hídrico y líderes de política pública de Baja California visitaran el programa Pure Water Oceanside de la Ciudad de Oceanside. Véase el Apéndice A para consultar la agenda del programa.

La delegación de México incluyó representantes del Estado de Baja California, los municipios de Tijuana y Tecate, el Consulado de Estados Unidos en Tijuana, instituciones académicas (UNAM, UABC), la San Diego Foundation y organizaciones no gubernamentales regionales de la región CaliBaja, incluidas The San Diego Regional Chamber of Commerce y Tijuana Verde. Véase el Apéndice B para la lista de participantes.

La visita formó parte de una iniciativa más amplia del Institute of the Americas para fortalecer la resiliencia hídrica en la región CaliBaja mediante el intercambio de conocimientos, la cooperación técnica y las alianzas transfronterizas. El programa del día incluyó sesiones informativas en el Ayuntamiento de Oceanside, recorridos técnicos por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Salina y las instalaciones de Pure Water Oceanside, incluida la Planta de Purificación de Agua Subterránea Mission Basin, conversaciones con la alcaldesa Esther Sanchez y el administrador municipal Jonathan Borrego, así como una recepción final de vinculación con profesionales regionales del sector hídrico. Véase el Apéndice C para el perfil comunitario de Oceanside y el Apéndice D para la ficha informativa de Pure Water.

PROPÓSITO

El objetivo principal fue brindar a los tomadores de decisiones de Baja California una comprensión de primera mano del proceso de Oceanside para desarrollar una fuente local de agua resiliente a la sequía mediante agua reciclada purificada con tecnología avanzada.

La visita se realizó en un momento particularmente importante, ya que el norte de Baja California enfrenta una presión creciente por la sequía prolongada, el aumento de la demanda urbana de agua, la infraestructura envejecida y la menor confiabilidad de los suministros provenientes del río Colorado. El intercambio también exploró cómo la ampliación del reúso municipal del agua podría contribuir a mejorar la seguridad hídrica y, al mismo tiempo, reducir las descargas de aguas residuales a la cuenca del río Tijuana y al océano Pacífico.



La delegación de Baja California y anfitriones en el centro de visitantes de Pure Water Oceanside.

TEMAS PRINCIPALES ABORDADOS

Las conversaciones a lo largo del día se centraron en varios temas comunes:



Resiliencia hídrica de largo plazo. Los líderes de Oceanside describieron cómo años de sequías recurrentes impulsaron a la Ciudad a diversificar su portafolio hídrico e invertir en una fuente de agua localmente controlada y resistente a la sequía.

.....



La evolución de Pure Water Oceanside. El personal de la Ciudad describió el proceso de varios años de planeación, permisos, financiamiento, ingeniería, comunicación pública y regulación necesaria para implementar uno de los primeros proyectos avanzados de reúso potable indirecto en California. En total, desde la planeación hasta la conclusión del proyecto, Pure Water Oceanside se tardó 10 años.

.....



Tecnología avanzada de purificación de agua. El personal técnico revisó las múltiples barreras de tratamiento, incluida la filtración por membranas, la ósmosis inversa, la oxidación avanzada y la recarga de agua subterránea, que producen agua que cumple con las estrictas normas de agua potable de California.

.....



Confianza pública y participación comunitaria. Oceanside enfatizó que la educación pública sostenida, la transparencia, los recorridos por las instalaciones y una comunicación clara fueron esenciales para construir la aceptación comunitaria del reúso potable del agua. Funcionarios de Oceanside destacaron que aprendieron de los esfuerzos iniciales fallidos de la Ciudad de San Diego al promover el reúso del agua con la narrativa de “del inodoro al grifo”. Esa experiencia retrasó a la Ciudad de San Diego 15 años en la búsqueda del reúso del agua como opción, pero dejó aprendizajes importantes.

.....



Alianzas financieras e institucionales. Los participantes conversaron sobre cómo el financiamiento estatal y federal, la inversión local y un sólido liderazgo político permitieron que Oceanside pasara del concepto a la implementación.

PRINCIPALES OBSERVACIONES Y LECCIONES

De las conversaciones surgieron varias lecciones importantes.

1

El liderazgo importa. La alcaldesa Esther Sanchez enfatizó que la resiliencia hídrica requiere un compromiso político sostenido durante muchos años. Desarrollar nuevas fuentes de agua es, en última instancia, una inversión comunitaria que exige una visión de largo plazo más allá de los ciclos electorales individuales.

.....

2

El reúso del agua complementa —no reemplaza— otras estrategias hídricas. Los participantes reconocieron que el reúso del agua debe verse como un componente de un portafolio integrado que también incluye conservación, reducción de fugas, manejo de aguas subterráneas, suministros importados, captación de aguas pluviales y, cuando corresponda, desalinización. Sin embargo, la alcaldesa Sanchez señaló que, con base en una revisión independiente de las opciones de diversificación hídrica de Oceanside, el reúso potable indirecto era más costo-efectivo y tenía menores impactos ambientales que la desalinización.

.....

3

Cada galón reutilizado es un galón que no necesita importarse. Al crear una fuente local de agua a partir de aguas residuales, Oceanside ha reducido su dependencia del agua importada y ha mejorado la confiabilidad de largo plazo durante periodos de sequía. Anteriormente, Oceanside importaba 89% de su agua; el agua subterránea/ósmosis inversa representaba 10% y el agua reciclada para riego, 1%. Actualmente, Oceanside importa 67% de su agua, mientras que el resto proviene de Pure Water Oceanside (21%) y de agua reciclada para riego (12%). Después de la fase 2, la dependencia de Oceanside del agua importada disminuirá a 44%, con 32% de su agua proveniente de Pure Water Oceanside y 24% de agua reciclada para riego.



4

La comunicación pública es tan importante como la ingeniería. La experiencia de Oceanside demostró que los proyectos exitosos de reúso potable dependen tanto de la confianza y educación de la comunidad como de las tecnologías avanzadas de tratamiento.

.....

5

El aprendizaje transfronterizo acelera la innovación. Los participantes señalaron que muchas de las experiencias de Oceanside, incluido el desarrollo regulatorio, las estrategias de financiamiento, la comunicación pública y la implementación por fases, pueden aportar aprendizajes valiosos a medida que Baja California evalúe futuras oportunidades de reúso potable.



EL CASO CIENTÍFICO A FAVOR DEL REÚSO DEL AGUA

La experiencia de Oceanside ofrece más que una historia inspiradora; proporciona evidencia medible y basada en la ciencia de que el reúso avanzado del agua es, para muchas comunidades, la opción más costo-efectiva y eficiente en el uso de recursos para desarrollar una nueva fuente local de agua. Al evaluarse frente a las principales alternativas disponibles para las ciudades costeras como lo son la dependencia continua del agua importada y la desalinización de agua de mar; el agua reciclada purificada muestra un desempeño favorable de manera constante en los criterios más importantes: intensidad energética, costo de ciclo de vida, confiabilidad del suministro y huella ambiental. Los siguientes datos de Oceanside y de la literatura científica más amplia ilustran por qué el reúso merece una consideración seria.

 **El reúso cuesta aproximadamente una tercera parte de la desalinización de agua de mar.** Según la Ciudad de Oceanside, purificar aguas residuales cuesta alrededor de una tercera parte del costo de la desalinización oceánica, porque las aguas residuales contienen muchos menos sólidos disueltos (sales) que eliminar. Remover la concentración mucho más alta de sales en el agua de mar requiere aproximadamente tres veces más energía, membranas adicionales y resulta en una vida útil más corta de las membranas y mayores costos de mantenimiento.

.....

 **El reúso es una de las opciones de suministro de agua con menor consumo energético disponibles.** Análisis revisados encuentran que los esquemas completos de reúso potable normalmente requieren alrededor de 1.2 a 2.1 kilowatt-hora por metro cúbico de agua producida, mientras que la desalinización de agua de mar por ósmosis inversa generalmente requiere entre 3.5 y 4.5 kilowatt-hora por metro cúbico. Los investigadores concluyen que el reúso potable de aguas residuales municipales suele ser la opción de menor consumo energético para aumentar la disponibilidad de agua dulce, y que ya requiere mucha menos energía que la desalinización de agua de mar.



Muestras de agua en cada etapa de tratamiento, desde el efluente crudo hasta el agua purificada final.

 **El reúso proporciona un suministro localmente controlado y resistente a la sequía.** Dado que la fuente de agua son las propias aguas residuales de la comunidad, el suministro se genera localmente y de manera continua, independientemente de la nieve acumulada, los niveles de los embalses o las disputas de asignación entre estados. En Oceanside, una revisión independiente de las opciones de diversificación de la ciudad determinó que el reúso potable indirecto era más costo-efectivo y de menor impacto ambiental que la desalinización, y la ciudad impulsó el reúso precisamente por esa razón. El resultado es un suministro resiliente a la sequía, la variabilidad climática y las interrupciones que afectan al agua importada durante eventos sísmicos.

.....

 **El reúso reduce de manera medible la dependencia del agua importada.** Antes de Pure Water Oceanside, la ciudad importaba aproximadamente 89% de su agua. Con la primera fase en operación, el agua importada ha disminuido a cerca de 67%, y tras la expansión de la segunda fase se proyecta que baje a alrededor de 44%. Cada galón producido mediante reúso es un galón que no necesita transportarse cientos de millas, con la energía, el costo y la vulnerabilidad asociados al transporte de larga distancia.

.....

 **El reúso genera múltiples beneficios ambientales en un solo proyecto.** En Oceanside, el agua purificada se inyecta en el acuífero Mission Basin, recargando simultáneamente el agua subterránea local, mejorando su calidad y ayudando a prevenir la intrusión salina. Al mismo tiempo, tratar y reutilizar las aguas residuales reduce el volumen de efluente tratado descargado al océano Pacífico. La desalinización de agua de mar, en contraste, produce un subproducto de salmuera concentrada que debe manejarse y descargarse nuevamente al ambiente marino.



En conjunto, estos datos respaldan una conclusión clara: aunque ninguna fuente por sí sola resuelve los desafíos hídricos de una región, la evidencia científica y económica posiciona al reúso avanzado del agua como una opción líder: generalmente más barata y mucho menos intensiva en energía que la desalinización, más confiable que los suministros importados afectados por la sequía y singularmente capaz de generar beneficios para el agua subterránea y para la reducción de descargas costeras al mismo tiempo. Para las comunidades con estrés hídrico en la región CaliBaja, estos son precisamente los criterios con los que debe evaluarse una estrategia hídrica de largo plazo.



Membrana de ósmosis inversa y exhibición.



Exhibición de coladores que describe la prefiltración del tren de tratamiento.

RELEVANCIA PARA BAJA CALIFORNIA

Los integrantes de la delegación conversaron sobre cómo las lecciones de Oceanside pueden ayudar a informar la planeación hídrica futura en Baja California, particularmente en Tijuana y Tecate.

Entre las oportunidades potenciales se incluyen:

- Ampliar el reciclaje de aguas residuales más allá de los usos actuales en la industria y el riego de áreas verdes;
- Evaluar el reúso potable indirecto como parte de la planeación hídrica de largo plazo;
- Reducir la dependencia de los suministros cada vez más limitados del río Colorado;
- Mejorar la confiabilidad del suministro urbano de agua y, al mismo tiempo, apoyar el crecimiento económico continuo; y
- Reducir las descargas de aguas residuales que afectan la cuenca del río Tijuana y las comunidades aguas abajo.

Los participantes también reconocieron que la implementación en México requeriría adaptarse a las condiciones regulatorias, institucionales, financieras y de política pública locales, en lugar de simplemente replicar el modelo de California.

IMPORTANCIA GENERAL

El intercambio de aprendizaje reforzó que los desafíos hídricos trascienden cada vez más las fronteras políticas. Las comunidades a ambos lados de la frontera entre Estados Unidos y México enfrentan presiones similares derivadas del cambio climático, el crecimiento poblacional, la infraestructura envejecida y la competencia creciente por recursos hídricos limitados.

Al compartir experiencia práctica y conocimientos técnicos, los municipios pueden acelerar la innovación y fortalecer la resiliencia regional. La visita también destacó cómo la colaboración entre gobiernos locales, expertos técnicos, instituciones académicas, filantropía y organizaciones sin fines de lucro puede ayudar a construir soluciones duraderas para desafíos hídricos compartidos.

AGRADECIMIENTOS

El Institute of the Americas expresa su sincero agradecimiento a la alcaldesa Esther Sanchez, al administrador municipal Jonathan Borrego, al director de Servicios de Agua Fredrick J. Mayo, a Rudy Guzman, al Departamento de Servicios de Agua de la Ciudad de Oceanside y a todo el equipo de Oceanside por su excepcional hospitalidad y disposición para compartir abiertamente su experiencia.

Se extiende también un agradecimiento especial a todos los integrantes de la delegación de Baja California por su participación activa y sus valiosas aportaciones a lo largo de la visita.

Asimismo, el Institute reconoce con gratitud el generoso apoyo de la Binational Resilience Initiative de la San Diego Foundation, el Banco de Desarrollo de América del Norte (NADBank), el Programa Frontera 2025 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos y la Ciudad de Oceanside, cuya colaboración hizo posible este importante intercambio binacional de aprendizaje.



HONOR Magic7 Lite

Apéndice A

Visita técnica binacional sobre reúso del agua
Oceanside, CA - Martes, 23 de junio de 2026

Agenda

8:30 a.m.	Punto de encuentro en Tijuana
8:45 a.m.	Salida en transporte desde Hotel Real Inn, Tijuana, rumbo a Oceanside
9:15 a.m.	Cruce por carril Express en San Ysidro
11-11:15 a.m.	Llegada a Ayuntamiento de Oceanside
11:05 a.m.	Bienvenida y presentaciones a cargo de Fredrick J. Mayo, director de Servicios de Agua, Ciudad de Oceanside, Sala de Consejo
11:45 a.m.	Traslado en autobús a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Salina. (planta original de tratamiento secundario de aguas residuales y descarga oceánica de la Ciudad de Oceanside, construida en 1949)
12:00 p.m.	Recorrido por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales La Salina Sesión informativa a cargo de Fredrick J. Mayo, director de Servicios de Agua, Ciudad de Oceanside
12:45 p.m.	Traslado en autobús a Pure Water Oceanside (incluidas la Planta de Recuperación de Agua San Luis Rey y la Planta de Purificación de Agua Subterránea Mission Basin).
1:00 p.m.	Comida y sesión informativa con la Honorable Esther Sanchez, alcaldesa, y Jonathan E. Borrego, administrador municipal de la Ciudad de Oceanside, en Pure Water Oceanside
2:15 p.m.	Recorrido y sesión informativa de Pure Water Oceanside (incluidas la Planta de Recuperación de Agua San Luis Rey y la Planta de Purificación de Agua Subterránea Mission Basin). Sesión informativa a cargo de Fredrick J. Mayo, director de Servicios de Agua de la Ciudad de Oceanside, sobre el proyecto Pure Water Oceanside, un programa avanzado de purificación de agua que actualmente produce agua reciclada purificada para la Ciudad de Oceanside, con planes de entregar entre 3 y 5 millones de galones de agua potable al día, suficiente para aportar 32% del suministro de agua de la ciudad.
5:00 p.m.	Conclusión
5:30 p.m.	Recepción en Rooftop Bar, Mission Pacific Beach Resort, Oceanside, con representantes del municipio de Oceanside y profesionales del sector hídrico del condado de San Diego
7:00 p.m.	Regreso a Tijuana

Esta visita técnica es posible gracias al generoso apoyo de:



**Aunque las actividades de esta visita han sido financiadas total o parcialmente por la EPA de EE. UU. y el Banco de Desarrollo de América del Norte, no necesariamente reflejan sus políticas, acciones o posturas.*

Apéndice C

Ciudad de Oceanside, California

Perfil



Población

- Población estimada (2026): 172,000 habitantes, con un aumento proyectado de 45,000, para un total de 217,000 habitantes en 2050 [1]
- Oceanside es la tercera ciudad más grande del condado de San Diego, después de San Diego y Chula Vista.
- Oceanside ocupa aproximadamente 109 kilómetros cuadrados a lo largo de la costa del Pacífico y funciona como el centro comercial y cívico del norte del condado de San Diego.



Ingreso de los Hogares

- Ingreso medio de los hogares: aproximadamente \$98,000–\$105,000 (según el conjunto de datos del Censo utilizado), lo que representa 9% menos que el ingreso medio promedio de los hogares del condado de San Diego (\$106,300) y 44% menos que el de la ciudad vecina Carlsbad (\$144,400)
- Ingreso promedio de los hogares: aproximadamente \$122,000
- Ingreso per cápita: aproximadamente \$48,000



Principales Empleadores

Algunos de los mayores empleadores de Oceanside incluyen:

- Camp Pendleton, una de las principales instalaciones militares de la región y uno de sus mayores motores económicos de la región
- Tri-City Medical Center, MiraCosta College, Genentech, Dr. Bronner's, Ciudad de Oceanside
- Numerosas empresas de manufactura avanzada, dispositivos médicos, logística y apoyo a la defensa ubicadas en todo el norte del condado.



Diversidad Demográfica

Oceanside es una de las comunidades más diversas del sur de California. De acuerdo con las estimaciones más recientes del Censo de Estados Unidos:

- Blanca: aproximadamente 52%
- Hispana/Latina (de cualquier raza): aproximadamente 36–37%
- Asiática: aproximadamente 8%
- Negra/Afroamericana: aproximadamente 4%
- Dos o más razas: aproximadamente 16%
- La ciudad también cuenta con una población significativa vinculada al ámbito militar debido a su proximidad con la Base del Cuerpo de Marines Camp Pendleton.



Economía y Principales Sectores Comerciales

Oceanside ha evolucionado de una comunidad tradicional de playa y presencia militar a una de las economías más diversificadas del norte del condado de San Diego. Entre los sectores clave se incluyen:

- Manufactura avanzada
- Salud y ciencias de la vida
- Comercio minorista y hospitalidad
- Turismo y recreación
- Logística y distribución
- Servicios de defensa y apoyo militar
- Agricultura y producción de alimentos (particularmente agricultura especializada en las zonas circundantes del norte del condado)
- Empresas emergentes de biotecnología e innovación

La ciudad alberga aproximadamente 7,700 empresas que emplean a alrededor de 84,000 trabajadores. La manufactura, el comercio minorista y la atención médica son los sectores con mayor empleo.

[1] "Oceanside expects big population jump: Updated general plan anticipates adding 45K residents by year 2050," San Diego Union-Tribune, 28 de junio de 2026.

Apéndice D

Ficha informativa de Pure Water Oceanside

Descripción del Proyecto

Pure Water Oceanside es un proyecto avanzado de reúso potable indirecto (IPR, por sus siglas en inglés) desarrollado por la Ciudad de Oceanside para producir un suministro local de agua potable confiable y resiliente a la sequía a partir de agua reciclada purificada. El proyecto es la primera planta avanzada de purificación de agua en operación en el condado de San Diego y uno de los primeros proyectos avanzados de reúso potable en el Estado de California, después de proyectos previos en Orange County, Los Ángeles, Monterey y Santa Clara.

Una vez completado en su totalidad, se espera que Pure Water Oceanside proporcione aproximadamente 30–32% del suministro anual de agua potable de Oceanside, reduciendo sustancialmente la dependencia del agua importada del río Colorado y del norte de California. Actualmente, Pure Water está diseñado con capacidad para cubrir 20% de las necesidades de recursos hídricos de la Ciudad.

Cronograma

Hito	Fecha
Estudios de factibilidad concluidos	Antes de 2017
Ingeniería, permisos y revisión ambiental	2017–2019
Diseño y construcción	2018–2022
Préstamo WIFIA de la EPA aprobado	Septiembre de 2020
La Planta Avanzada de Purificación de Agua inició operaciones	Diciembre de 2021

Costo

Costo total del proyecto: \$71 millones

Financiamiento

- \$24.64 millones del programa WaterSMART Title XVI Water Reclamation and Reuse del Bureau of Reclamation
- El préstamo WIFIA de la EPA de Estados Unidos ascendió a aproximadamente \$69 millones, con una tasa de interés de 1.20%. Se proyecta que este financiamiento de bajo interés ahorre a los usuarios de Oceanside aproximadamente \$24 millones en comparación con el financiamiento municipal convencional.
- Cargos a usuarios y cuotas de desarrollo
- MWD Local Resource Fund
- \$7.7 millones de North San Diego Water Reuse Coalition

Apéndice D

Ficha informativa de Pure Water Oceanside

Especificaciones clave del proyecto

- Capacidad de tratamiento: 4.5 millones de galones por día (MGD) de agua purificada avanzada
- Expansión futura: expansión planeada a 6 MGD
- Contribución al suministro de agua: aproximadamente 30–32% de la demanda anual de agua potable de Oceanside después de concluir la fase 2.
- Población atendida: aproximadamente 180,000 habitantes[2]
- Fuente de agua: agua reciclada altamente tratada proveniente de la Planta de Recuperación de Agua San Luis Rey
- Proceso de tratamiento:
 - Ultrafiltración
 - Ósmosis inversa
 - Oxidación avanzada con luz ultravioleta (UV)
 - Estabilización mineral
 - Recarga de agua subterránea mediante pozos de inyección en el acuífero Mission Basin
 - Extracción posterior y tratamiento final en la Planta de Purificación de Agua Subterránea Mission Basin antes de su distribución como agua potable
- Recarga de agua subterránea: tres pozos de inyección recargan el acuífero Mission Basin, mejorando tanto la cantidad como la calidad del agua subterránea y ayudando a prevenir la intrusión salina.

Beneficios del proyecto

- Proporciona un suministro local de agua potable resistente a la sequía
- Reduce la dependencia del agua importada del río Colorado y del norte de California
- Mejora la sostenibilidad de largo plazo del acuífero Mission Basin
- Reduce las descargas de aguas residuales tratadas al océano Pacífico
- Produce agua potable con costos energéticos y de ciclo de vida sustancialmente menores que la desalinización de agua de mar
- Fortalece la resiliencia comunitaria frente a la sequía, el cambio climático y las interrupciones en el suministro de agua importada
- Generó aproximadamente 622 empleos de construcción y relacionados durante su desarrollo

[2] Oceanside se está preparando para incorporar 45,000 residentes adicionales para 2050, proyección que se encuentra reflejada en el plan general de la ciudad. Fuente: "Oceanside expects big population jump: Updated general plan anticipates adding 45K residents by year 2050," San Diego Union-Tribune, 28 de junio de 2026.



Acerca del Institute of the Americas

El Instituto de las Américas (IOA) es una organización sin fines de lucro, independiente y apartidista, cuya misión es ser un catalizador para promover el desarrollo económico y la integración, enfatizando el papel del sector privado, como un medio para mejorar el bienestar económico y social de los pueblos de las Américas. Fundado en 1981 por el Embajador Theodore E. Gildred, y ubicado en el campus de la Universidad de California, San Diego, el IOA actúa como un catalizador para el cambio positivo, enfocándose en el sector privado para fomentar reformas económicas y sociales, una mayor colaboración y relaciones políticas y económicas sólidas entre América Latina, el Caribe, Estados Unidos y Canadá en las áreas de energía, medio ambiente y desarrollo económico.

www.iamericas.org