



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS
ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE LA FRONTERA NORTE A NIVEL GRAN VISIÓN

CILA-JUA-LPN-6-2020

T I J U A N A
B A J A C A L I F O R N I A

INFORME ESPECIAL

Agosto, 2021





COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| Resumen | 5 |
| 1 Diagnóstico del sistema de saneamiento. | 8 |
| 1.1 Recopilación y análisis de la información..... | 9 |
| 1.1.1 Sistema principal de alcantarillado. | 10 |
| 1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales. | 24 |
| 1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada..... | 31 |
| 1.1.4 Generalidades. | 35 |
| 1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento..... | 43 |
| 1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo)..... | 43 |
| 1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación. | 56 |
| 1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra. | 57 |
| 1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final. | 57 |
| 1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento..... | 66 |
| 1.2.6 Capacidades financieras del organismo. | 66 |
| 2 El déficit de saneamiento en la región..... | 68 |
| 2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura. | 68 |
| 2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales. | 68 |
| 2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales. | 69 |
| 2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales..... | 73 |
| 2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales..... | 77 |
| 2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento..... | 78 |
| 2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso. | 79 |
| 2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento..... | 82 |
| 2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil..... | 82 |
| 2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada..... | 86 |
| 2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR..... | 94 |
| 2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general..... | 98 |
| 2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos). | 111 |
| 2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento..... | 112 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | |
|-------|---|-----|
| 3 | Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región. | 114 |
| 3.1 | Planteamiento de alternativas. | 114 |
| 3.1.1 | Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción..... | 114 |
| 3.1.2 | Alternativas para plantas de bombeo principales..... | 132 |
| 3.1.3 | Alternativas para plantas de tratamiento. | 140 |
| 3.1.4 | Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación. | 147 |
| 3.2 | Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia. | 149 |
| 3.2.1 | Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción..... | 150 |
| 3.2.2 | Alternativas para plantas de bombeo principales..... | 155 |
| 3.2.3 | Alternativas para plantas de tratamiento. | 157 |
| 3.2.4 | Alternativas para infraestructura para el reúso de agua. | 163 |
| 3.2.5 | Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación. | 164 |
| 3.3 | Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas..... | 168 |
| 3.3.1 | Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción..... | 168 |
| 3.3.2 | Alternativas para plantas de bombeo principales..... | 179 |
| 3.3.3 | Alternativas para plantas de tratamiento. | 184 |
| 3.3.4 | Alternativas para infraestructura para el reúso de agua. | 185 |
| 3.3.5 | Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación. | 187 |
| 3.4 | Selección de las alternativas más convenientes. | 189 |
| 3.5 | Integración de la cartera de acciones y proyectos..... | 192 |
| 3.5.1 | Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción. 192 | |
| 3.5.2 | Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales. | 192 |
| 3.5.3 | Acciones y proyectos para plantas de tratamiento..... | 193 |
| 3.5.4 | Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua..... | 193 |
| 3.5.5 | Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación. .. | 193 |
| 4 | Organización y alternativas de financiamiento..... | 197 |
| 4.1 | Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento. | 197 |
| 4.1.1 | Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos..... | 197 |
| 4.1.2 | Planteamiento de opciones de organización para la ejecución..... | 199 |
| 4.1.3 | Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento. | 200 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2 | Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos. | 200 |
| 4.2.1 | Identificación de riesgos (construcción de matriz). | 200 |
| 4.2.2 | Evaluación de riesgos. | 202 |
| 4.2.3 | Propuesta de mecanismos de mitigación. | 204 |
| | Bibliografía..... | 205 |
| | Acrónimos..... | 208 |
| | Índice de tablas..... | 209 |
| | Índice de ilustraciones..... | 215 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Resumen

El origen, desarrollo y consolidación de Tijuana ha estado estrechamente ligado a la vecindad con California, EE. UU.; en este contexto se ha signado una serie de actas, a través de la Comisión Internacional de Límites y Aguas, para atender problemas comunes. Tijuana está asentada en la parte norte de la cuenca del río Tijuana, y es precisamente en la parte más baja de la ciudad donde se fundó la ciudad y, con el crecimiento que se dio a su alrededor con el paso del tiempo, hoy esta cuenca genera la mayor parte del agua negra del municipio.

En el marco de los acuerdos del Acta 294 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA), que identifica la necesidad de atender los problemas de saneamiento de las comunidades fronterizas de México, mediante proyectos de infraestructura y tratamiento de aguas residuales, se realiza este Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran Visión para Tijuana, BC.

La metrópoli de Tijuana, en el estado de Baja California, constituye la cuarta zona más poblada del país, donde se origina una gran interacción social por el flujo migratorio que recibe y por la dinámica económica que genera la vecindad con uno de los estados más fuertes de Estados Unidos. El crecimiento demográfico en Tijuana dejó de ser tan explosivo como hace dos décadas; sin embargo, no se detiene y los asentamientos en la periferia siguen creciendo, a la vez que se consolida el crecimiento vertical, tanto para servicios como habitacionales. En ese contexto de retos, de una demanda creciente de servicios públicos urbanos, que soporten el sano desarrollo de la población y garanticen el crecimiento de los sectores productivos, es que el saneamiento se ha visto rebasado en los últimos diez años, generando problemas al medio ambiente y a la salud de la comunidad de ambos lados de la frontera.

La Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) es el organismo encargado de brindar los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y saneamiento a los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito, los cuales albergan a 2,054,341 habitantes (diciembre de 2019). Proporciona una cobertura de agua potable del 97 %, y del 76 % en alcantarillado sanitario. El flujo de agua residual captada es de 2,806.5 litros por segundo (lps) en 2019, de la cual se trata el 94 % en las 18 plantas de tratamiento de aguas residuales con que cuenta, incluyendo la planta internacional de tratamiento de aguas residuales (PITAR).

En atención a ello se plantea este estudio, donde se realiza un diagnóstico pormenorizado de la situación que guarda el sistema de saneamiento a la luz de los compromisos binacionales signados a través de las actas de la CILA. Posteriormente se revisa la capacidad de diseño para la demanda actual y futura, orientado a determinar las necesidades de infraestructura con un horizonte al 2050. A partir de ahí se propone una serie de alternativas de cara a la demanda futura, que se evalúan y ponderan para obtener una cartera de acciones y proyectos viables.

En el segundo capítulo se analizan y contrastan la capacidad instalada y operativa y los requerimientos de esta para atender la demanda actual y futura. Los colectores principales con potencial impacto directo de escurrimientos hacia Estados Unidos de América cuentan con capacidad suficiente para conducir los flujos estimados al año 2050, a excepción de algunos tramos



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

del colector Alamar; sin embargo, varios de estos presentan desgaste y deterioro de sus paredes. Más que capacidad de conducción, el término de la vida útil de estas redes hace latente el incumplimiento del Acta 283. Por otro lado, la capacidad de diseño de la PB CILA está limitada por la capacidad de la obra de toma, elemento fundamental para el manejo de los escurrimientos al río Tijuana; la PB 1B tiene capacidad de 2200 lps, el sistema de alejamiento sólo permite un gasto de 1650 lps; la inadecuada operación de las PB Matadero, Laureles I y II y PB 1A viola los acuerdos derivados de las Actas 270, 283 y 298. Asimismo, hay un incumplimiento de lo establecido en el Acta 270 por la inoperatividad de la PTAR SAB, como también de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Esto último ratificado en el Acta 298 de la CILA. Adicionalmente a los proyectos analizados, que tienen un impacto transfronterizo directo, se identifica una serie de proyectos que refuerzan el sistema de saneamiento y los denominamos secundarios, que en conjunto lograrían un saneamiento integral de esta zona fronteriza.

En el tercer capítulo se identifican alternativas para atender la demanda futura de saneamiento, considerando las recomendaciones planteadas por la CILA, el organismo operador y entidades del Gobierno de Baja California; en general las obras tienen en común evitar el impacto directo transfronterizo, así como el que pudiera generarse a lo largo de la costa Bajacaliforniana por las eventuales corrientes marinas con dirección norte. Posteriormente se dimensionan las alternativas, atendiendo lo dispuesto por las normas vigentes en el país, incluyendo, además, criterios de resiliencia para buscar que la infraestructura pueda soportar eventos extraordinarios. Con base en los diseños conceptuales para resolver cada problema específico, se plantean presupuestos a partir de precios índice, a efecto de evaluar económicamente cada alternativa propuesta. En los análisis, además de los montos de inversión, se consideran montos para la operación, mantenimiento y reposición de equipo, que es un tema del que han adolecido los sistemas en los últimos años, de forma tal que se brinda una herramienta muy útil para la toma de decisiones. Aunado a ello, para la selección de las alternativas se propone considerar diversos aspectos (incluidos el técnico y económico) a través de una metodología para evaluar los proyectos, donde se considera la ejecución de la obra, la operación del proyecto, su impacto ambiental, el factor económico y su nivel de resiliencia. Finalmente, se presenta una cartera de 44 acciones y proyectos para atender la demanda de saneamiento en Tijuana en el inmediato y mediano plazos, por un total de 4,960 millones de pesos (mdp); y una cartera de 292 proyectos a ejecutarse en el mediano y largo plazos por 9,595 mdp. En conjunto, las necesidades de infraestructura de saneamiento al año 2050 suman 14,555 mdp.

Como ya se mencionó, en este documento analiza la situación del saneamiento en Tijuana y los retos, capacidades e instrumentos con que cuenta para hacerles frente. Para el éxito del programa se desarrolla un capítulo donde se proponen alternativas de financiamiento con el soporte de un marco jurídico robusto. A partir de todo ello se contará con información suficiente para integrar la documentación pertinente para el registro de este programa y sus acciones ante la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El desarrollo de este programa en todas sus etapas, así como su implementación, sólo será posible con el probado liderazgo de la CILA, para hacer concurrir a los sectores involucrados en la problemática y solución del saneamiento fronterizo, tanto el sector público, el social y el académico.

Tabla 1 Resumen de problemática, solución e inversión, Tijuana, BC.

| | |
|---------------------|---|
| Problemática | <p>La ciudad cuenta con más de 3,822 km de redes principales de alcantarillado sanitario (colectores y subcolectores), de las cuales el 57 por ciento son de concreto y presentan algún tipo de desgaste severo y sus fallas recurrentes o extraordinarias pueden derivar en escurrimientos hacia el río Tijuana.</p> <p>Los cárcamos de bombeo representan la primera defensa del sistema para evitar los flujos transfronterizos y los que se encuentran en la parte baja de la cuenca del río Tijuana se encuentran en estado crítico.</p> <p>La PTAR SAB de importancia binacional (Actas 270 y 298) se encuentra fuera de operación.</p> <p>Los manuales de operación de los sistemas de alcantarillado, bombeo y tratamiento están desactualizados.</p> <p>La descarga de agua tratada de las PTAR dentro de la cuenca del río Tijuana representa un costo para su traslado a la costa del Pacífico y, la mezcla con aguas negras para su disposición en la playa origina malos olores y contaminación. En tanto que las PTAR costeras disponen su efluente en arroyos generando problemas de encharcamiento y contaminación en su paso.</p> <p>Finalmente, se identifica un organismo operador con limitado margen financiero para hacer frente al reto del saneamiento.</p> |
| Solución | <p>Se propone la rehabilitación de la red de colectores con vida útil mayor a 50 años, ampliar la red de alcantarillado sanitario para atender a la población que carece del servicio, la rehabilitación de las líneas de alcantarillado que ayudará a reducir la infiltración potencial de aguas pluviales y/o freáticas al alcantarillado, reduciendo de forma importante los volúmenes de agua que reciben las PTAR., asimismo, se reduce la infiltración potencial de aguas residuales crudas a suelos y mantos freáticos, el proyecto ayudará a reducir la sobresaturación de líneas de alcantarillado y derrames de agua residual al río Tijuana, ocasionado por tuberías obstruidas y que presentan fugas.</p> <p>Entre las soluciones con mayor relevancia se encuentra la construcción de un cárcamo de bombeo para recolectar las aguas residuales generadas en cuenca del Cañón de Sainz con una línea de impulsión que envíe las aguas recolectadas la PTAR Arturo Herrera para dar solución a la problemática de la capacidad y tratamiento de aguas residuales de la PTAR SAB.</p> <p>Para darle solución a los escurrimientos de los Fraccionamientos Los Valles y Palma Real, se propone la construcción de un emisor a gravedad que conduzca estas aguas a la PTAR Natura I.</p> <p>Uno de los proyectos estratégicos que se plantea es la construcción de una línea de conducción a gravedad con una nueva obra toma del río Tijuana, misma que conducirá las aguas a gravedad hasta la línea de impulsión de la PB-CILA, para llegar hasta la estación de bombeo número 1 (PB1-A), esta sería una obra de defensa adicional a la existente, por lo que se minimiza la posibilidad de cruces transfronterizos de aguas.</p> <p>Para los escurrimientos de aguas residuales al vaso de la presa Abelardo L. Rodríguez se propone como solución definitiva la construcción de colector que permita sacar las aguas de la subcuenca e incorporarlas a gravedad a la PTAR José Arturo Herrera Solís, Para evitar la contaminación que produce la descarga de la PTAR SAB se requiere de su rehabilitación y ampliación.</p> |
| Inversión | <p>Se requiere de una inversión total de 14,554.87 mdp para llevar a cabo 336 acciones de las cuales 75 atenderán la problemática en colectores y emisores con una inversión de 7,643.1 mdp, 17 para plantas de bombeo y rebombeo con una inversión de 570.39 mdp, 7 para plantas de tratamiento con una inversión de 1,065.7 mdp, 1 acción de sistema de reúso de agua tratada con una inversión de 1,542 mdp y por último 236 acciones de infraestructura complementaria con una inversión de 3,733.6 mdp.</p> |

Elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1 Diagnóstico del sistema de saneamiento.

El municipio de Tijuana se localiza al noroeste del estado de Baja California; cuenta con una extensión de 1,239.49 Km², que representan el 1.57 % de la superficie estatal. Se ubica con las coordenadas geográficas extremas: al norte 32 o 34', al sur 32 o 04', de latitud norte; al este 116 o 31', y al oeste 117o 07' de longitud oeste.

Ilustración 1. Localización geográfica del municipio de Tijuana.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

Hidrológicamente, el municipio de Tijuana se ubica dentro de la Región RH-1 Baja California Noroeste (Ensenada), en la cuenca del río Tijuana-Arroyo de Maneadero. De acuerdo con la regionalización Hidrológico-Administrativa de la CONAGUA, este municipio pertenece a la Región Administrativa I, denominada península de Baja California.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 2. Regiones Hidrológico-Administrativas.



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

1.1 Recopilación y análisis de la información.

Este informe, como parte de la Formulación del Programa de Saneamiento de las Frontera Norte a Nivel de Gran Visión, contiene información que fue recopilada y analizada de los documentos que se enlistan a continuación:

Nacionales (Gobierno de la República, SEMARNAT y CONAGUA).

- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
- Programa Nacional Hídrico 2020-2025.
- Programa Hídrico Regional Visión 2030 de la Región Hidrológico-Administrativa I Península de Baja California.
- Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2019.
- Normas Oficiales Mexicanas: NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.

Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA).

- Informe de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de las Poblaciones Mexicanas en la Frontera Mex/EUA 2017. CILA.
- Actas 222, 270, 283, 294, 298 y 320 de la CILA.

Gobierno del Estado de Baja California.

- Programa Hídrico del Estado de Baja California visión 2035.
- Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2020-2024.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California - Publicado en el Periódico Oficial No. 26, Tomo CI, Sección I, de fecha 24 de junio de 1994 (Última reforma P. O. No. 67, Secc. VIII, 31-Dic-2019).
- Ley que reglamenta el servicio de agua potable en el estado de Baja California - Publicada en Periódico Oficial No. 4, Número Especial, de fecha 19 de enero de 2017, Tomo CXXIV (Última Reforma P.O. No. 25, NÚMERO ESPECIAL, 12-May-2020).

1.1.1 Sistema principal de alcantarillado.

Estos sistemas son los encargados de recolectar las aguas residuales originadas por la actividad de la población, para ser conducidas y tratadas y evitar efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública. Generalmente se clasifican en redes de atarjeas, subcolectores, colectores, plantas de bombeo, emisores y plantas de tratamiento.

1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario.

La cuenca del río Tijuana abarca un área de 4430 km², de la cual aproximadamente dos tercios se encuentran en México y un tercio en Estados Unidos, y se ubica en los estados de Baja California y California. La porción mexicana de la cuenca está en su mayoría en los municipios de Tecate y Tijuana y una pequeña parte dentro del municipio de Ensenada; en el lado estadounidense, una gran parte se encuentra bajo la jurisdicción del condado de San Diego, y una pequeña sección en San Ysidro e Imperial Beach.

La cuenca del río Tijuana está constituida por 27 subcuencas donde se genera el mayor volumen de agua residual, que drena al río del mismo nombre y de forma natural confluye al estuario del río Tijuana en EE. UU.; sin embargo, existen varias obras que permiten la intercepción de los flujos de aguas residuales en territorio mexicano, para su posterior conducción a la planta de tratamiento de aguas residuales de San Antonio de Los Buenos (PTAR SAB).

Asimismo, en territorio estadounidense se ubican obras que interceptan corrientes de aguas residual, que tienen como origen la sección sur de la cuenca, entre las que se encuentran la planta internacional de tratamiento de aguas residuales (PITAR), la cual da tratamiento a 1100 lps; este efluente es descargado al océano Pacífico por medio de un emisor submarino de 5.6 km de longitud; de igual manera se encuentran los cárcamos de bombeo Goat Canyon (438 lps) y Hollister (920 lps), los cuales entran en operación cuando se presentan derrames o escurrimientos de aguas residuales; estos cárcamos bombean hacia la PITAR.

La otra parte se encuentra en el sistema de saneamiento, denominado Costero, que está constituido por nueve subcuencas, ocho de las cuales se comparten con el municipio de Playas de Rosarito; el agua residual generada en esta zona es tratada antes de su descarga al mar en las PTAR San Antonio del Mar, Villas del Prado, Las Maravillas, Natura I, Natura II, Rosarito I, Rosarito Norte, Puerto Nuevo y Vista Marina, las cinco primeras se ubican en el municipio de Tijuana y el resto en Playas de Rosarito. El volumen producido en esta zona es considerablemente menor; sin embargo, dada la importancia del cuerpo receptor es significativa su atención.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Las tablas siguientes muestran las cuencas de aportación de cada sistema, que los conduce hacia las diferentes PTAR.

Tabla 2. Subcuencas de aportación del sistema de alcantarillado del río Tijuana.

| No. de la Cuenca | Nombre de la cuenca | No. de la Cuenca | Nombre de la cuenca |
|------------------|-------------------------|------------------|---------------------|
| 1 | Matanuco Norte | 14 | La Pechuga |
| 1a | Matanuco Sur | 15 | Agua Caliente |
| 2 | El Florido | 16 | Aguaje de la Tuna |
| 3 | El Sainz | 17 | Pastejé o Aviación |
| 4 | México Lindo | 18 | Emiliano Zapata |
| 5 | Cerro Colorado | 19 | Sistema Centro |
| 6 | Guaycura presidentes | 20 | Cañón del Sol |
| 7 | El Gato Bronco | 21 | El Matadero |
| 8 | La Mesa | 22 | Valle de las Palmas |
| 9 | Sánchez Taboada | 23 | Playas Norte |
| 10 | Sistema Álamos | 24 | Playas Sur |
| 11 | Camino Verde | 30 | Cueros de Venado |
| 12 | Tributarios Alamar izq. | 31 | Los Laureles |
| 13 | Tributario Alamar der. | | |

Fuente: CESPT, Plan Hídrico.

Tabla 3. Subcuencas de aportación del sistema de alcantarillado de la zona costa.

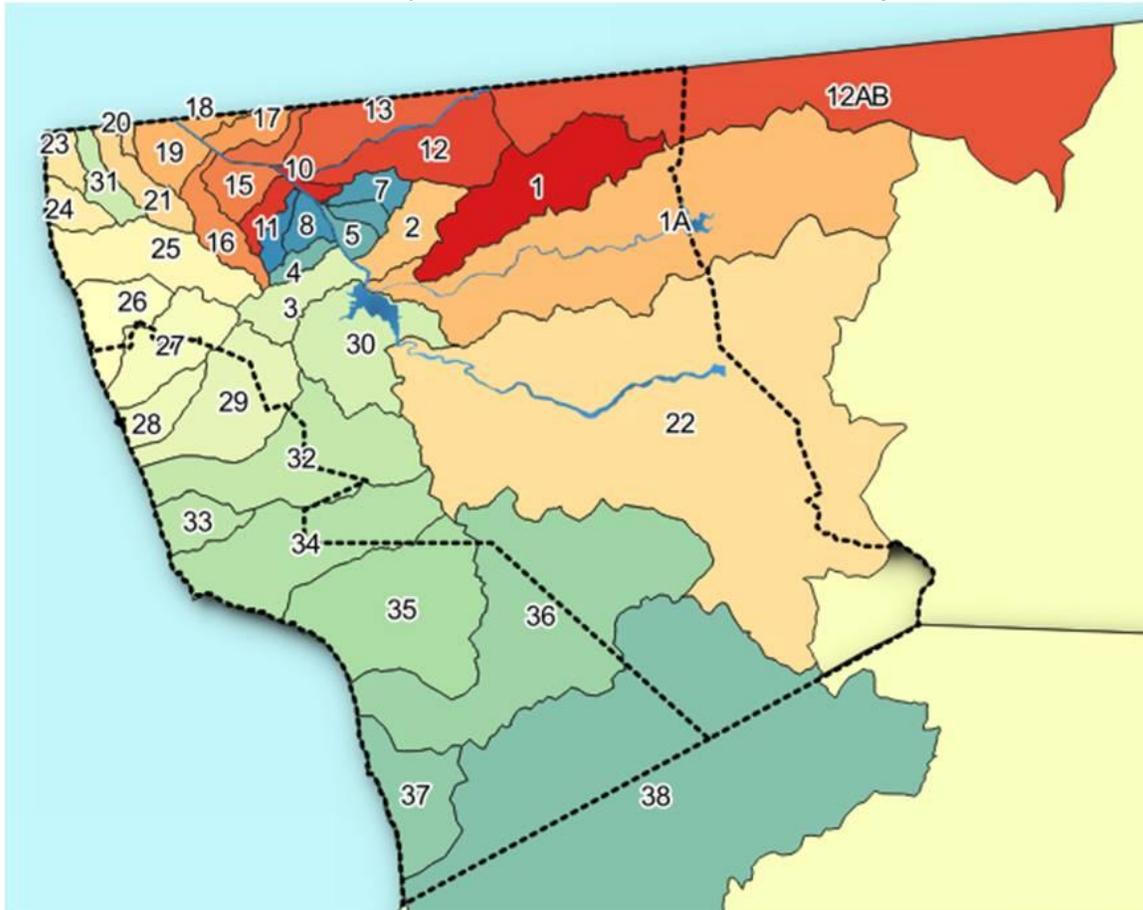
| No. de la cuenca | Nombre de la cuenca |
|------------------|---------------------------|
| 25 | San Antonio de los Buenos |
| 26 | San Antonio del Mar |
| 27 | Plan Libertador |
| 28 | Guaguatay |
| 29 | Rosarito |
| 32 | Rosarito Sur |
| 33 | Playa Encantada |
| 34 | El Morro |
| 35 | El Paraíso |
| 36 | El Descanso |
| 37 | Mesa del Descanso |
| 38 | La Misión |

Fuente: CESPT, Plan Hídrico.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 3. Plano de subcuencas de aportación del sistema de alcantarillado de Tijuana



Fuente: elaboración propia.

El sistema de alcantarillado tiene una longitud de más de 3822 km, con diámetros que varían de 20 hasta 183 cm. A partir de los noventa se empezaron a utilizar tuberías de PVC; sin embargo, las redes construidas previamente, de concreto simple, presentan serios problemas de corrosión y azolve por rebasar su vida útil, particularmente en la zona central de Tijuana, donde algunas redes tienen más de 50 años de uso.

La existencia de tubería que ha rebasado su vida útil representa el problema más serio del alcantarillado sanitario, ya que constituye un riesgo de salud pública, al ocasionar fugas y derrames que contaminan el agua, el suelo y el medio ambiente, y coadyuvan al hundimiento de terrenos por colapso de tuberías.

La expansión urbana de Tijuana no se ha visto acompañada por un crecimiento igual en la dotación de servicios básicos como agua potable y alcantarillado sanitario; asimismo, la urbanización ha reducido las áreas naturales de infiltración, que repercute en los tiempos de concentración de los escurrimientos que generan las lluvias mayores, debido al incremento de las superficies ocupadas por construcciones y vialidades pavimentadas, ocasionando avenidas de tránsito rápido, que



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

descienden súbitamente por las cuestas lisas de las vialidades, ocasionando acumulaciones excesivas de agua en las partes bajas.

Respecto al sistema de drenaje pluvial, este es muy reducido y funciona de manera deficiente; donde no existe se conectan las alcantarillas o bocas de tormenta al sistema de drenaje sanitario, provocando en época de lluvias severos problemas en la red, ya que se azolvan las tuberías y el mantenimiento que se requiere supera la capacidad de respuesta del organismo operador.

La Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) se encarga de la operación y gestión de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento de su municipio¹. Tijuana presenta una cobertura del servicio de agua potable (AP) del 99.1 % y de alcantarillado sanitario (AS) del 90.3 %. Los principales indicadores de gestión del organismo operador, a diciembre del 2019, se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4. Indicadores de gestión de Tijuana y Playas de Rosarito.

| Indicador | Tijuana | Playas de Rosarito |
|---|-----------|--------------------|
| Población | 1,933,249 | 121,092 |
| Número de cuentas domésticas de AP | 589,716 | 38,614 |
| Población beneficiada con el servicio de AP | 1,916,577 | 115,842 |
| Cobertura del servicio de AP | 99.1 % | 95.8 % |
| Número de descargas domésticas de AS | 537,109 | 24,510 |
| Población beneficiada con AS | 1,745,604 | 74,314 |
| Cobertura del AS | 90.3 % | 61.5 % |

Fuente: Indicadores de gestión CESPT.

1.1.1.2 Red primaria de alcantarillado (colectores, subcolectores y emisores).

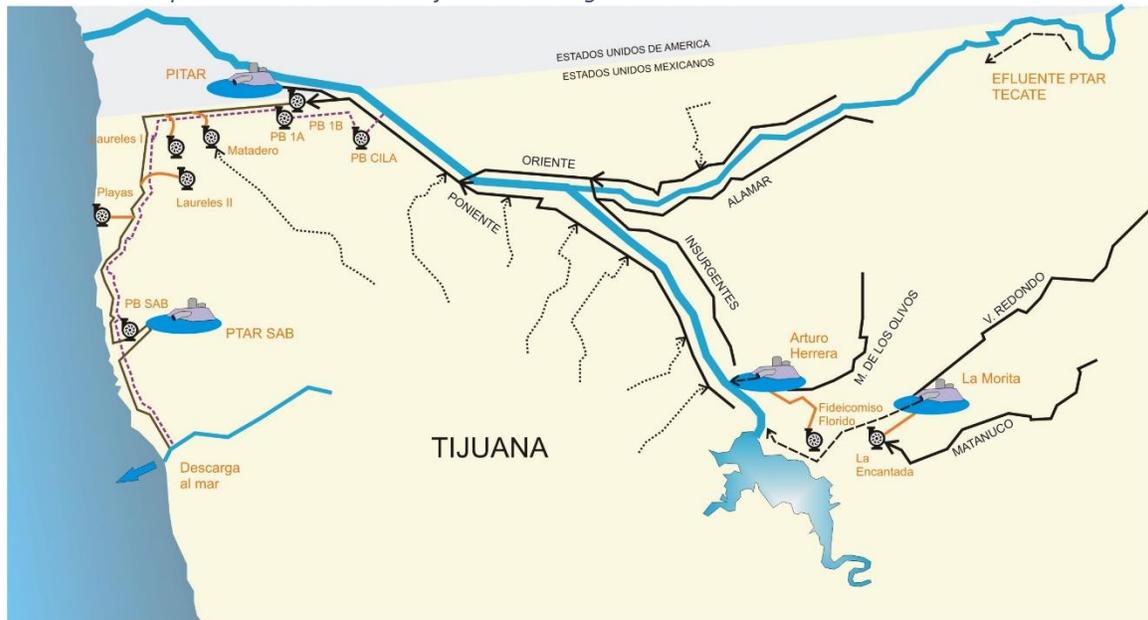
Como se ha mencionado anteriormente, la topografía de la zona ocasiona que la mayor parte del agua residual fluya hacia el río Tijuana; su control es distinto durante la época de estiaje y de lluvias con las obras realizadas en el 2009, que contemplaron la construcción de un nuevo emisor y la rehabilitación de la planta de bombeo PB1-A, por lo que ahora es posible bombear de la PB CILA a la planta PB1-A; esta agua proviene de los efluentes de las PTAR Arturo Herrera, La Morita, las aportaciones del río Alamar (que recibe efluente de la PTAR de Tecate) y las aportaciones del manto freático que descargan al río Tijuana y llegan a la PB CILA, sin tener que mezclarlas con el agua residual cruda que conduce el interceptor Internacional, proveniente de los colectores oriente y poniente. En la siguiente ilustración se muestra un esquema del sistema de alejamiento de aguas residuales.

¹ La CESPT también brinda servicios al municipio de Playas de Rosarito, BC, de acuerdo con el Decreto No. 44 de 1966.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 4. Esquema del sistema de alejamiento de aguas residuales.



Fuente: elaboración propia.

En la ilustración anterior se observa que el agua tratada, vertida al río Tijuana, es bombeada por la planta CILA a la planta PB1-A, para posteriormente ser bombeada por el emisor antiguo para descargar aguas abajo de la PTAR SAB hacia el océano Pacífico, aproximadamente a 10 km al sur de la línea fronteriza, mientras que el caudal de agua residual cruda es conducida por los colectores poniente y oriente (marginales al río Tijuana), hasta el colector internacional, el cual conduce las aguas por gravedad hasta la PB1-B, donde se bombea por el nuevo emisor hasta el sitio de cambio de régimen, para luego llegar por gravedad a la PTAR SAB y ser tratada para su posterior descarga al océano Pacífico.

Por otro lado, durante los períodos de lluvia la estación de bombeo, denominada PB-CILA deja de operar, siempre y cuando el caudal del río rebase 1000 lps, permitiendo el paso del agua en forma natural por el río hacia Estados Unidos.

Debido a la naturaleza del río Tijuana, gran parte de la planeación, construcción y operación de la infraestructura de saneamiento de Tijuana se enmarca en un contexto internacional que presenta grandes retos y oportunidades. Los Gobiernos de México y de Estados Unidos, a través de sus respectivas secciones de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILYA), han suscrito una serie de actas relacionadas con el manejo de las aguas residuales en el área de Tijuana-San Diego; dichas actas promueven la cooperación entre ambos países para el manejo de este recurso y abren la posibilidad para el intercambio de información, tecnología, e incluso financiamiento.

La red de colectores y subcolectores, que conforman el sistema de alcantarillado, está constituida por tuberías de concreto simple, concreto reforzado y polietileno, con diámetros que van desde 30 hasta 152 cm; funciona como un sistema combinado, que capta y conduce los caudales, tanto de las aguas residuales como las pluviales en época de lluvias.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Dado los compromisos de cooperación entre México y Estados Unidos, Tijuana cuenta con una infraestructura de conducción y alejamiento de las aguas residuales hasta las PTAR. A la vez se tiene implementado un programa denominado Cero descargas, que tiene como principal objetivo eliminar cualquier escurrimiento producido (sobre los cauces naturales) por el sistema de alcantarillado público para no contaminar la ribera del río Tijuana.

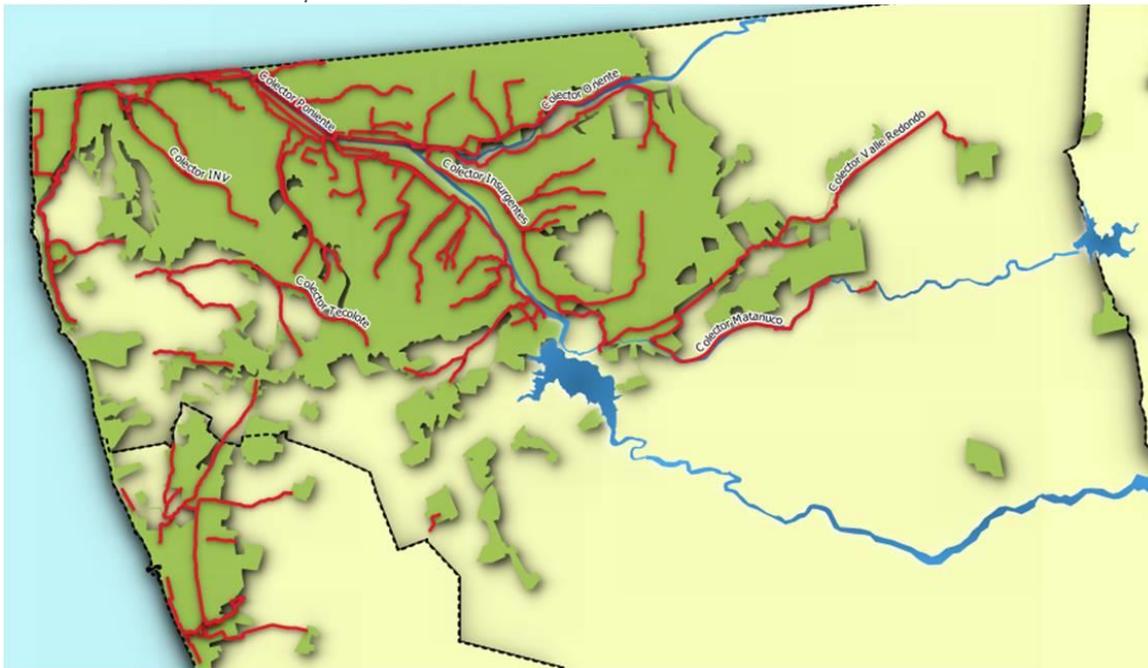
Una de las razones de los mencionados derrames que llegan a los cauces son los taponamientos en los subcolectores y colectores, causados en parte por los colapsos que obstaculizan el flujo de agua y derivan en derrames por los pozos de visita, situación que se agudiza en la infraestructura que ha rebasado su vida útil.

Tabla 5. Principales colectores y subcolectores

| No. | Nombre | Longitud (m) | Diámetros (cm) | Material | Fecha de construcción |
|-----|----------------------|--------------|------------------------------------|---------------|-----------------------|
| 1 | Oriente | 14,773 | 53, 61, 76, 91, 107, 122, 183 | PVC, Concreto | 1992 |
| 2 | Poniente | 20,662 | 30, 38, 45, 76, 91, 107, 122, 183, | PVC, Concreto | 1991 |
| 3 | Emiliano Zapata | 3,776 | 20, 38, 45, 61 | PVC, Acero | 1990 |
| 4 | Pastejé | 3,233 | 38, 45 | PVC | 1992 |
| 5 | Volcán de Toluca | 1,046 | 30 | PVC | 1990 |
| 6 | Tecnológico | 2,656 | 30, 38 | PVC | 1990 |
| 7 | Garita | 2,205 | 30, 38 | PVC | 1993 |
| 8 | Industrial | 3,800 | 30, 38, 45, 76, 91 | PVC | 1987 |
| 9 | Ensenada | 5,50 | 25, 38, 45 | PVC, Concreto | 1991 |
| 10 | Lomas Campestre | 1,396 | 38, 53, 61 | PVC, Concreto | 1990 |
| 11 | Fuentes | 433 | 91 | Concreto | 1989 |
| 12 | Libramiento Oriente | 1,749 | 45 | PVC | 1993 |
| 13 | Rosario | 2,992 | 38, 45, 61 | Concreto | 1988 |
| 14 | Ferrocarril | 7,854 | 20, 25, 30, 38 | PVC | 1991 |
| 15 | Reyes | 1,256 | 30, 38, 45 | PVC | 1990 |
| 16 | INV | 2,569 | 25, 30, 38, 45 | PVC, Concreto | 1990 |
| 17 | INV | 5,643 | 45, 61, 91 | PVC, Concreto | 1990 |
| 18 | La Gloria | 8,103 | 30, 45, 61 | PVC | 1991 |
| 19 | Tecolote | 910 | 45, | PVC | 1991 |
| 20 | Insurgentes | 7,893 | 61, 76, 91, 107, 122, 152 | Concreto | 1992 |
| 21 | Alamar | 6,031 | 61, 76, 91, 107, | PVC | 1992 |
| 22 | Matamoros | 4,539 | 38, 45, 61 | PVC | 1993 |
| 23 | Guaycura-Presidentes | 1,320 | 30, 45, 61 | PVC | 1993 |
| 24 | Ibero(UIA) | 546 | 20, 25 | PVC | 1990 |
| 25 | Monte de Olivos | 7,436 | 25, 30, 38, 45, 61, 76, 91 | PVC | 1998 |
| 26 | Solidaridad | 1,725 | 30, 38 | PVC | 1998 |

Fuente: CESPT.

Ilustración 5. Plano de la red primaria de alcantarillado sanitario.



Fuente: elaboración propia.

1.1.1.3 Sitios de descarga y disposición final.

La descarga de aguas residuales es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales; en México, las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales (abastecimiento público) y no municipales (otros usos como la industria autoabastecida). Los puntos de las descargas de las aguas residuales tratadas se ubican normalmente en los alrededores del domicilio de cada una de las PTAR, salvo algunas excepciones; sin embargo, en su totalidad el cuerpo receptor final es invariablemente el océano Pacífico. En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de descarga que se encuentran autorizados por la CONAGUA, de acuerdo con la consulta de datos del REPDA².

Tabla 6. Relación de permisos de descarga de PTAR CESPT.

| PTAR | Titular | Título | Fecha de registro | Cuerpo receptor | Volumen descarga/reúso (m ³ /año) | Coordenadas | |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|--|-------------|--------------|
| | | | | | | Latitud | Longitud |
| José Arturo Herrera Solís | CESPT | 01BCA110115/01HMOC09 | 06-ago-10 | Río Tijuana | 14,506,560.00 | 32°27'21.9" | 116°54'39.3" |
| La Morita | CESPT | 01BCA110114/01HMOC09 | 06-ago-10 | Arroyo El Florido Nuevo | 8,010,290.00 | 32°27'22.5" | 116°51'38.4" |
| Tecolote la Gloria | CESPT | 01BCA109954/01HMOC09 | 06-ago-10 | Arroyo San Antonio de Los Buenos | 11,983,680.00 | 32°28'07.1" | 117°05'07.6" |
| Santa Fe | CESPT | 01BCA110298/01HRDA17 | 27-ene-11 | Arroyo San Antonio de Los Buenos | 630.720,0 | 32°27'00.0" | 117°02'49.5" |
| El Prado | Cyd Desarrollos Urbanos, | 01BCA100434/01ERGC08 | 25-jun-08 | Arroyo Guaguayay | 1,303,732.50 17,543.47 | 32°24'18.4" | 116°58'16.7" |
| | | | | | | 32°24'20.0" | 116°58'19.0" |

² <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| PTAR | Titular | Título | Fecha de registro | Cuerpo receptor | Volumen descarga/reúso (m³/año) | Coordenadas | |
|---------------------------|---|----------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| | | | | | | Latitud | Longitud |
| | S.A. De C.V. | | | | | | |
| Rosarito Norte | CESPT | 01BCA109953/01HMOC09 | 06-ago-10 | Costa de Rosarito | 6,622,560.00 | 32°22'52.6" | 117°04'48.6" |
| Hacienda Las Flores | CESPT | 01BCA150172/01HROC13 | 25-ene-13 | Arroyo San Antonio de Los Buenos | 55,501.90 | 32°26'44.7" | 117°1'39.1" |
| Rosarito I | CESPT | 01BCA101978/01HROC07 | 27-jun-97 | Arroyo Guaquatay | 536,185.00 | 32°21'41.0" | 117°01'40.0" |
| Pórticos de San Antonio | CESPT | 01BCA150072/01HRDA15 | 07-sep-12 | Arroyo Aguaje del Cerro | 467,678.15 | 32°26'21.3" | 117°2'34.1" |
| San Antonio de los Buenos | CESPT | 01BCA100301/01HSDA19 | 14-nov-1994 | Costa Tijuana (océano Pacífico) | 47,304,000.00 | 32°26'53.3" | 117°06'26.6" |
| San Pedro | CESPT | 01BCA150791/01HRDA17 | 08-NOV-11 | Arroyo Innominado | 473.040,00 | 32°26'09.2" | 116°40'35.5" |
| Puerto Nuevo | Unión de Restauranteros de Puerto Nuevo, A.C. | 01BCA108065/01ERGR00 | 24-abr-00 | Subsuelo (riego áreas verdes) | 47,304.0 | 32°14'41" 32°14'41" 32°14'27" | 116°55'48" 116°55'46" 116°55'46" |
| Las Maravillas | CESPT | 01BCA150799/01HRDA17 | 08-nov-17 | Arroyo Real del Mar | 1.261.440,00 | 32°26'38.2" | 117°04'25.9" |
| Vista Marina | Inmobiliaria Estatal de Tijuana-Tecate | 01BCA108530/01HRGR01 | 6-agos-01 | Océano Pacífico (costa de Rosarito) | 630.720,00 | 32°14'51.0000" | 116°56'55" |
| Natura I | Ruba Desarrollos, S.A. de C.V. | 01BCA150064/01ERDA17 | 15-jun-12 | Arroyo Innominado | 2.073,60 | 32°22'15.8000" | 116°56'34" |

Fuente: elaboración propia con información CESPT.

1.1.1.4 Sistemas de bombeo principales.

El sistema de alcantarillado sanitario trabaja en su mayor parte por gravedad, a excepción de algunas zonas que por su orografía requieren de sistemas de bombeo para conducir el agua residual hacia un colector principal o a una planta de tratamiento. En la siguiente tabla se muestra la totalidad de los cárcamos que opera la CESPT.

Tabla 7. Cárcamos de bombeo de aguas residuales en operación.

| No. | Nombre | Colonia | Tipo | Elev (m) | Año Const. | Cap (hp) |
|-----|------------------------|------------------------------|-------------|----------|------------|----------|
| 1 | Bahía De Las Palmas | Mirador | Superficial | 124.06 | 1988 | 5 |
| 2 | Calimax | | | | | |
| 3 | Cañón Emiliano Zapata | Libertad | Superficial | 88.924 | 1993 | 50 |
| 4 | Fideicomiso El Florido | Parque Industrial El Florido | Superficial | 105 | 2010 | 250 |
| 5 | Ke Casas | | | | 2012 | |
| 6 | La Encantada | Parque Industrial El Florido | Superficial | 114 | 2010 | 100 |
| 7 | La Pajarita | | | | | |
| 8 | Las Cruces | | | | 2016 | |
| 9 | Lomas De San Antonio | | | | 2017 | |
| 10 | Lomas Verdes | Infonavit Lomas Verdes | Enterrada | 81.641 | 1992 | 2 |
| 11 | Los Laureles I | Cañón Laureles | Superficial | 35.5 | 1993 | 1120 |
| 12 | Los Laureles II | Rancho Las Flores | Superficial | 74 | 2008 | 750 |
| 13 | Los Venados | | | | 2019 | |
| 14 | Marsellas | | | | | |
| 15 | Matamoros | | | | 2016 | |
| 16 | Mirador # 3 | | | | | |
| 17 | Mirador # 1 (P/B) | Mirador | Enterrada | 106.68 | 1975 | 50 |
| 18 | Morelos # 1 | | | | | |
| 19 | Morelos # 2 | | | | | |
| 20 | Papas And Beer | Barbachano Rosarito | Enterrada | 3.628 | 1992 | 5 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre | Colonia | Tipo | Elev (m) | Año Const. | Cap (hp) |
|-----|----------------------------|----------------------|---------------|----------|------------|----------|
| 21 | Pb Cila | Zona centro | Superficial | 17.8 | 1985 | 300 |
| 22 | Pb1-A | Zona norte | Superficial | 35 | 1997 | 16000 |
| 23 | Pb1-B | | | | | |
| 24 | Planta Matadero | Cañón del Matadero | Semienterrada | 54 | 1991 | 1000 |
| 25 | Playas | Playas de Tijuana | Enterrada | 5 | 1975 | 75 |
| 26 | Playas Centro Recreativo | Playas de Tijuana | Enterrada | 13 | 1994 | 10 |
| 27 | Playas Malecón Playas | Playas de Tijuana | Enterrada | 5 | 1996 | 10 |
| 28 | Playas Sedue Playas | Playas de Tijuana | Superficial | | 1899 | 875 |
| 29 | Popotla # 2 | Campo Alegre | Enterrada | 11.6 | | |
| 30 | Popotla # 3 | La Barca | Enterrada | 15 | | 30 |
| 31 | Popotla # 4 | Castillos del Mar | Enterrada | 14.2 | | |
| 32 | Popotla # 4" | Villas de Rosarito | Enterrada | 11.5 | | 10 |
| 33 | Popotla # 5 | Rosarito Shores | Enterrada | 15.4 | | |
| 34 | Puerto Nuevo | Puerto Nuevo | Superficial | 16.417 | | |
| 35 | Punta Bandera | Punta Bandera | Superficial | 105 | 1997 | 1250 |
| 36 | Residencial | Residencial Jardines | Enterrada | 21.79 | 1990 | 3.7 |
| 37 | Rosarito I | Zona centro | Enterrada | 0.935 | 1992 | 150 |
| 38 | Rosarito II | | | | | |
| 39 | SADM # 1 (Bahía) | San Antonio del Mar | Semienterrada | 7.153 | 1997 | 30 |
| 40 | SADM # 2 (Del Mar) | San Antonio del Mar | Enterrada | 5.196 | 1997 | 10 |
| 41 | SADM # 3 (Duna) | San Antonio del Mar | Semienterrada | 17.807 | 1997 | 25 |
| 42 | SADM # 4 (Marejada) | San Antonio del Mar | Semienterrada | 18.414 | 1997 | 25 |
| 43 | San Pedro Norte | Valle de San Pedro | Superficial | 336 | 2008 | 150 |
| 44 | San Pedro Sur | Valle de San Pedro | Superficial | 368 | 2008 | 200 |
| 45 | Santa Mónica # 1 | Santa Mónica | Superficial | 11.583 | | 15 |
| 46 | Santa Mónica # 2 (Cozumel) | Playas Santa Mónica | Superficial | 2.85 | 2008 | 0.5 |
| 47 | Soler | Soler | Enterrada | 122.5 | 1988 | 10 |
| 48 | Villa del Álamo # 1 | | | | | |
| 49 | Villa del Álamo # 2 | | | | | |
| 50 | Villa del Campo # 2 | | | | 2013 | |
| 51 | Villa del Campo # 3 | | | | 2013 | |
| 52 | Villas de La Presa | | | | | |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Los dos principales sistemas de bombeo son CILA y PB1; en conjunto manejan casi en su totalidad el agua residual generada en la ciudad. Dada la importancia de estos cárcamos, se describen al detalle:

PB CILA

La estación de bombeo CILA (PB-CILA) se encuentra localizada aproximadamente a 400 metros de la frontera internacional entre México y EE. UU., y tiene como objetivo el desvío de las aguas del río Tijuana hacia el sistema sanitario de la ciudad de Tijuana. Fue construida en el año de 1991, a fin de cumplir con la Recomendación #16 del Acta 283 de la CILA, denominada "Plan Conceptual para la Solución Internacional al Problema de Saneamiento Fronterizo en San Diego, California/Tijuana Baja California", firmado entre ambos países el 8 de agosto de 1990.

El acuerdo de implementación para la construcción de esta estación de bombeo fue el "Informe Conjunto de los Ingenieros Principales Recomendando Obras Temporalmente Necesarias para Desviar Aguas Residuales Incontroladas que Cruzan la Frontera Internacional en el Canal del Río Tijuana", fechado el 20 de marzo de 1991. Posteriormente, la infraestructura de este sistema



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

defensivo fue entregada formalmente a la CESPT en 1991 para hacerse cargo de su operación y mantenimiento, siendo a partir de entonces una parte integral del sistema de saneamiento de este organismo.

A lo largo de los años la estación de bombeo ha experimentado modificaciones, particularmente entre los años 2009 y 2010 con fondos de la Agencia de Protección al Ambiente de EE.UU. (USEPA, por sus siglas en inglés), y conjuntamente con financiamiento de la COCEF y el BANDAN, se incrementó la capacidad instalada de la planta de bombeo hasta 1500 lps, en anticipo al aumento previsto de los flujos proyectados en tiempo de estiaje, debido al inicio de operaciones de las plantas de tratamiento de aguas residuales La Morita y José Arturo Herrera Solís, así como los flujos provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tecate. Esta modificación a la estación de bombeo CILA se encuentra referida en el Estudio de Evaluación Ambiental realizado por la USEPA en el 2008.

A finales del 2010 fueron puestas en operación las citadas plantas de tratamiento; la descarga promediaba unos 450 lps, entre los años 2012 y 2013, y el río Alamar (tributario del río Tijuana) fue canalizado y revestido de concreto; se considera que los flujos pico en esa porción de la canalización se han incrementado debido a la menor infiltración; de igual manera se ha observado el incremento gradual de las aportaciones de aguas residuales sin tratamiento. El flujo en tiempo de estiaje por el río Tijuana promedió 872 lps durante el año 2019.

En el marco del Acta 320 de la CILA, en la Mesa Binacional de Trabajo de la Calidad del Agua (MBT-CA), propuesto al Grupo Base Binacional (GBB/BCG), fue desarrollado un “Protocolo de Operación y Notificación” para la estación de bombeo PB-CILA, con la meta de asegurar mayor transparencia en su operación, así como proporcionar oportunamente notificación al público.

Actualmente, la única medición de los flujos que cruzan la frontera hacia Estados Unidos es proporcionada por la estación telemétrica que se ubica en el cauce del río en territorio de EE. UU., cercana a la frontera internacional y operada por la sección EU de la CILA (USIBWC). Los datos que proporciona dicho medidor son empleados por dependencias estadounidenses para retroalimentar la información al sistema de observación costera del sur del estado de California (SCCOOS, por sus siglas en inglés), lo cual es una herramienta para modelos (en línea) que desarrolla el Instituto Oceanográfico Scripps para dar seguimiento a las descargas del río Tijuana y del emisor submarino de la PITAR. Dicha información, a su vez, es empleada por el Departamento de Salud Ambiental del condado de San Diego, California, para publicar la situación que guardan las playas. En temporada de lluvias (invernal en la región) las playas por lo regular se mantienen cerradas desde la zona fronteriza con México hasta Imperial Beach, debido a la mezcla de flujos con posibles elementos contaminantes, producto del arrastre urbano e incorporación de aguas residuales.

Para cumplir con su objetivo PB-CILA cuenta con una obra de toma “captura y desvío”, la cual intercepta los flujos de agua y los conduce mediante una línea de tubería a un cárcamo húmedo, ubicado en el exterior del canal de concreto, para ser impulsados hacia la planta de bombeo número 1 (PB1-A), para a su vez ser bombeados y luego conducidos por el sistema de alejamiento hasta el cauce del arroyo San Antonio del Mar, aproximadamente a 10 km al sur de la frontera, teniendo como sitio de disposición final las aguas costeras del océano Pacífico.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Elementos que conforman la PB-CILA:

- Estructuras de sedimentación: existen tres estructuras de sedimentación en el cauce piloto del río, siendo estos canales longitudinales gravimétricos; el primero tiene una longitud de 120 metros, seguido del segundo canal desarenador de 150 metros, y el último antes de la obra de toma de 120 metros. El objetivo principal de estas estructuras es controlar la velocidad, facilitando con ello la precipitación por gravedad de material sedimentable, reteniendo residuos pesados y partículas de arena e impidiendo su entrada al cárcamo húmedo de la estación.
- Estructura de baipás y obra de toma: consiste en un murete de concreto armado, que retiene y desvía el flujo en el cauce piloto del río y lo conduce a la obra de toma (entrada a PB-CILA), el cual cuenta con una serie de rejillas que retienen sólidos flotantes gruesos para posteriormente ser retirados de forma manual. Una vez que pasa por la rejilla, se conduce por gravedad al cárcamo húmedo, situado al exterior del canal del río. El equipo electromecánico de la estación de bombeo PB-CILA cuenta con seis motobombas, tres de ellas con capacidad nominal de 500 lps, de las cuales dos operan en conjunto o alternadamente, según se requiera, y la tercera sólo se emplea en calidad de reserva o emergencia. A este sistema también se le conoce como “Sistema de Alejamiento de Aguas Superficiales” (SAAS). La otra batería de tres motobombas es utilizada para dirigir las aguas hacia el sistema de alcantarillado o a la estación de bombeo PB1-B. Cada una de estas bombas cuenta con una capacidad de 300 lps, y una de estas funciona como de respaldo o reserva y sólo es empleada como emergencia o para trabajar durante la presencia de flujos pico y de corta duración. Los sistemas pueden operar simultáneamente, aunque se estaría mezclando las aguas residuales tratadas con las no tratadas.
- Planta de energía alterna: el sistema cuenta con una planta generadora de energía, con capacidad de mantener en funcionamiento únicamente un equipo. El generador es trabajado manualmente.

PLANTA DE BOMBEO NÚMERO UNO (PB1)

La planta de bombeo uno (PBI) se encuentra en el punto más bajo de la ciudad de Tijuana, a escasos metros de la línea fronteriza de Estados Unidos; a esta instalación convergen dos colectores principales: el colector Castillo y el colector Internacional. La infraestructura de instalación ha experimentado una serie de modificaciones a lo largo del tiempo, con el fin de hacer frente a los incrementos de las aportaciones de las aguas que se generan en la cuenca del río Tijuana, así como al cumplimiento de tratados internacionales con Estados Unidos.

En el año 1963 la PB1 comenzó operaciones formando parte de un sistema de bombeo (equipos de combustión interna diésel), el cual tenía la función de alejar las aguas residuales de la ciudad hasta la zona costa, a 10 km de la línea fronteriza. El sistema constaba de dos estaciones de bombeo PB1-PB-Alemán, así como un sistema construido a base de bordos de tierra, que serpenteaba con las laderas de la zona costa para alcanzar su punto final en el mar. Para el año 1985 sufrió su primera modificación, al formar parte del sistema de alejamiento y tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Tijuana. En esta etapa se construyó un nuevo edificio para alojar un arreglo de cuatro



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

equipos motor bomba de 1500 hp, con capacidad de bombeo de 500 lps, cada uno, para manejar un gasto máximo de 1500 lps con un equipo de respaldo. El año 2003 nuevamente fue rehabilitada, aprovechando el edificio de la estación de bombeo antigua, construido en 1963; estas modificaciones fueron acompañadas por la construcción de un nuevo sistema de alejamiento denominado obras paralelas.

La planta de bombeo número uno PB1 cuenta con un sistema de pretratamiento, el cual consta de un par de compuertas que permiten el cierre de flujo del colector Internacional y el colector Castillo; para la remoción de basuras cuenta con una rejilla automática (dañada sin operar) y una rejilla de limpieza manual, dos desarenadores de flujo horizontal, los cuales permiten operar de manera alternada; el arreglo está diseñado para permitir el ingreso de maquinaria pesada (cargador frontal), con el fin de hacer la extracción de las arenas, mismas que son transportadas por medio de tractocamiones hasta el sitio de confinamiento ubicado en la planta de tratamiento de San Antonio de los Buenos. El sistema de pretratamiento cuenta con una serie de compuertas que permiten conducir las aguas a cualquiera de los cárcamos de regulación o succión de las estaciones de bombeo PB1-A y PB1-B.

PB1-B: esta estación de bombeo cuenta con cinco arreglos motor-bomba; cada arreglo o tren de bombeo está integrado por una válvula de succión, dos bombas con dos motores de 700 hp, válvula check y válvula de descarga; cada tren de bombeo está diseñado para manejar un gasto nominal de 500 lps. El arreglo es tres más dos (tres en operación y dos en espera); cuenta con un tanque presurizado para amortizar el golpe de ariete que genera la carga de una columna de agua de 110 metros. La capacidad máxima de bombeo de esta planta es de 1500 lps. La estación de bombeo utiliza el sistema de alejamiento denominado: obras paralelas, el cual consta de una línea de impulsión de acero de 48 pulgadas, tubería de conducción a gravedad de 54 pulgadas de polietileno de alta densidad y nueve sifones de hierro dúctil; el sistema de alejamiento, denominado obras paralelas, tiene una capacidad máxima de conducción de 2200 lps.

PB1-A: esta estación de bombeo cuenta con dos arreglos motor bomba; cada arreglo está integrado por una válvula de succión, dos bombas con dos motores de 700 hp, válvula check y válvula de descarga; cada arreglo puede manejar un gasto nominal de 500 lps, cuenta con tanque presurizado para amortiguar el golpe de ariete de 110 mca; en conjunto los arreglos motor-bomba pueden manejar hasta 1000 lps. La estación de bombeo utiliza el sistema de alejamiento antiguo (1985), la cual consta de una línea de impulsión de 48 pulgadas de concreto presforzado, un canal revestido de concreto y nueve sifones de concreto presforzado. El sistema de alejamiento antiguo tiene una capacidad de conducción máxima de 2200 lps.

En el predio de la planta de bombeo PB1-A y PB1-B se cuenta con una subestación eléctrica que puede ser alimentada por medio de dos acometidas eléctricas: la acometida centro y la acometida zona costa. La subestación está equipada con transformadores para suministrar energía a las dos estaciones de bombeo; sin embargo, las condiciones físicas y de carga permiten únicamente que el sistema de bombeo pueda operar con tres trenes (1500 lps) de manera individual o combinada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

RELACIÓN PB-CILA Y PB1-A

El sistema defensivo PB-CILA y PB1-A está interrelacionado en su proceso de operación, debido a que la capacidad de conducción en la línea de impulsión de la PB-CILA a PB1-A es de 1500 lps, además de que la capacidad de conducción de la tubería que conecta la obra de toma con la PB-CILA es del orden de 1300 lps. Cualquier cambio propuesto en el sistema de operación deberá ser considerado de forma integral para los dos sistemas de bombeo (PB-CILA y PB-1).

PLANTA DE TRATAMIENTO MATADERO PB-3:

La planta de bombeo Matadero se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca del mismo nombre; cuenta con un sistema de pretratamiento, el cual consta de dos desarenadores de flujo horizontal, así como un par de compuertas para redireccionar el flujo y permitir el desazolve o cerrar por completo la entrada de agua al sistema de bombeo; previo a los desarenadores se encuentra un canal de demasías que permite la salida del agua del sistema con dirección al arroyo aledaño a la planta con destino final en Estados Unidos.

El sistema de pretratamiento también es usado para la descarga de agua de camiones cisterna que dan servicio de recolección de agua de fosas sépticas; el sistema de bombeo cuenta con cinco equipos de bombeo, mismos que se encuentran instalados en un cárcamo seco, operan de manera alternada, dependiendo de las variaciones en el afluente y del abatimiento del cárcamo de succión. El equipo de bombeo se encuentra en buenas condiciones operativas, quedando pendiente la adquisición de dos motores eléctricos y un centro de control de motores, incluido el reemplazo del cableado eléctrico de alimentación a CCM y motores, los cuales resultaron dañados por una inundación ocurrida en diciembre del año 2019. La planta está limitada a la operación simultánea de dos equipos de bombeo, debido a limitaciones hidráulicas en la caja de llegada de la línea de impulsión.

Una condición particular que presenta la cuenca del Matadero es la existencia de una estación de bombeo en Estados Unidos, que puede operar en caso de contingencia enviando las aguas residuales a la planta de tratamiento internacional PITAR. Esta condición ha permitido que los impactos de derrames no controlados en la cuenca, tanto de agua potable como residual no lleguen a impactar la zona costa de Estados Unidos.

1.1.1.5 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales.

La ciudad de Tijuana presenta condiciones geográficas muy particulares, que tienen un impacto bastante marcado en los volúmenes y características de las aguas residuales que se generan en la región; por un lado, la colindancia con Estados Unidos propicia la migración de población flotante, que busca oportunidades en el vecino país, y, al no lograrlo, en el mejor de los casos son empleados en la ciudad, en industria maquiladora dedicada principalmente al ensamble, por lo que la generación de agua industrial que ingresa a los sistemas de recolección corresponde a servicios (sanitarios, comedores, regaderas).

Por otro lado, la ciudad se encuentra en una zona árida con limitados recursos hídricos; el abastecimiento de agua se realiza en un 98 % por medio del acueducto Río Colorado Tijuana, el cual tiene que vencer una altura de 1061 metros; la operación y mantenimiento del acueducto tiene



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

grandes costos operativos, que son impactados en los usuarios, quienes se ven forzados a reducir sus consumos; esta condición está ocasionando que la composición de contaminantes, típica de agua residual doméstica, se vea incrementada, de tal suerte que el organismo operador fija parámetros de diseño más altos a los recomendados en la bibliografía. En las siguientes tablas puede apreciarse el volumen que ingresa a cada una de las PTAR.

Tabla 8. Flujos de agua residual tratada en Tijuana.

| No | PTAR | Tipo de tratamiento | Capacidad de diseño (lps) | Caudal tratado (lps) | | | | |
|----|---------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|------|------|------|------|
| | | | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 1 | San Antonio de los Buenos | Lagunas aireadas | 1100 | 918 | 943 | 969 | 958 | 944 |
| 2 | PITAR | Lodos activados | 1100 | 1076 | 1084 | 1074 | 1086 | 1091 |
| 3 | Arturo Herrera | Lodos activados | 460 | 221 | 223 | 227 | 248 | 256 |
| 4 | La Morita | Lodos activados | 254 | 181 | 210 | 236 | 244 | 235 |
| 5 | Los Valles | Lodos activados | 15 | 11 | 9 | 9 | 12 | 11 |
| 6 | San Pedro | Lodos activados | 67 | 7 | 6 | 9 | 10 | 11 |
| 7 | CAR | Lodos activados | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Villas Del Prado | Lodos activados | 56 | 13 | 15 | 16 | 19 | 19 |
| 9 | Hacienda Las Flores | Lodos activados | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | San Antonio del Mar | Lodos activados | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 11 | Pórticos de San Antonio | Lodos activados | 15 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 12 | Santa Fe | Lodos activados | 19 | 12 | 14 | 14 | 12 | 4 |
| 13 | Las Maravillas | Lodos activados | 40 | 0 | 0 | 0 | 32 | 26 |
| 14 | Natura I | Lodos activados | 60 | 8 | 7 | 8 | 22 | 34 |

Fuente: CESPT.

Tabla 9. Flujos de agua residual tratada en Playas de Rosarito.

| No | PTAR | Tipo de tratamiento | Capacidad de diseño (lps) | Caudal tratado (lps) | | | | |
|----|----------------|---------------------|---------------------------|----------------------|------|------|------|------|
| | | | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| 15 | Rosarito I | Lodos activados | 120 | 78 | 59 | 79 | 59 | 54 |
| 16 | Rosarito Norte | Lodos activados | 210 | 72 | 59 | 61 | 72 | 67 |
| 17 | Vista Marina | Lodos activados | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | Puerto Nuevo | Lodos activados | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Fuente: CESPT.

A continuación, se muestra la tabla de los parámetros para el diseño de plantas de tratamiento, recomendado por el organismo operador (CESPT); en esta se observan las altas cargas orgánicas, así como las concentraciones de nitrógeno que se reciben de manera cotidiana en las PTAR.

Tabla 10. Parámetros de diseño para PTAR.

| Parámetro | Concentración recomendada (mg/l) |
|---|----------------------------------|
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | 475 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | 1000 |
| Sólidos suspendidos totales (SST) | 400 |
| Sólidos sedimentables | 10 |
| Nitrógeno total | 113 |
| Fósforo total | 20 |
| Grasas y aceites | 110 |

Fuente: CESPT.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Las aportaciones de aguas residuales no domésticas a los sistemas de recolección sólo son permitidas cuando el organismo operador establece un convenio con particulares y se determina que los contaminantes a descargar no afectan los procesos de tratamiento biológicos, por lo que para el año 2019 se cuenta con 188 convenios con empresas para hacer tratamiento conjunto, por la imposibilidad de dar cumplimiento al contenido de carga orgánica media, como demanda bioquímica de oxígeno o sólidos suspendidos totales.

1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales.

Las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito presentan grandes retos, uno de ellos es el surgimiento de nuevos desarrollos habitacionales fuera de la mancha urbana, zonas donde se carece de todos los servicios, pero donde el costo de la tierra es más accesible para los desarrolladores de vivienda; esta condición ha generado el surgimiento de pequeñas plantas de tratamiento con limitada supervisión por parte de los entes reguladores. Ante esta situación, el organismo operador ha creado directrices que le han permitido regular, como mínimo, los procesos de tratamiento más adecuados para el saneamiento de las aguas, los criterios y parámetros de diseño que deberán cumplirse para así asegurar que los sistemas cuenten con los elementos necesarios para poder dar cumplimiento a la normatividad en materia de aguas residuales.

En el anexo 3 se encuentran los criterios y parámetros de diseño solicitados por el organismo. El cumplimiento de estos criterios dará viabilidad técnica a la recepción de la infraestructura.

1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales.

El sistema de saneamiento se compone, en términos generales, de un sistema de recolección, conformado por atarjeas, subcolectores, colectores, interceptores, emisores; cárcamos de bombeo y las PTAR.

La topografía de Tijuana orienta a que la ciudad drene de manera natural hacia el río Tijuana y posteriormente hacia Estados Unidos; sin embargo, existen diversas obras que permiten la captación de los flujos de agua en territorio mexicano, para su conducción a la PTAR SAB, ubicada al suroeste de Tijuana.

Del volumen recolectado en la cuenca del río Tijuana, aproximadamente 1100 lps son enviados hacia Estados Unidos para su tratamiento en la planta internacional de tratamiento de aguas residuales (PITAR), ubicada en San Ysidro, Ca. EE. UU.; el efluente de esta planta es descargado en el océano Pacífico a través de un emisor submarino, y el resto del agua residual, como se explicó anteriormente, es bombeada a la PTAR SAB.

Parte de las aguas residuales generadas fuera de la cuenca del río Tijuana son tratadas antes de su descarga al mar por 12 PTAR operadas por el organismo, siendo las siguientes: Rosarito I, Rosarito Norte, San Antonio del Mar, Las Maravillas, Santa Fe, San Antonio del Mar, Los Valles, Villas del Prado, Vista Marina, Puerto Nuevo, Natura I y Natura II. En la siguiente tabla se muestran los volúmenes de agua residual tratada y captada.



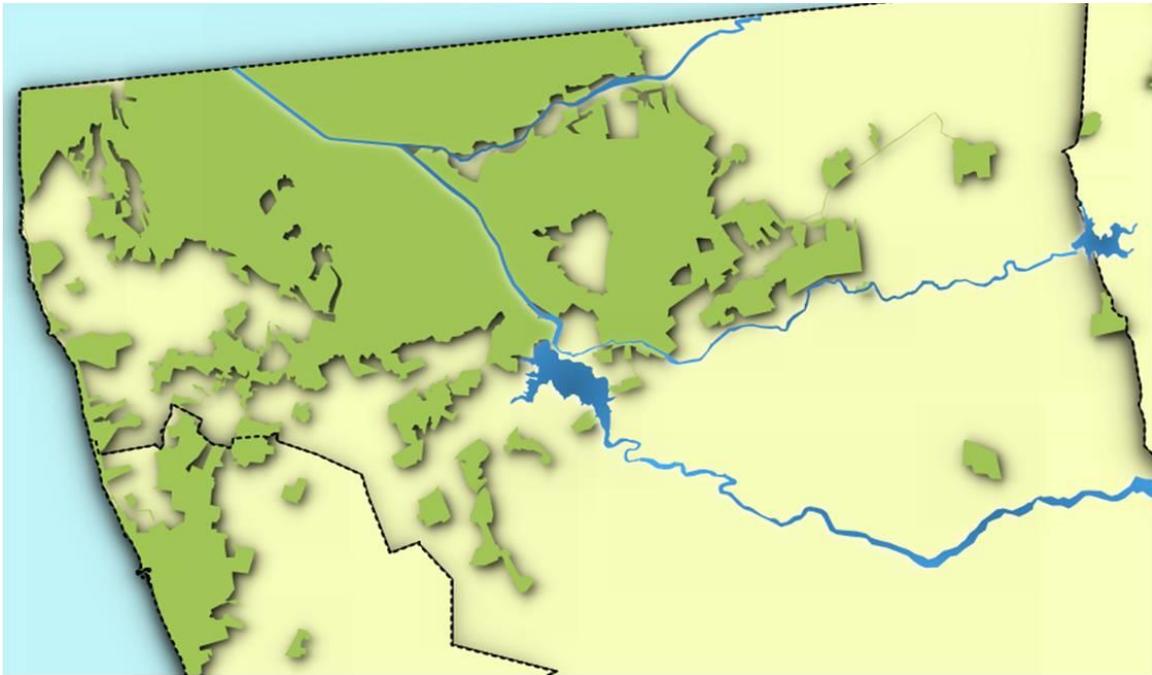
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 11. Cobertura de tratamiento de agua residual en Tijuana

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Volumen de agua captada (miles de m ³) | 81,622.26 | 83,272.15 | 84,407.20 | 86,526.93 | 83,968.94 |
| Volumen de agua tratada (miles de m ³) | 80,286.44 | 82,499.87 | 83,834.95 | 85,754.25 | 78,540.23 |
| Cobertura de tratamiento (%) | 98.4 | 99.1 | 99.3 | 99.1 | 93.5 |

Fuente: Indicadores de Gestión, CESPT.

Ilustración 6. Cobertura del sistema de saneamiento.



Fuente: elaboración propia.

1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación.

Las aguas residuales, generadas en la cuenca del río Tijuana, son tratadas por cuatro plantas de tratamiento, tres en México y una en Estados Unidos.

La PTAR SAB, situada 16+500 km al suroeste de Tijuana inició operaciones en enero de 1987 para tratar un gasto promedio de 750 lps a base de lagunas aireadas; en el año 2003 fue rehabilitada y ampliada cambiando el sistema de aireación de burbuja gruesa por aireadores superficiales para incrementar su capacidad a 1100 lps; la descarga de la planta se realiza mediante un canal a cielo abierto con destino final en la costa.

La PITAR, ubicada en San Ysidro, trata exclusivamente flujos generados en la ciudad de Tijuana por medio de tratamiento secundario, en la modalidad de lodos activados; la capacidad promedio de la planta es de 1100 lps, y el efluente es descargado por medio de un emisor submarino que tiene una longitud de 5.6 km en el océano Pacífico.

La PTAR Arturo Herrera es una planta de lodos activados en la modalidad aireación extendida con capacidad de remover nutrientes; tiene una capacidad de diseño de 460 lps, y la PTAR La Morita es



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

similar a esta planta sólo que su capacidad es de 254 lps. El efluente de estas plantas se vierte al río Tijuana, y en temporada de estiaje se trasvasa y dispone en el océano Pacífico.

Tijuana y Playas de Rosarito tienen cerca de ocho subcuencas compartidas que fluyen hacia el océano Pacífico. Importantes desarrollos habitacionales de Tijuana disponen sus aguas negras o tratadas hacia estas subcuencas costeras. Una de las PTAR que recibe el 80 % de sus aportaciones de Tijuana, y se ubica en el municipio de Playas de Rosarito, la denominada Rosarito Norte, con capacidad de 210 lps bajo la modalidad de lodos activados, cuenta con capacidad de tratar agua residual del crecimiento del corredor costero.

A continuación, se muestran las tablas con las direcciones de cada una de las PTAR, que se ubican en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito.

Tabla 12. Ubicación de las PTAR en el municipio de Tijuana.

| No. | PTAR | Dirección | Gasto diseño (lps) | Tipo proceso |
|-----|---------------------------|---|--------------------|-------------------------------------|
| 1 | San Antonio de Los Buenos | Kilómetro 16 + 500 Carretera Escénica Tijuana-Ensenada, Punta Bandera | 1100 | Lagunas aireadas |
| 2 | PITAR | San Ysidro, California EE. UU. | 1100 | Primario avanzado / Lodos activados |
| 3 | José Arturo Herrera Solís | Vía Rápida Poniente No. 18350, delegación La Mesa. | 460 | Lodos activados |
| 4 | La Morita | Carretera antigua a Tecate, Parque Industrial El Florido | 254 | Lodos activados |
| 5 | San Pedro | Valle de Las Flores S/N, Valle de Las Palmas | 67 | Lodos activados |
| 6 | Natura I | Bulevar 2000, S/N, fraccionamiento Natura | 60 | |
| 7 | Villas del Prado | Granados 12605, Urbi. del Prado | 56 | Lodos activados |
| 8 | Santa Fe | Bulevar Paseo Santa Fe S/N, fraccionamiento Santa FE, primera sección | 19 | Lodos activados |
| 9 | Los Valles | Avenida Valle de Renee S/N, fraccionamiento Los Valles | 15 | Lodos activados |
| 10 | Pórticos de San Antonio | Calle Suroeste S/N, fraccionamiento Pórticos de San Antonio | 15 | Lodos activados |
| 11 | CAR | Paseo Universidad S/N, Centro de Alto Rendimiento, Otay Alta Brisa | 5 | Lodos activados |
| 12 | San Antonio del Mar | Avenida del Mar S/N frente al parque San Antonio del Mar, fraccionamiento San Antonio del Mar | 2 | Lodos activados |
| 13 | Hacienda Las Flores | Avenida Hacienda Las Flores 10265, carretera Tijuana y bulevar Baja California, fraccionamiento Hacienda Las Flores | 2 | Lodos activados |

Fuente: CESPT.

Tabla 13. Ubicación de las PTAR en el municipio de Playas de Rosarito.

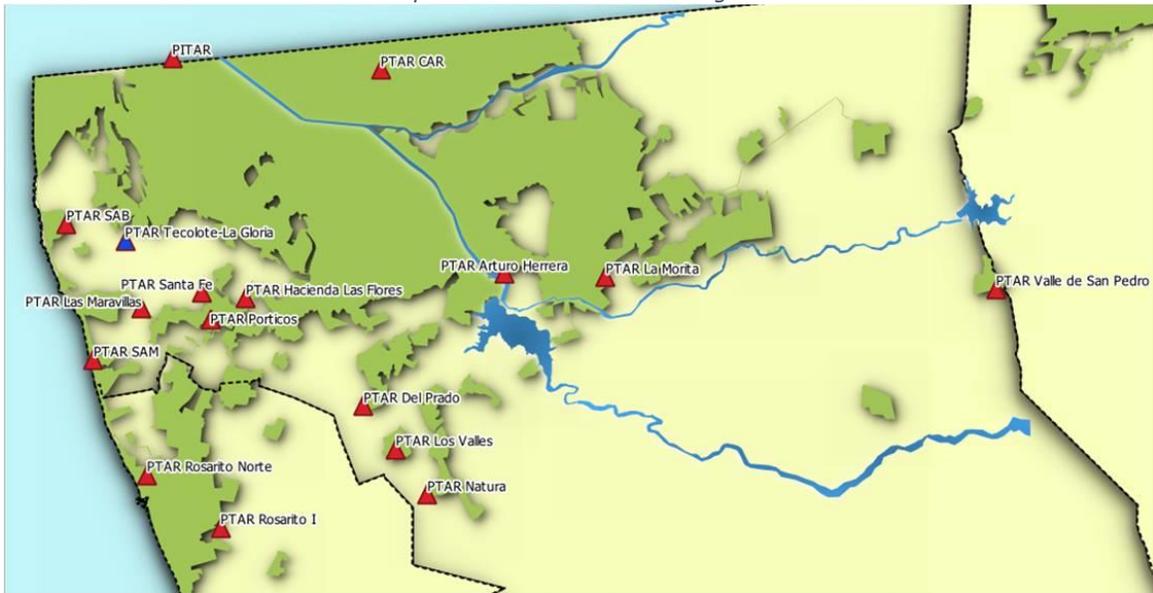
| No. | PTAR | Dirección | Gasto diseño (lps) | Tipo proceso |
|-----|----------------|---|--------------------|-----------------|
| 1 | Rosarito Norte | Parcela # 26, fraccionamiento Reforma | 210 | Lodos activados |
| 2 | Rosarito I | Calle Tabasco s/n, colonia Constitución | 120 | Lodos activados |
| 3 | Vista Marina | Mar de Bering s/n, fraccionamiento Vista Marina | 6 | Lodos activados |
| 4 | Puerto Nuevo | Calle Acapulco y Xel-Ha, fraccionamiento Marbella, Puerto Nuevo | 2 | Lodos activados |

Fuente: CESPT.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 7. Plano de ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: elaboración propia.

1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR.

Los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito cuentan con 18 PTAR; en su mayoría predomina el proceso de lodos activados, y una de estas con lagunas de oxidación; el proceso de tratamiento comienza con la recepción de agua residual, que es bombeada desde los puntos bajos o gravedad hasta las PTAR. Algunas de estas plantas están acondicionadas para recibir aguas que son recolectadas por camión cisterna de aquellas zonas que no cuentan con sistema de alcantarillado (pipas de fosas sépticas).

Tabla 14. Plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la CESPT.

| PTAR | Inicio de operación | Capacidad de tratamiento (lps) | Proceso de tratamiento | Norma de diseño | Norma para cuerpo receptor |
|----------------------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| PITAR | 1997 | 1100 | Lodos activados | -- | NPDA |
| San Antonio de Los Buenos | 1987 | 1100 | Lagunas de oxidación | NOM-001 | NOM-001 |
| Villas del Prado | 2008 | 56 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| Santa Fe | 2004 | 19 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| Pórticos de San Antonio | 2005 | 7.5 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| San Antonio del Mar | 1997 | 3 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| San Pedro | 2010 | 67 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| Arturo Herrera | 2009 | 460 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| La Morita | 2010 | 254 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| Los Valles | 2011 | 15 | Lodos activados | NOM-001 | NOM-001 |
| Hacienda Las Flores | 2010 | 2 | Lodos activados | -- | NOM-001 |
| Centro de Alto Rendimiento | 2009 | 5 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-003 |
| Natura I | 2018 | 60 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| Natura II | 2020 | 90 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |
| Las Maravillas | 2018 | 40 | Lodos activados | NOM-001 | NOM-001 |
| Rosarito Norte | 2006 | 210 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| PTAR | Inicio de operación | Capacidad de tratamiento (lps) | Proceso de tratamiento | Norma de diseño | Norma para cuerpo receptor |
|------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|
| Rosarito I | 1989 | 120 | Lodos activados | NOM-003 | NOM-001 |

Fuente: CESPT.

PTAR SAN ANTONIO DE LOS BUENOS (SAB)

La PTAR SAB recibe agua residual de diferentes partes de la ciudad a través de diversas estaciones de bombeo, siendo la más importante la denominada planta de bombeo 1 (PB1-B), donde se recolecta y bombea el agua para vencer una carga de 110 metros de columna de agua, haciendo un recorrido de aproximadamente 16 km al suroeste de la ciudad; esta PTAR cuenta con lagunas de oxidación que requieren una gran extensión de terreno; en este caso el predio de la planta tiene 127 hectáreas. El agua llega a la zona de pretratamiento donde se retiran los sólidos gruesos, continuando hacia un canal a cielo abierto para ingresar al cárcamo húmedo de la estación de rebombeo de la planta de tratamiento, la cual requiere vencer una carga de 30 metros columna de agua para ingresar al sistema lagunar.

El sistema lagunar está integrado por tres lagunas: la laguna 1 está diseñada para albergar 40 aireadores superficiales de 40 hp; tiene un área de cuatro hectáreas con una profundidad de 4.5 metros, y el tiempo de residencia hidráulica se estima en dos días; la laguna dos fue diseñadas para alojar 15 aireadores superficiales de 40 hp; sus dimensiones son similares a la laguna uno. La laguna tres, o laguna pulimento, tiene un área de dos hectáreas con un tiempo de residencia hidráulica de un día. El sistema de tratamiento cuenta con un edificio de cloración equipado con evaporadores y dosificadores que permiten la desinfección en línea con cloro gas, mismo que es adquirido en cilindros de 2000 libras de cloro gas. El sistema de desinfección cuenta con arreglos que permiten administrar cloro, tanto al canal a cielo abierto (agua bombeada por PB1-A) como al sistema paralelo. Posteriormente, el agua es conducida a través de un emisor hasta el arroyo de San Antonio de Los Buenos, para finalmente llegar al océano Pacífico.

La planta de San Antonio de los Buenos presenta un grave deterioro en el equipamiento del sistema de aireación, así como en los equipos de bombeo, por lo que actualmente se encuentra fuera de operación.

El resto de las PTAR trata las aguas por medio del proceso de lodos activados en la modalidad de aireación extendida; se seleccionó este proceso por ser el más resistente a variaciones de carga orgánica e hidráulica, y cuentan con los siguientes elementos:

Pretratamiento o desbaste: La primera operación unitaria que tiene lugar en las plantas de tratamiento es la operación de desbaste, misma que está integrada principalmente por rejillas y desarenadores. Una rejilla es un elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener sólidos existentes en el agua residual. El desarenado se proyecta para la separación de arenas, término que engloba a las arenas, gravas cenizas y cualquier otro material pesado, cuya velocidad de sedimentación o poso específico sea considerablemente superior al de los sólidos putrescibles presentes en el agua residual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Reactor biológico: La unidad de tratamiento biológico o reactor aerobio tiene como objetivo hacer insoluble lo que se encuentra disuelto en el agua residual, específicamente la materia orgánica; esto se obtiene inyectando aire (oxígeno) a la mezcla total del líquido, produciendo la acción de biodegradación, y así el material orgánico biodegradable es transformado en nuevas células para posteriormente ser eliminadas como biosólidos, un material más estable. Los reactores biológicos se diseñaron para la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo que, en caso de ser descargados en cuerpos de agua, no provoquen el efecto de eutrofización.

Sedimentación secundaria: Sedimentador secundario es una estructura donde los lodos generados (DBO5 insoluble) se precipitarán por gravedad; el agua clarificada fluirá sobre vertedores dentados en forma de “V” (acero inoxidable), que se encontrarán en el punto más alejado del clarificador, hacia un canal de recolección; una parte del lodo sedimentado es recirculado hacia el reactor aeróbico, con el fin de mantener la concentración de lodos ideal en el reactor; los lodos excedentes se envían al cárcamo de lodos y de ahí a un tanque de digestión aeróbico, con el fin de reducir los sólidos volátiles, lograr su estabilización y facilitar su posterior deshidratación y disposición final.

Desinfección: El sistema de desinfección es la etapa final, previa a la descarga del agua tratada a un cuerpo receptor. La desinfección puede realizarse utilizando cloro-gas, dióxido de cloro o solución concentrada de hipoclorito de sodio por medio de luz ultravioleta (UV) como agente desinfectante; para el caso de las plantas AH y La Morita, la desinfección se realiza por medio de luz ultravioleta con refuerzos de hipoclorito de sodio. El agua procedente del clarificador secundario pasa a través de la cámara de desinfección, cuyo objetivo principal es poner en contacto a los microorganismos patógenos con los emisores de UV o con el cloro.

Manejo de lodos: Aunado a este sistema de tratamiento, los procesos cuentan con un digestor aeróbico de lodos, que tiene la función de promover la muerte de los microorganismos al pasar a fase endógena, gracias a la disolución de aire (oxígeno), mediante sistemas de aireación por difusión, promoviendo un déficit de alimento. Así los microorganismos utilizan su propio protoplasma como fuente primaria de alimento.

Finalmente, la deshidratación parcial de los lodos es realizada mediante la dosificación de un polímero sintético para flocular los sólidos, después son bombeados a una unidad de deshidratación tipo centrífuga, la cual puede alcanzar hasta una concentración de 20-25 % en sólidos.

1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual.

En el área de estudio existen 18 PTAR (incluyendo la PITAR que está en Estados Unidos y trata agua mexicana), de diferente capacidad. Catorce de estas plantas dan servicio al agua residual generada en Tijuana, una trata el agua de Tijuana y la parte norte de Playas de Rosarito (PTAR Rosarito Norte), mientras que las otras tres tratan las aguas residuales de la costa de Playas de Rosarito.

Tabla 15. PTARs que operan en Tijuana.

| Nombre de la PTAR | Gasto de diseño (lps) | Gasto de operación (lps) |
|---|-----------------------|--------------------------|
| PITAR (operada por CILA, sección americana) | 1100 | 1,086.2 |
| San Antonio de Los Buenos | 1100 | 945* |
| Santa Fe | 19 | 5.3 |
| San Antonio del Mar | 3 | 4.3 |
| Pórticos de San Antonio | 7.5 | 7.8 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Nombre de la PTAR | Gasto de diseño (lps) | Gasto de operación (lps) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Valle de San Pedro | 67 | 11.2 |
| Centro de Alto Rendimiento | 5 | 0 |
| Villa del Prado | 56 | 18.5 |
| Arturo Herrera | 460 | 239.6 |
| La Morita | 254 | 230.4 |
| Los Valles | 15 | 9.8 |
| Hacienda Las Flores | 2 | 0 |
| Natura | 60 | 32.6 |
| Las Maravillas | 40 | 24.3 |
| Total | 3189 | 2615 |

Fuente: CESPT, 2019. *SAB, ingresó el caudal; sin embargo, esta instalación está en incumplimiento.

Tabla 16. PTARs que operan en Playas de Rosarito.

| Nombre de la PTAR | Gasto de diseño (lps) | Gasto de operación (lps) |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|
| Rosarito Norte | 210 | 66.9 |
| Rosarito I | 120 | 54.5 |
| Puerto Nuevo | 2 | 1.8 |
| Vista Marina | 6 | 1.8 |
| Total | 338 | 125 |

Fuente: CESPT, 2019.

Los volúmenes de aguas residuales, captados y cuantificados no son necesariamente iguales a los volúmenes generados, ya que presumiblemente existen flujos de aguas residuales que no llegan al sistema de alcantarillado, o que abandona este (fugas y derrames) antes de llegar a las plantas de bombeo o plantas de tratamiento. En las tablas siguientes se muestra el flujo de agua captada por el sistema de alcantarillado sanitario del organismo durante el año 2019.

Tabla 17. Flujo de agua residual captada por el sistema de alcantarillado en Tijuana.

| Sitio/planta | Gasto (lps) |
|----------------------------|-------------|
| Arturo Herrera | 241.9 |
| La Morita | 235.7 |
| PITAR | 1086.2 |
| PB 1 | 557.5 |
| PB 3 | 188.9 |
| PB Playas | 93.4 |
| PB Laureles | 41.3 |
| Cárcamo Mirador I | 13.5 |
| Aportación Lázaro Cárdenas | 7.0 |
| Los Valles | 11.6 |
| Valle de San Pedro | 11.2 |
| Centro de Alto Rendimiento | 0.0 |
| El Prado | 19.9 |
| Hacienda Las Flores | 0.0 |
| San Antonio del Mar | 4.3 |
| Pórticos de San Antonio | 7.8 |
| Santa Fe | 11.2 |
| Las Delicias | 22.8 |
| Las Delicias II | 18.8 |
| Ecoparque | 3.0 |
| Toyota | 3.0 |
| Villas del Cedro I | 0.0 |
| Villas del Cedro II | 4.0 |
| Natura I | 32.9 |
| Las Maravillas | 26.8 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Sitio/planta | Gasto (lps) |
|--------------|----------------|
| Campestre | 20.0 |
| Total | 2,662.6 |

Fuente: CESPT, 2019.

Tabla 18. Flujo de agua residual captada por el sistema en Playas de Rosarito.

| Sitio/planta | Gasto (lps) |
|-------------------|--------------|
| Planta Rosarito I | 73.0 |
| Puerto Nuevo | 2.0 |
| Rosario Norte | 66.9 |
| Vista Marina | 2.0 |
| Total | 143.9 |

Fuente: CESPT, 2019.

Estos flujos corresponden al gasto medido en los distintos puntos de control del sistema, no incluyen los escurrimientos del río Tijuana, los cuales abarcan las aportaciones del arroyo Alamar, así como escurrimientos generados por el manto freático y descargas de aguas residuales aguas arriba, particularmente de zonas de Tijuana que no tienen acceso al sistema de alcantarillado; también se sumará el efluente de la PTAR de Tecate, donde se genera un gasto promedio de 140 lps. Las aguas del río Tijuana son interceptadas en la PB CILA desde donde pueden ser enviadas a la estación de bombeo PB 1A, o bien incorporadas al sistema de alcantarillado.

1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.

1.1.3.1 Cobertura de red reúso.

Uno de los mayores retos para las grandes ciudades fronterizas como Tijuana es garantizar el suministro de agua potable para la demanda actual y prever la del futuro. El crecimiento natural de Tijuana, y la carencia de fuentes locales de agua dulce, ha originado el trasvase del líquido con la construcción de obras como el acueducto Río Colorado-Tijuana; asimismo, con el objetivo de controlar avenidas y almacenar agua para el desarrollo agrícola de la zona (que actualmente ocupa la mancha urbana de la ciudad), se construyó en 1936 la presa Abelardo L. Rodríguez que hoy en día se destina a uso urbano.

Sin duda, una de las principales estrategias para el manejo sustentable del agua en Tijuana es el reúso de las aguas residuales tratadas en aquellas actividades donde por su naturaleza no requieran de calidad potable, que permitan reducir significativamente las tendencias de crecimiento de las demandas de agua de primer uso, sin poner en riesgo el crecimiento socioeconómico de Tijuana, ni deteriorar al medio ambiente y su capacidad de regeneración, sino al contrario, se busca que a través de acciones como el reúso el componente ambiental sea un factor importante en el aprovechamiento sustentable del recurso.

En el desarrollo de estudios y proyectos, relacionados con el agua, es muy importante tomar en cuenta las implicaciones de vecindad entre México y Estados Unidos, que comparten la cuenca del río Tijuana por donde fluyen naturalmente los escurrimientos pluviales que en algunas ocasiones arrastran hacia el vecino país el agua residual sin tratar, conducida por este medio hasta el límite fronterizo, provocando afectaciones a los esteros del río y la costa de San Diego, Ca.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Se ha contemplado aprovechar parte del efluente de las aguas residuales tratadas de las PTAR Arturo Herrera y La Morita, para ser utilizado en el riego de áreas verdes de la zona urbana del río Tijuana y Mesa de Otay, así como para los procesos de la industria. Actualmente, la infraestructura de reúso más importante es una línea de 18 pulgadas de diámetro, que empieza en la PTAR Arturo Herrera hasta el parque Morelos, en su primera etapa, donde se espera que comience con el consumo de 15 lps; en esta misma planta también existe un sistema de bombeo y una línea de impulsión de cuatro pulgadas para enviar agua residual tratada al panteón Monte de los Olivos.

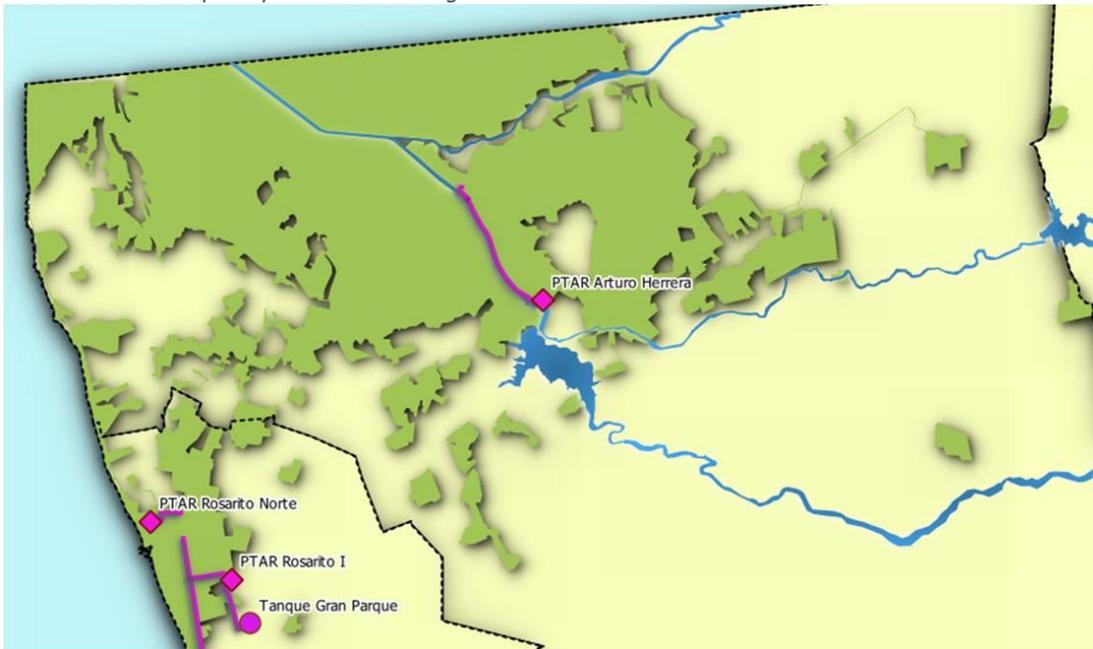
También se encuentran algunas pequeñas redes en predios particulares, como la del club de golf Campestre, en donde se utiliza agua de reúso para el riego del campo de golf. En los terrenos de la PTAR SAB existe una pequeña red para regar el área verde de la misma, incluyendo un vivero; el crecimiento del sistema de reúso en la ciudad ha tenido un bajo crecimiento; como últimas obras se tiene que en el 2019 se construyó el sistema de bombeo y línea de impulsión de 2", para dotar agua de reúso a la empresa Samsung; actualmente se encuentra la ampliación de un nuevo sistema para dotar agua de reúso vía garzas a camiones cisterna (pipas), el cual contará con una mayor capacidad de servicio; ambas obras se ubican en la PTAR La Morita.

En Playas de Rosarito existen dos sistemas, uno que cuenta con una red de 6768 metros para regar 163.2 hectáreas de área verde sobre la autopista de cuota Tijuana-Ensenada (fuera de operación y con infraestructura dañada), y otro a través de un sistema de bombeo que lleva agua residual tratada al Gran Parque de la Ciudad de Playas de Rosarito.

El agua residual tratada, que fluye por la canalización del río Tijuana, proveniente de los efluentes de las PTAR La Morita, Arturo Herrera y Tecate, es captada a través del sistema de PB CILA-PB1-A, emisor SEDUE, el cual descarga en el arroyo San Antonio de los Buenos y se incorpora al océano Pacífico.

Las PTAR La Morita y Arturo Herrera cuentan con garzas que permiten la venta de agua tratada en sitio, para ser transportada por camiones cisterna, la cual generalmente es utilizada para el movimiento de tierras y riego de áreas verdes. En la siguiente ilustración se presentan los volúmenes de agua reusada en los dos municipios.

Ilustración 8. Sistema principal de reúso de agua residual tratada.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Volumen de agua residual tratada reusada en Tijuana y Playas de Rosarito.

| Concepto | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Volumen de agua residual tratada (miles de m ³) | 86,349.91 | 88,357.89 | 89,999.65 | 82,484.33 |
| Agua residual tratada reusada (miles de m ³) | 5,767.74 | 5,349.84 | 5,950.59 | 5,424.66 |
| Índice de reúso (%) | 6.7 | 6.1 | 6.6 | 6.6 |

Fuente: CESPT.

Tabla 20. Volumen de agua residual tratada y reusada en Tijuana.

| Concepto | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Volumen de agua residual tratada (miles de m ³) | 82,499.87 | 83,834.95 | 85,754.25 | 78,540.23 |
| Agua residual tratada reusada (miles de m ³) | 5,610.09 | 5,291.45 | 5,879.23 | 5,358.45 |
| Índice de reúso (%) | 6.8 | 6.3 | 6.9 | 6.8 |

Fuente: CESPT.

Tabla 21. Volumen de agua residual tratada y reusada en Playas de Rosarito.

| Concepto | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Volumen de agua residual tratada (miles de m ³) | 3,850.04 | 4,522.94 | 4,245.41 | 3,944.11 |
| Agua residual tratada reusada (miles de m ³) | 157.65 | 58.39 | 71.36 | 66.21 |
| Índice de reúso (%) | 4.1 | 1.3 | 1.7 | 1.7 |

Fuente: CESPT.

1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes.

La mayoría de las PTAR de aguas residuales de las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito fueron diseñadas para cumplir con la normatividad de reúso; sin embargo, se observa que el reúso es incipiente, con respecto al volumen tratado. A continuación, se muestran las calidades del agua tratada para el año 2019.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 22. Tipos de reúso por PTAR.

| Nombre de la planta | Capacidad de tratamiento (lps) | Proceso de tratamiento | Norma que debe cumplir | Calidad de agua generada | | | Uso |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| | | | | SST (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | DQO (mg/l) | |
| PITAR | 1100 | Lodos activados | Condiciones particulares | ≤10 | ≤15 | - | Disposición océano Pacífico |
| San Antonio de los Buenos* | 1100 | Lagunas de oxidación | NOM-001 | 168.5 | 188.6 | 483.3 | Disposición océano Pacífico |
| Villa del Prado | 56 | Lodos activados | NOM-001 | 29 | 3.7 | 59.3 | Compactación de terracerías, excedentes al arroyo Rosarito |
| Santa Fe | 19 | Lodos activados | NOM-001 | 17.5 | 5.8 | 40.7 | Compactación de terracerías, excedentes al arroyo San Antonio de los Buenos |
| Pórticos de San Antonio | 7.5 | Lodos activados | NOM-001 | 26.9 | 20.8 | 56.5 | Sin reúso, descarga al arroyo con destino océano Pacífico |
| San Antonio del Mar | 3 | Lodos activados | NOM-001 | 296.7 | 120.8 | 381.7 | Sin reúso, descarga directa al mar. |
| San Pedro | 67 | Lodos activados | NOM-001 NOM-003 | 13.9 | 7.8 | 37.5 | Sin reúso descarga al arroyo Valle de Las Palmas |
| Arturo Herrera | 460 | Lodos activados | NOM-001 NOM-003 | 13.1 | 3.0 | 29.5 | Reúso con línea morada parque Morelos, panteón Monte de los Olivos y camión cisterna; el resto al río Tijuana |
| La Morita | 254 | Lodos activados | NOM-001 NOM-003 | 11.4 | 5.7 | 49.9 | Reúso con línea morada a Samsung, llenado de camiones cisterna y resto a tributario del río Tijuana |
| Los Valles | 15 | Lodos activados | NOM-001 | En incumplimiento de las normas | En incumplimiento de las normas | En incumplimiento de las normas | Sin reúso, descarga a arroyo de Rosarito |
| Hacienda Las Flores | 2 | Lodos activados | NOM-001 | Fuera de operación | Fuera de operación | Fuera de operación | Sin reúso tributario al arroyo San Antonio de Los Buenos |
| Centro de Alto Rendimiento | 5 | Lodos activados | NOM-003 | Sin operar | Sin operar | Sin operar | Tomará agua del drenaje, por lo que no aporta a ninguna cuenca |
| Natura I | 60 | Lodos activados | NOM-001 NOM-003 | 14.2 | 4.5 | 44.2 | Reúso en camiones cisterna, terracerías excedentes al arroyo Rosarito |
| Natura II | 90 | Lodos activados | NOM-001, NOM-003 | - | - | - | - |
| Las Maravillas | 40 | Lodos activados | NOM-001 | 174.6 | 93.3 | 385 | Sin reúso, descarga a la cuenca San Antonio del mar |
| Rosarito Norte | 210 | Lodos activados | NOM-001, y NOM-003 | 53.5 | 40 | 173.1 | Reúso con línea morada en parque Leyes de Reforma y |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Nombre de la planta | Capacidad de tratamiento (lps) | Proceso de tratamiento | Norma que debe cumplir | Calidad de agua generada | | | Uso |
|---------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|--|
| | | | | SST (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | DQO (mg/l) | |
| | | | | | | | llenado de pipas, descarga de excedentes al mar |
| Rosarito I | 120 | Lodos activados | NOM-001, NOM-003 | 14.6 | 9.9 | 54.1 | Riego del Gran Parque de Rosarito, llenado de pipas, excedentes al mar por descarga submarina. |

Fuente: CESPT.

1.1.4 Generalidades.

1.1.4.1 Políticas de operación.

Las condiciones topográficas de las ciudades de Tijuana y Tecate provocan que cualquier escurrimiento pluvial, de agua residual, o de agua tratada, tengan un impacto en el vecino país, por lo que se han establecido políticas de operación que permitan eliminar o minimizar estos impactos. A continuación, se describen las políticas de operación de las principales estaciones de bombeo que tienen el mayor impacto transfronterizo:

PLANTA DE BOMBEO CILA (PB CILA)

En el marco del Acta 320 de la CILA, uno de los objetivos identificados por la Mesa Binacional de Trabajo de Calidad del Agua (MBT-CA), propuesto al Grupo Base Binacional (GBB/BCG), fue el desarrollo de un “Protocolo de Operación y Notificación” para la estación de bombeo PB-CILA, con la meta de asegurar mayor transparencia en su operación, así como proporcionar oportunamente notificación al público por salud y seguridad. Este protocolo describe los procedimientos que deben seguirse para la operación de dicha instalación, siendo los que se describen a continuación.

El cárcamo entra en funcionamiento en temporada de estiaje, con la finalidad de impedir los flujos transfronterizos de agua, que fluyen de manera natural por el río Tijuana hacia Estados Unidos; esta instalación está condicionada a operar a gasto máximo promedio de 1000 lps.

La política de operación de esta estación de bombeo establece que pasada la lluvia y los escurrimientos del río Tijuana sean no mayores a 1000 lps, promedio; el organismo operador se obliga a comenzar operaciones de la citada planta. Previo al arranque, el organismo operador debe realizar labores de limpieza de la obra de toma, la cual cuenta con un par de rejillas de limpieza manual para eliminar la presencia de basura que pudiera dañar el equipamiento, así como la limpieza del desarenado que se ubica en el cauce piloto del río Tijuana. Antes del arranque se informará al área técnica de la Comisión Internacional de Límites y Aguas de Tijuana, para su conocimiento y para que informe a su contraparte en Estados Unidos de América. A partir de la puesta en operación cualquier flujo de agua que cruce a Estados Unidos será considerado como derrame por las autoridades de la IBWC (CILA norteamericana).

En caso de que se presentara un derrame que lograra cruzar a EE. UU., el organismo operador está obligado a informar a la CILA sobre la causa del derrame, el volumen, el tipo de agua que cruzó y, de ser posible, la fecha y hora en la que quedó o quedará resuelto el problema, para que esta, a su vez, informe a su contraparte en Estados Unidos.



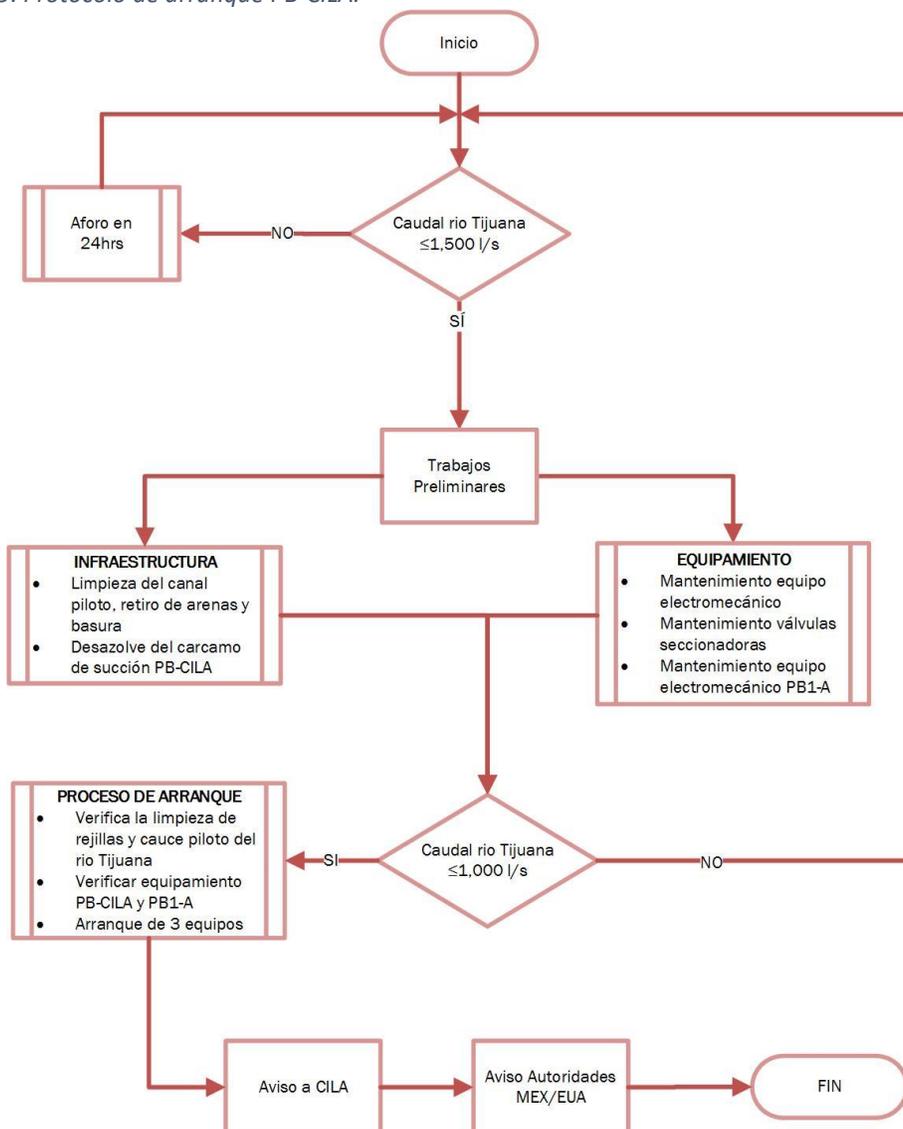
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para proceder con el paro de la planta, el organismo operador debe informar al personal técnico de la CILA la fecha y hora en que se realizó el paro y, de ser posible, informar sobre la intención de parar. La justificación válida sólo será por alto nivel provocado por lluvias. De ser necesario, este periodo de paro total será aprovechado por el organismo para realizar labores de desazolve y limpieza del cárcamo de succión.

La estación de bombeo CILA cuenta con la preparación para enviar las aguas de forma directa hasta la planta de bombeo PB1-A, por medio de una línea de impulsión, o bien derivarla al colector internacional; esta última medida es la menos deseada, ya que las aguas que fluyen por el río son de mejor calidad que las aguas del colector internacional.

Existen dos protocolos acordados para la operación de PB-CILA, que son los descritos a continuación.

Ilustración 9. Protocolo de arranque PB-CILA.

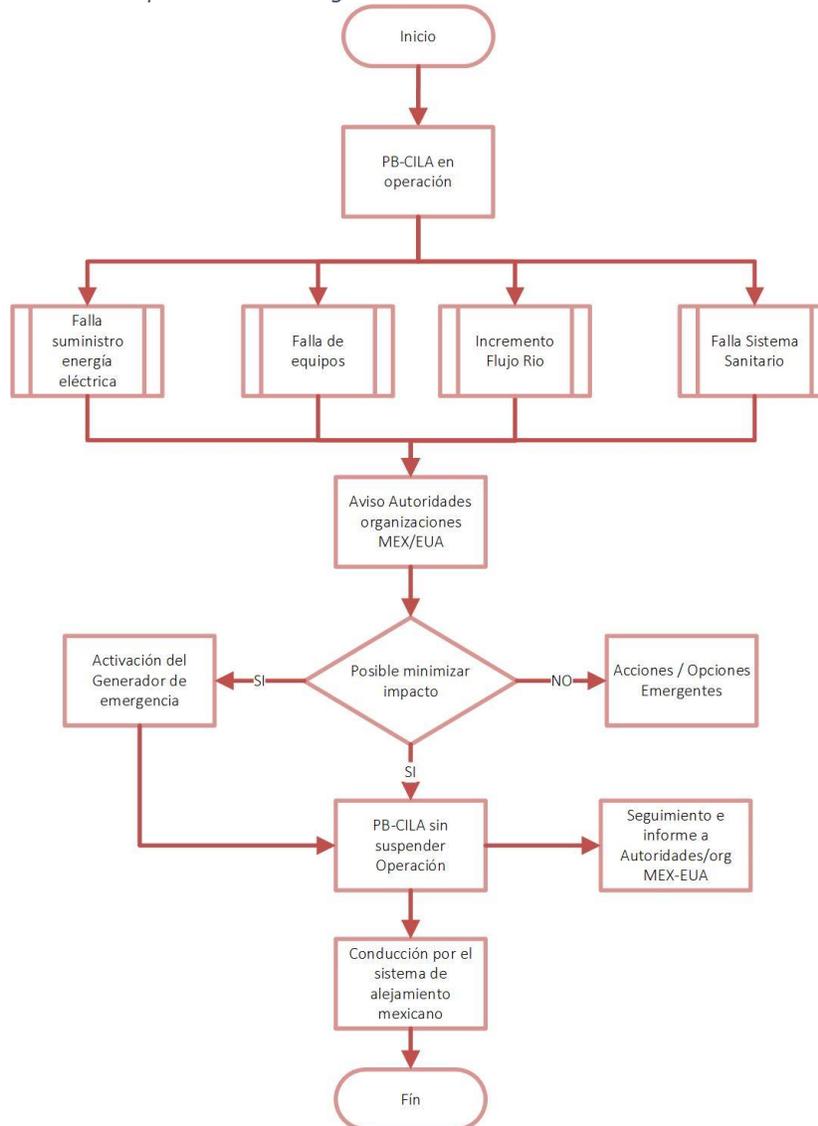


Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 10. Protocolo de operativo en emergencias de PB-CILA.



Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

PLANTA DE BOMBEO UNO (PB1)

La estación de bombeo se encuentra en el punto más bajo de la cuenca, recibe agua residual por medio de dos colectores: el Castillo y el Internacional; es de mencionar que, antes de la llegada a la estación de bombeo existe una interconexión en el colector Internacional que permite conducir las aguas residuales por gravedad a la planta internacional de tratamiento de aguas residuales (PITAR). Esta condición influye fuertemente en la operación de la estación de bombeo 1 (PB1).

Operación en condiciones normales (sin lluvias)

Personal de la estación de bombeo mantiene comunicación constante con personal que opera la planta binacional (PITAR), a fin de regular la compuerta que permite el ingreso de las aguas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

residuales a esa planta, toda vez que, en caso de permanecer abierta al 100 %, la totalidad de las aguas fluirán de manera natural a la PITAR, rebasando la capacidad de diseño, aunado a sobrepasar el gasto acordado a tratar en la misma, que es de 25 MDG o 1100 lps; los encargados de la operación de la PB1 maximizarán la operación de la estación de bombeo, por lo que mantendrán, en la medida de lo posible, la operación de los equipos de bombeo a su máxima capacidad, siendo esta la operación simultánea de tres trenes de tratamiento que, en conjunto, pueden manejar del orden de 1500 lps. No obstante, se cuenta con siete trenes de bombeo y limitaciones de energía eléctrica imposibilitan manejar un mayor caudal. Ante una situación de ingreso de mayor gasto, se solicita al personal de operación de la PITAR que se abra la compuerta para que se permita un mayor gasto. En caso de falla en la comunicación, se hace uso de los tanques de regulación de la estación de bombeo; el segundo recurso es estrangular la compuerta del colector Internacional. El último recurso será el cierre total de los colectores Castillo e Internacional o sacar de operación la estación de bombeo CILA; estas acciones son informadas de manera inmediata a la CILA México, para que avise a su contraparte en Estados Unidos, de acuerdo con los protocolos antes descritos.

Operación en temporada de lluvias

En temporada de lluvias personal de operación mantendrá en niveles mínimos los cárcamos de regulación operando los equipos necesarios (tres trenes como máximo); esta condición permitirá contar con espacio de almacenamiento suficiente para atender una contingencia, como fallas en el suministro de energía eléctrica por periodos cortos, o alguna falla repentina de los equipos.

Se cuenta con procedimientos operativos para alguna de las PTAR que opera la CESPT; en estos se detallan las acciones o actividades que deben realizarse para la correcta operación de los procesos biológicos, así como la manera de accionar o dejar fuera el equipamiento.

OBSERVACIONES: Se obtuvo información de muy buena calidad para los fines del estudio; sin embargo, hubo carencia de ella en algunos temas, específicamente en lo referente a los derechos de vía y tenencia de la tierra del sistema de infraestructura de saneamiento y tratamiento, así como de los costos de operación y mantenimiento.

CONCLUSIONES: Existe información muy valiosa sobre la cual puede diseñarse un adecuado Programa de Saneamiento para Tijuana. Sería de mucha utilidad actualizar varios de los estudios que se han realizado para facilitar el seguimiento y control de las acciones de saneamiento que se implementen.

1.1.4.2 Derechos de vía y tenencia de la tierra.

No se obtuvo información por el organismo operador.

1.1.4.3 Costos actuales de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.

Los costos de operación y mantenimiento de una planta de tratamiento nos permiten visualizar, de manera rápida, el buen desempeño de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, así como observar los impactos que tienen en la economía de escala para la toma de decisiones. Los factores que determinan los costos de operación y mantenimiento de una instalación de tratamiento de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

aguas residuales están asociados a la complejidad de la tecnología utilizada (grado de automatismo), así como al tamaño de la planta.

Los sistemas de tratamiento que se operan en Tijuana, a excepción de la planta de San Antonio de Los Buenos, en términos generales son del tipo de lodos activados, en alguna de sus modalidades; los costos de operación y mantenimiento están principalmente influenciados por los requerimientos de energía eléctrica, productos químicos, laboratorio, reposición de equipos, personal de operación y mantenimiento, así como los costos de administración. En la tabla siguiente se muestran los costos de operación y mantenimiento de las principales plantas de tratamiento, los cuales fueron proporcionados por el organismo operador y se encuentran actualizados al año 2020.

Tabla 23. Costos de operación de las plantas de tratamiento de Tijuana (2020).

| Nombre de la PTAR | Costo (\$/m ³) |
|---------------------------------|----------------------------|
| PITAR (operada por la CILA USA) | 2.22 |
| San Antonio de Los Buenos (SAB) | 1.75 |
| José Arturo Herrera Solís | 4.66 |
| La Morita | 3.67 |
| Natura I | 5.90 |
| Santa Fe | 6.26 |
| San Antonio del Mar | 11.36 |
| Pórticos de San Antonio | 11.76 |
| San Pedro | 27.83 |
| Villa del Prado | 6.54 |
| Las Maravillas | 2.34 |
| Los Valles | 6.51 |

Fuente: CESPT.

Tabla 24. Costos de operación de las PTAR de Playas de Rosarito (2020).

| Nombre de la PTAR | Costo (\$/m ³) |
|-------------------|----------------------------|
| Rosarito I | 4.78 |
| Rosarito Norte | 13.55 |
| Puerto Nuevo | 19.51 |
| Vista Marina | 87.65 |

Fuente: CESPT.

De acuerdo con lo platicado con el personal de los organismos, los costos antes descritos en su mayoría se refieren a costos únicamente de operación. Entre los conceptos que engloban están: energía, productos químicos, salarios, mantenimientos menores a edificios y equipos; no se incluyen, las partidas de recambios de equipos por pérdida de vida útil o mantenimientos mayores al equipamiento, por mencionar algunos.

Caso especial son las PTAR José Arturo Herrera Solís y La Morita, las cuales son operadas por una empresa externa; este servicio es licitado en periodos de tres años, y los servicios requeridos incluyen la mayoría de los mantenimientos al equipamiento y a las instalaciones; esta diferencia puede ser muy notoria al visitar las plantas, donde puede observarse un alto porcentaje de equipos disponibles, con respecto a las operadas por el organismo.

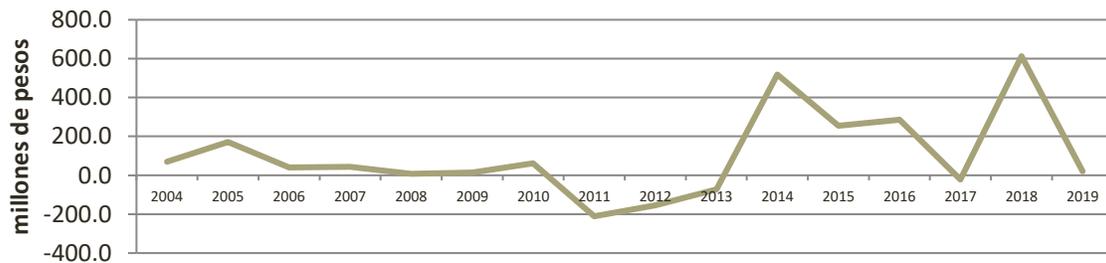


COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.4.4 Tarifas e información financiera de los organismos de agua y saneamiento.

El organismo operador presenta una tendencia inestable en el resultado de los ejercicios financieros de los últimos 15 años, como se aprecia en la ilustración siguiente. Cerca del 96 % de los ingresos son por concepto de derechos que incluyen servicio de agua, tomas y descargas, saneamiento, recargos, multas y otros. Las tarifas tienen la característica de ser indexadas; sin embargo, los ingresos no son tan dinámicos para garantizar la estabilidad financiera. En el rubro de egresos el organismo operador tiene una alta sensibilidad al comportamiento de la tarifa eléctrica, en especial la utilizada para la conducción del agua en bloque desde Mexicali, BC.

Ilustración 11. Resultados del ejercicio.

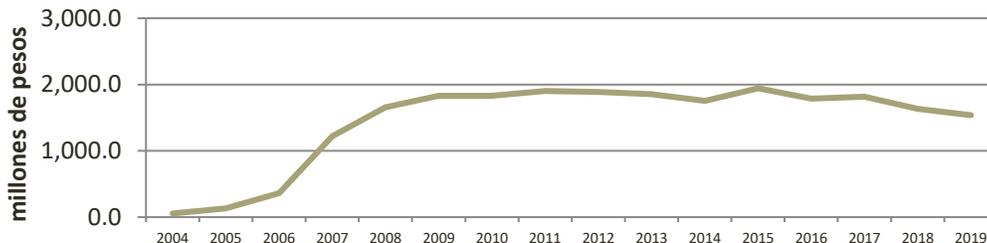


Fuente: elaboración propia con datos de la CESPT, 2020.

Con excepción de un crédito por 230 mdp del año 2015, destinado al saneamiento financiero, el resto de los créditos a largo plazo se han orientado al fortalecimiento de la infraestructura, tanto de abasto de agua como del sistema de saneamiento; entre las obras destaca la ampliación de la PTAR SAB, redes de agua y alcantarillado, ampliación del acueducto Río Colorado Tijuana y obras complementarias, y el denominado crédito japonés para obras de agua potable y saneamiento, destacando tres PTAR.

De la deuda pública que sostiene el organismo, el 57 % tiene como aval solidario al Estado; el 43 % de la deuda vence en el año 2030, 12 % en el 2034 y el 45 % en el año 2035.

Ilustración 12. Deuda a largo plazo.



Fuente: elaboración propia con datos de la CESPT, 2020.

Tarifa

La tarifa que se aplica por concepto de derechos de servicios de agua es la contemplada anualmente en la Ley de ingreso del Estado de Baja California.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Artículo 10. “...Los derechos por consumo de agua se pagarán mensualmente en la Recaudación Auxiliar de Rentas, adscrita a cada uno de los organismos que presten el servicio...”

“... Las personas... están igualmente obligadas al pago de los derechos de conexión de las redes, tanto de agua como drenaje...”

“... Las tarifas y cuotas contenidas... se actualizarán mensualmente, a partir del mes de febrero, con el factor que se obtenga de dividir el Índice Nacional del Precios al Consumidor, que se publique en el Diario Oficial de la Federación por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, o por la dependencia federal que en sustitución de ésta lo publique, del último mes inmediato anterior al mes por el cual se hace el ajuste, entre el citado índice del penúltimo mes inmediato anterior al del mismo mes que se actualiza...”

“... Los derechos por consumo de agua... para cada municipio, se calcularán aplicando la tarifa por metro cúbico consumido que estén previstas en cada uno de los distintos rangos en forma escalonada, es decir, por el excedente de los mismos, de forma tal que el monto a pagar por dicho consumo será la suma de todos y cada uno de los rangos consumidos...”

Para el municipio de Tijuana las tarifas por diferentes conceptos para el año 2020 se muestran las tarifas de enero a continuación.

Tabla 25. Tarifa doméstica de agua potable en Tijuana, 2020.

| Rango por metro cúbico | Tarifa (\$) |
|--|-------------|
| De 0 hasta 5 m ³ , cuota mínima | 96.44 |
| Por el excedente de 5 y hasta 10 m ³ , por cada m ³ consumido | 19.53 |
| Por el excedente de 10 y hasta 15 m ³ , por cada m ³ consumido | 19.95 |
| Por el excedente de 15 y hasta 20 m ³ , por cada m ³ consumido | 22.76 |
| Por el excedente de 20 y hasta 25 m ³ , por cada m ³ consumido | 38.16 |
| Por el excedente de 25 y hasta 30 m ³ , por cada m ³ consumido | 39.45 |
| Por el excedente de 30 y hasta 35 m ³ , por cada m ³ consumido | 49.86 |
| Por el excedente de 35 y hasta 40 m ³ , por cada m ³ consumido | 50.29 |
| Por el excedente de 40 y hasta 45 m ³ , por cada m ³ consumido | 56.85 |
| Por el excedente de 45 y hasta 50 m ³ , por cada m ³ consumido | 57.06 |
| Por el excedente de 50 y hasta 60 m ³ , por cada m ³ consumido | 66.43 |
| Por el excedente de 60 m ³ en adelante, por cada m ³ consumido | 66.90 |

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California, Periódico Oficial Sección I (2019), Ley de Ingresos del estado de Baja California para el ejercicio fiscal del año 2020, Tomo CXXXVI, No. 67, 31 de diciembre del 2019.

Mientras tanto, a los usuarios no domésticos; es decir, el comercio, la industria y el Gobierno, se le aplica la tarifa expresada en la tabla siguiente.

Tabla 26. Tarifa comercial, industrial, gubernamental y otros usos no domésticos Tijuana 2020.

| Rango por metro cúbico | Tarifa (\$) |
|--|-------------|
| De 0 hasta 5 m ³ , cuota mínima | 331.83 |
| Por el excedente de 5 y hasta 30 m ³ , por cada m ³ consumido | 81.57 |
| Por el excedente de 30 y hasta 1000 m ³ , por cada m ³ consumido | 84.38 |
| Por el excedente de 1000 m ³ en adelante, por cada m ³ consumido | 86.04 |

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California, Periódico Oficial Sección I (2019), Ley de Ingresos del Estado de Baja California para el ejercicio fiscal del año 2020, Tomo CXXXVI, No. 67, 31 de diciembre del 2019.

Asimismo, a la venta de agua residual también se le aplica una tarifa, misma que se ilustra en la tabla siguiente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 27. Tarifa de aguas residuales en Tijuana, 2020.

| Tipo de agua residual | Tarifa (\$) |
|---|-------------|
| Tratada, por cada m ³ entregada en planta | 5.08 |
| Tratada, por cada m ³ entregada en el domicilio del usuario | 14.43 |
| Sin tratar, por cada m ³ entregado en planta para uso agrícola | 0.89 |

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California, Periódico Oficial Sección I (2019), Ley de Ingresos del Estado de Baja California para el ejercicio fiscal del año 2020, Tomo CXXXVI, No. 67, 31 de diciembre del 2019.

El organismo operador también recibe agua residual fuera de norma, realiza muestreo de aguas residuales, recibe lodos de las PTAR privadas, entre otras actividades; el monto de la tarifa se ilustra en la tabla siguiente.

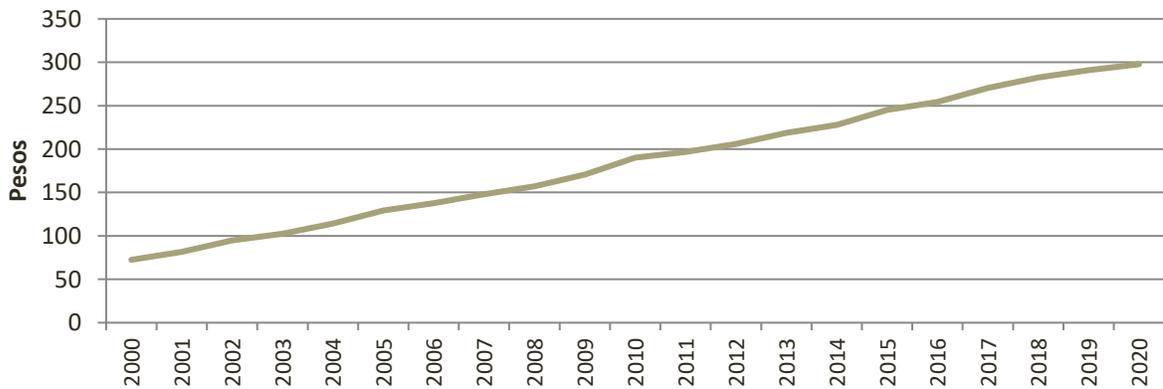
Tabla 28. Tarifa por la recepción y tratamiento de aguas residuales en Tijuana, 2020.

| Concepto | Tarifa (%) |
|---|------------|
| Por la revisión y verificación de las condiciones de las descargas de aguas residuales a la red de alcantarillado sanitario. | 828.64 |
| Recepción de aguas residuales sanitarias vertidas por camiones cisterna (pipa), por m ³ . | 9.38 |
| Recepción de lodos estabilizados (biosólidos), provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales de fraccionamientos habitacionales, por m ³ . | 494.76 |
| Recepción de lodos sin estabilizar, provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales de fraccionamientos habitacionales, por m ³ . | 989.54 |
| Por el servicio de muestreo compuesto de aguas residuales. | 1,643.13 |
| Por la recepción de agua residual fuera de norma, proveniente de descargas al sistema de alcantarillado, de procesos productivos de empresas con giros industriales o comerciales, así como de plantas de tratamiento de aguas residuales de fraccionamientos habitacionales, de conformidad con el artículo 277-B, fracción I, y octavo transitorio de la Ley Federal de Derechos, por cada m ³ . | 0.80 |

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California, Periódico Oficial Sección I (2019), Ley de Ingresos del Estado de Baja California para el ejercicio fiscal del año 2020, Tomo CXXXVI, No. 67, 31 de diciembre de 2019.

De esta forma, la tarifa que aplica el organismo operador se clasifica en doméstica y no doméstica; se caracteriza por ser una tarifa escalonada y cruzada; por ejemplo, en agosto del 2020 para un consumo de 15 m³ de un usuario doméstico, la cuota fue de \$ 297.72, y para uno industrial fue de \$1,255.76. Generalmente se aplica un incremento uniforme en todas las clasificaciones año con año y, con la indexación que se le aplica, presenta un crecimiento prácticamente lineal, como se aprecia en la siguiente figura.

Ilustración 13. Tarifa doméstica de 15 metros cúbicos.



Fuente: elaboración propia con información de CESPT, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

OBSERVACIONES

- La infraestructura de recolección en las redes primarias y secundarias es obsoleta en gran parte, y ante cualquier tipo de fallas genera escurrimientos hacia el río Tijuana.
- Los cárcamos de bombeo representan la primera defensa del sistema para evitar los flujos transfronterizos y los que están en la parte baja de la cuenca del río Tijuana se encuentran en estado crítico.
- La PTAR SAB, de importancia binacional (Actas 270 y 298), se encuentra fuera de operación.
- Los manuales de operación de los sistemas de alcantarillado, bombeo y tratamiento están desactualizados.
- La descarga de agua tratada de las PTAR, dentro de la cuenca del río Tijuana, representa un costo para su traslado a la costa del Pacífico, y la mezcla con aguas negras para su disposición en la playa origina malos olores y contaminación, en tanto que las PTAR costeras disponen su efluente en arroyos generando problemas de encharcamiento y contaminación en su paso.
- El organismo operador presenta una inestabilidad financiera.

CONCLUSIONES

- La red de recolección de agua residual representa un punto clave para el cumplimiento de los acuerdos binacionales, porque ante cualquier desperfecto el caudal llega al río Tijuana, razón por la cual amerita que sea una prioridad en la ejecución de proyectos.
- Para el óptimo funcionamiento de las PB es necesario poner especial atención en la operación y mantenimiento del sistema, que garantice la adecuada conducción de las aguas residuales.
- Para atender los compromisos estipulados en las Actas 270 y 298 es necesaria la rehabilitación de la PTAR SAB.
- Se requiere actualización de los manuales de operación, ya que los retos y la tecnología han sufrido considerables cambios.
- Para evitar el trasvase de agua residual tratada, y disponerla al océano Pacífico, podría explorarse la posibilidad de un segundo uso.
- El organismo operador tiene escaso margen de apalancamiento para enfrentar una deuda y atender la demanda del rezago de infraestructura.

1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.

1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).

1.2.1.1 Red de alcantarillado sanitario.

La ciudad de Tijuana tiene una larga historia de problemas de saneamiento, por la antigüedad de algunas líneas de alcantarillado, la existencia de áreas que carecen de servicio de alcantarillado y una insuficiente capacidad de tratamiento de aguas residuales.

Pasado más de medio siglo, desde el inicio del primer sistema de alcantarillado se han firmado diversos tratados binacionales y se ha construido una diversidad de infraestructura, principalmente,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

bajo la presión de solucionar los derrames de aguas residuales en la zona transfronteriza. Con una lógica reactiva se construyó una gran parte de la infraestructura de recolección y alejamiento, postergando el saneamiento eficiente y, más aún, del reúso de las aguas tratadas.

No obstante, la tendencia creciente en la prestación del servicio de alcantarillado (1.7 % promedio anual), su desarrollo no ha sido suficiente para atender las necesidades sociales y ambientales, dado el rezago en la prestación del servicio para 12 % de los usuarios. La distribución espacial de la infraestructura, centralizada geográficamente en la zona centro y norte de la ciudad, ha originado que la población de la periferia sufra el rezago del servicio.

Aunado a ello, las descargas de aguas residuales de esa población son un factor contaminante del entorno, que también impacta negativamente en la salud y bienestar social.

Por otro lado, la ineficiencia en la operación y mantenimiento del sistema contribuye al vertimiento de aguas residuales sobre los cañones y cauces naturales de la ciudad. Cerca de 46 % de la red de drenaje es obsoleta, lo que genera un mayor riesgo de contaminación y desestabilización de terrenos por fugas y derrames, sin dejar de mencionar el limitado mantenimiento y reposición de las tuberías. La eficiencia del sistema es del 79 %; es decir, el 21 % de las aguas servidas, equivalentes a 18 hm³, promedio anual, se descargan de manera directa al ambiente. Dicha problemática corresponde principalmente a que el organismo operador no ha podido dar respuesta al déficit generado y la demanda ha superado la capacidad de respuesta³.

La zona costa presenta un rezago en la conducción y tratamiento de las aguas residuales, como es el caso de la PTAR SAB, y los gastos generados y sin resolver de la obra inconclusa de la PTAR Tecolote-La Gloria.

Dos de los problemas más importantes, asociados al funcionamiento de la red de alcantarillado de la ciudad son: la corrosión de las alcantarillas y sus instalaciones complementarias, y el control de las emanaciones de olores en las alcantarillas. Ambos problemas están relacionados con la producción de altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno, condición que es favorecida por las altas concentraciones de sulfatos contenidos en la fuente de suministro de agua potable (río Colorado).

El sulfuro de hidrógeno es un gas que está presente, tanto en la atmósfera del interior de las alcantarillas como en estado disuelto en el agua. Este gas es el responsable del olor a huevos podridos; el sulfuro de hidrógeno puede ser oxidado a ácido sulfúrico por acción de bacterias que se desarrollan en las paredes de los conductos, lo cual da lugar a importantes problemas de corrosión; el gas es tóxico para los seres humanos, lo que ha causado la muerte en algunos casos.

En el anexo 4 se presentan resultados de concentraciones típicas de sulfatos en aguas residuales, los cuales promedian del orden de 450 mg/l de sulfatos; dichos valores hacen inviable los procesos

³http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-69612016000100003



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

anaerobios por existir una competencia en las rutas metabólicas en la producción de metano y ácido sulfúrico.

Como ya se ha mencionado, el sistema de alcantarillado sanitario, principalmente el construido antes de 1990, presenta un gran deterioro y desgaste de sus paredes, siendo las crestas de los conductos las más afectadas, debido a diversos factores como la mala calidad de las tuberías de concreto, pendientes mínimas y, en algunos casos, hasta contrapendientes, la falta de desazolve, altas concentraciones de materia orgánica y sulfatos en las aguas residuales. Tijuana presenta uno de los consumos per cápita más bajos del país, incrementando la concentración de carga orgánica de las aguas residuales que se vierten al sistema de alcantarillado sanitario.

Otra de las causas de colapsos y fugas ha sido la falta de protección de las instalaciones para hacer frente a los acontecimientos de precipitación pluvial, que se agudiza por la falta de infraestructura, debido principalmente a la intrusión de agua de lluvia al sistema de alcantarillado, propiciando que trabajen a presión; si a eso sumamos que algunos colectores (principalmente los de concreto) tienen severo desgaste, sobre todo en el lomo del tubo a causa de la corrosión, la aparición de cavernas en la red es frecuente manifestándose después de la tormenta. Aunado a lo anterior, las precipitaciones pluviales constantemente descubren tuberías y, en muchos casos, las desacoplan o arrasan con ellas.

En los nuevos desarrollos populares, asentados en la zona periurbana de la ciudad, se carece de obras de cabecera con problemas de prestación del servicio. La carencia de redes de recolección primaria ha propiciado la proliferación de pequeñas PTAR para atender la demanda de fraccionamientos privados, rebasando la capacidad de la autoridad para supervisar el cumplimiento de la normatividad.

A continuación, se muestran imágenes de la problemática de los últimos cinco años, descrita anteriormente.

Ilustración 14. Colapso del colector Poniente, bulevar Federico Benítez.



Fuente: Noticias Internet.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 15. Falta de protección en el colector Poniente, colonia Arboledas La Mesa.



Fuente: propia.

Ilustración 16. Obra inconclusa, colector de refuerzo Los Reyes, parcela 53.



Fuente: propia

Ilustración 17. Pozo deteriorado, colector Insurgentes, Alamar.



Fuente: propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 18. Colapso colector Insurgentes, camellón central del bulevar Insurgentes.



Fuente: propia.

Ilustración 19. Colapso colector Oriente, avenida Murúa Martínez.



Fuente: Noticias Internet.

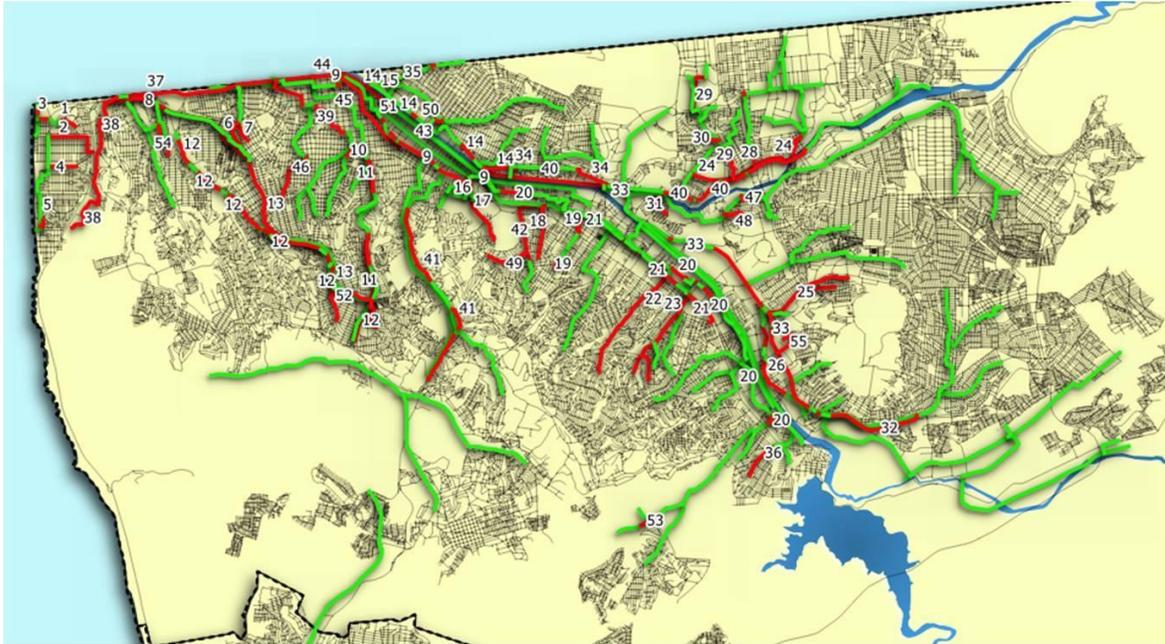
Tijuana cuenta con una red primaria (colectores y subcolectores), compuesta por aproximadamente 96 líneas, de las cuales el 57 % son de concreto y presentan algún tipo de desgaste severo. Gran parte del área de servicio del sistema de alcantarillado está dentro de la cuenca del río Tijuana y, debido a la topografía de la ciudad, de forma natural los colectores drenan hacia la zona baja del río del mismo nombre, por lo que, en caso de no contar con la obra de defensa, como lo es la PBCILA, los escurrimientos tendrían como destino final la zona costa de Imperial Beach del condado de San Diego, California.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En la ilustración 20 se presenta el estado que guardan los principales colectores y subcolectores, donde sobresale que los asentados en la cuenca del río Tijuana son los que presentan desgaste severo. Asimismo, ilustra que el crecimiento de la infraestructura hacia la periferia presenta condiciones aceptables.

Ilustración 20. Plano de ubicación del estado actual de la red primaria de alcantarillado.



Fuente: elaboración propia con información de la CESPT

Tabla 29. Estado de los colectores y subcolectores.

| No | Nombre del colector o subcolector | Estado | No | Nombre del colector o subcolector | Estado |
|----|-----------------------------------|--------|----|-----------------------------------|--------|
| 1 | Subcolector Las Nieves | | 37 | Líneas SAAS (Morada) | |
| 2 | Subcolector Parque México Sur | | 38 | Emisor SASS (Morada) | |
| 3 | Faltante colector Pacífico | | 39 | Colector Carranza | |
| 4 | Subcolector Parque Azteca Sur | | 40 | Interceptor Oriente | |
| 5 | Ciclón | | 41 | Colector Ensenada | |
| 6 | Subcolector Progreso | | 42 | Subcolector Lomas Agua Caliente | |
| 7 | Subcolector Unión | | 43 | Líneas Techite (pozos) | |
| 8 | Líneas Cuatas | | 44 | Inceptor Internacional | |
| 9 | Colector Sánchez Taboada | | 45 | Colector Central | |
| 10 | Subcolector Yucatán | | 46 | Subcolector Maclovio Herrera | |
| 11 | Atarjeas Fundadores | | 47 | Subcolector Torres del Lago | |
| 12 | Colector INV Nuevo | | 48 | Subcolector El Lago | |
| 13 | Colector INV Antiguo | | 49 | Subcolector Lomas Campestre | |
| 14 | Colector Oriente Viejo | | 50 | Subcolector Pastejé (zona río) | |
| 15 | Tramo Padre Kino | | 51 | Colector Lateral del Río | |
| 16 | Colector Torres de A. Caliente | | 52 | Subcolector Obrera | |
| 17 | Colector Campestre | | 53 | Colector San Martín | |
| 18 | Subcolector Palmas | | 54 | Subcolector Lomas del Mirador | |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No | Nombre del colector o subcolector | Estado | | |
|----|-----------------------------------|--------|--|--|
| 19 | Subcolector Ermita | | | |
| 20 | Faltantes interceptor Poniente | | | |
| 21 | Reubicación Poniente Antiguo | | | |
| 22 | Colector Cañón Salado | | | |
| 23 | Subcolector Trigarante | | | |
| 24 | Colector Industrial | | | |
| 25 | Subcolector Cochimies | | | |
| 26 | Subcolector La Campiña | | | |
| 27 | Red Benito Juárez | | | |
| 28 | Faltante colector Tecnológico | | | |
| 29 | Subcolector Garita | | | |
| 30 | Las Plazas | | | |
| 31 | Atarjea Álamos | | | |
| 32 | Colector Florido Viejo | | | |
| 33 | Colector Insurgentes | | | |
| 34 | Interceptor Oriente (dos líneas) | | | |
| 35 | Subcolector Zapata | | | |
| 36 | Subcolector Villas de BC | | | |

| No | Nombre del colector o subcolector | Estado | | |
|----|-----------------------------------|--------|--|--|
| 55 | Subcolector Río Amazonas | | | |
| 56 | Colector Valle Redondo | | | |
| 57 | Colector Matanuco Sur | | | |
| 58 | Colector Monte de Los Olivos | | | |
| 59 | Colector Cañón del Sainz | | | |
| 60 | Subcolector Ferrocarril | | | |
| 61 | Colector Matamoros-B. Aires | | | |
| 62 | Colector Alamar | | | |
| 63 | Colector Sección Tecnológico | | | |
| 64 | Subcolector Volcán de Toluca | | | |
| 65 | Colector Poniente, zona río | | | |
| 66 | Colector Línea Techite, zona río | | | |
| 67 | Colector Ensenada II | | | |
| 68 | Colector Libramiento Oriente | | | |
| 69 | Colector Farallón | | | |
| 70 | Colector Laureles | | | |
| 71 | Colector Tecolote-La Gloria | | | |
| 72 | Colector La Gloria Rosarito | | | |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Simbología:

Requiere atención inmediata

Requiere atención a corto plazo

Operando correctamente



Todos los colectores construidos antes de 1991 tienen problemas de desgaste; y otros, a pesar de estar construidos con tuberías de PVC, presentan derrames o fugas por el desacople de los tubos, debido a escurrimientos pluviales de años anteriores y a la falta de protecciones. En la ilustración y tabla anterior se muestran más de 50 colectores y subcolectores que requieren atención inmediata.

1.2.1.2 Plantas y cárcamos de bombeo de aguas residuales.

El sistema de alcantarillado trabaja en su mayor parte por gravedad, a excepción de las líneas de conducción de aguas residuales hacia los sitios de tratamiento, las cuales operan, en su mayoría, por bombeo. La topografía de la zona ocasiona que el agua residual que se genera en la cuenca fluya por gravedad a las zonas bajas del río; en caso de alguna fuga, tanto de agua residual o potable, tendrá como destino final el río Tijuana. Las aportaciones que escurren por el río se manejan de manera diferente durante las distintas épocas: en estiaje y en lluvias. En el primer caso, toda el agua que escurre por el río es captada por la estación de bombeo PB CILA y bombeada a la estación de bombeo PB-1 o hacia el colector Internacional, desde donde puede fluir por gravedad hacia la planta de bombeo PB-1 o a la planta internacional.

Por otro lado, durante períodos de lluvias, cuando el caudal del río rebasa los 1000 lps, se deja de operar la PB CILA y se permite que el agua fluya en forma natural por el río, descargando en el mar.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Existen algunas zonas donde el agua residual no tiene salida natural hacia los colectores principales que escurren a gravedad; en estos casos se emplean cárcamos de bombeo.

Algunas de las PB, como la PB1, Matadero (PB3), cárcamo Zapata, Laureles y Laureles II derraman agua residual por eventos pluviales, falta de energía eléctrica o fallas electromecánicas. Todos estos derrames fluyen hacia EE. UU., generando impactos transfronterizos.

Una de las constantes en estas instalaciones es la falta de mantenimiento y reemplazo de equipos electromecánicos, condición que se agrava en temporada de lluvias donde los sistemas de pretratamiento se ven rebasados por la intrusión de agua de lluvia que, en el mayor de los casos, presenta una gran concentración de sedimentos, lo que hace prácticamente imposibles su manejo.

Otra de las causas es la ausencia de equipos generadores de energía eléctrica, que permitan continuar operando a pesar de la falta de suministro de energía por parte de la Comisión Federal de Electricidad.

La principal obra de defensa contra los flujos que escurren por el río Tijuana con potencial impacto transfronterizo, es la PB CILA; esta planta cuenta con una serie de desarenadores en el cauce piloto del río Tijuana, un par de rejillas de limpieza manual y obra de toma con tubería de acero de 36 pulgadas que comunica las aguas que fluyen por el río al cárcamo de succión de la estación de bombeo, la cual está integrada con preparaciones para tres sistemas de bombeo para un total de 10 motores-bombas, cuando originalmente fue diseñada para tres equipos. Al estar confinada en un predio de dimensiones no apropiadas carece de espacio suficiente para efectuar maniobras de operación y mantenimiento; es evidente la falta de personal para atender la operación de manera continua, sólo se cuenta con el personal de vigilancia que, en el mejor de los casos, realiza labores de operación; este problema se agrava aún más por la falta de continuidad en las labores de limpieza de rejillas y falta de automatización y de telemetría. Cabe señalar que actualmente se trabaja en la rehabilitación de esta planta, considerando la instalación de equipos de bombeo, la construcción de una nueva obra de toma y un sistema de pretratamiento en un sitio aledaño a la actual planta.

A continuación, se muestran las condiciones actuales donde se hacen notar las deficiencias descritas anteriormente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 21. Cárcamo húmedo Laureles, sistema de pretratamiento fuera de operación.



Fuente: propia.

Ilustración 22. Cárcamo húmedo Laureles II, pretratamiento fuera de operación.



Fuente: propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 23 . Sobreequipamiento electromecánico PB CILA.



Fuente: propia.

Ilustración 24. Cárcamo húmedo deteriorado en PB Matadero, falta de techumbre.



Fuente: propia.

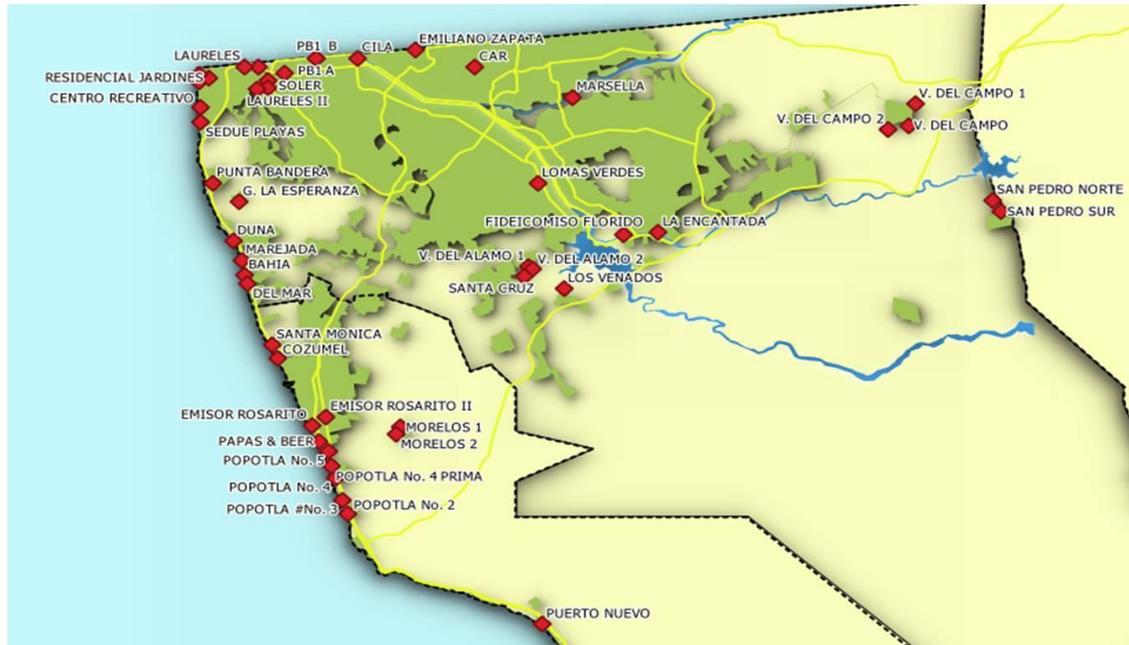
Tabla 30. Estado de los cárcamos de bombeo de aguas residuales.

| No. | Nombre | Colonia | Tipo | Estado |
|-----|-----------------------|-------------------|-------------|---------------------------------------|
| 1 | Cañón Emiliano Zapata | Libertad | Superficial | ■ |
| 2 | Playas | Playas de Tijuana | Enterrada | ■ |
| 3 | Mirador p/b | Mirador | Enterrada | ■ |
| 4 | Soler | Soler | Enterrada | ■ |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 25. Ubicación de los cárcamos de bombeo.



Fuente: elaboración propia.

1.2.1.3 Planta de tratamiento de aguas residuales.

La CESPT cuenta con 18 plantas de tratamiento, de las cuales 17 son del tipo intensivo de lodos activados en sus distintas modalidades, y sólo una de ellas del tipo extensivo, como es el caso de las lagunas de oxidación de San Antonio de Los Buenos (SAB). En estos sistemas de tratamiento se realizó una revisión y análisis de la capacidad de diseño, asociada con las prácticas de administración, operación y mantenimiento; esta evaluación se centra en el cumplimiento de la NOM, la capacidad operativa y la infraestructura existente.

PERSONAL OPERATIVO EN PTAR

La CESPT cuenta con la oficina de la PTAR, la cual es la encargada de operar dichas instalaciones; la plantilla adscrita a esta área se conforma por 39 empleados, distribuidos de la siguiente manera: 28 son operadores de plantas de tratamiento, cinco laboran en áreas verdes, dos son chóferes y los restantes son coordinadores; una jornada laboral del personal de campo es de 7 h diarias (35 h a la semana).

A continuación, se muestra la distribución de operadores de plantas de tratamiento que son operadas por el organismo.

Tabla 31. Relación de operadores por PTAR.

| No | PTAR | Operadores actuales | Permanencia en planta (h) |
|----|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | San Antonio de Los Buenos | 9 | 24 |
| 2 | San Antonio del Mar | 2 | 12 |
| 3 | Santa Fe | 2 | 12 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | | |
|--------------|-------------------------|-----------|----|
| 4 | Pórticos de San Antonio | 2 | 7 |
| 5 | Villa del Prado | 3 | 16 |
| 6 | Los Valles | 1 | 7 |
| 7 | Hacienda Las Flores | 0 | 0 |
| 8 | San Pedro | 1 | 7 |
| 9 | El CAR | 0 | 0 |
| 10 | Rosarito I | 3 | 12 |
| 11 | Puerto Nuevo | 0 | 0 |
| 12 | Rosarito Norte | 3 | 12 |
| 13 | Vista Marina | 1 | 7 |
| 14 | Las Maravillas | 1 | 10 |
| Total | | 28 | |

Fuente: CESPT.

De la anterior tabla se advierten deficiencias en el número de operadores; la única instalación que cuenta con personal las 24 h, es San Antonio de Los Buenos; las restantes promedian de 7 hasta 16 horas por día, y algunas trabajan sin operador de manera permanente; cuando el personal de operación se retira de las instalaciones, el equipamiento se queda encendido, lo que incrementa la posibilidad de que sufra algún tipo de daño o los procesos biológicos se vean afectados por falta de arranque o paro oportunos de alguno de los equipos, máxime considerando que los sistemas que actualmente se tienen son del tipo lodos activados, los cuales requieren de cambios o modificaciones constantes en su operación. Es importante señalar que las PTAR Arturo Herrera y La Morita son operadas por una empresa privada en el esquema de subcontratación.

INFRAESTRUCTURA EN PTAR

Con la finalidad de conocer la infraestructura con la que cuentan los sistemas de tratamiento, se realizó un levantamiento de campo del equipamiento que tiene cada una de las instalaciones e identificar los equipos que se encuentran disponibles para su operación o, en su defecto, los que están fuera de operación; para este último caso se agregó la fecha aproximada en que sufrieron algún daño o se pusieron fuera de operación, lo que permite conocer con mayor certeza las condiciones reales de las PTAR. En la siguiente tabla se muestra el resumen del levantamiento realizado.

Tabla 32. Estado de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales.

| Nombre de la planta | Capacidad de tratamiento (lps) | Proceso de tratamiento | Tipo de tratamiento | Estado | | |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------|--------|--|--|
| PITAR | 1,100 | Lodos activados | Secundario | | | |
| San Antonio de Los Buenos* | 1,100 | Sistema Lagunar | Secundario | | | |
| Villa del Prado | 56 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Santa Fe | 19 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Pórticos de San Antonio | 7.5 | Lodos activados | Secundario | | | |
| San Antonio del Mar | 3 | Lodos activados | Secundario | | | |
| San Pedro | 67 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Arturo Herrera | 460 | Lodos activados | Secundario | | | |
| La Morita | 254 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Los Valles | 15 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Hacienda Las Flores | 2 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Centro de Alto Rendimiento | 5 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Natura I | 60 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Las Maravillas | 40 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Puerto Nuevo | 2 | Lodos activados | Secundario | | | |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Nombre de la planta | Capacidad de tratamiento (lps) | Proceso de tratamiento | Tipo de tratamiento | Estado | | |
|---------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------|--------|--|--|
| Rosarito Norte | 210 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Vista Marina | 6 | Lodos activados | Secundario | | | |
| Rosarito I* | 120 | Lodos activados | Secundario | | | |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Simbología:

Requiere atención inmediata

Requiere atención a corto plazo

Operando correctamente



1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación.

La importancia de contar con manuales y políticas de operación y mantenimiento en instalaciones de manejo de agua, como las plantas de bombeo y plantas de tratamiento de aguas residuales, radica en diversos beneficios como es asegurar la operatividad de los sistemas, alargar la vida útil de los equipos y dar cumplimiento a la normatividad en materia de agua, hasta reducir consumos de energía. La creación de manuales y políticas de operación involucra una responsabilidad compartida entre el que supervisa o proporciona el recurso y quien debe cumplir el manual o la política de operación; en este caso, los encargados de operar y mantener los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales. Contar con un documento o manual, que será usado para operar y mantener, asume la responsabilidad de que los métodos y procedimientos contenidos en ellos sean los más adecuados para la ejecución de las tareas que conciernen a los operadores y mantenedores, asumiendo, por tanto, la responsabilidad de la idoneidad de dichos procedimientos, que permitan la continuidad en la prestación del servicio y el cumplimiento de las normas, por lo que deberá evitar salir de los procedimientos establecidos.

Es responsabilidad del personal encargado de la operación, así como del de mantenimiento, mantener los manuales actualizados y asegurarse de su pertinencia, según lo requerido por cada instalación, siendo esta manera el camino seguro para lograr la continuidad de los servicios, sin dejar de mencionar la relación directa con la disponibilidad de recursos económicos que permitan dar continuidad a los requerimientos inherentes a la operación, mantenimiento y recambio de equipos.

Se observa que los procedimientos y políticas implementadas no están actualizadas, ya que la información presentada por el organismo operador en la mayoría de los casos tiene una antigüedad mayor a ocho años, cuando en el mismo procedimiento se establecen políticas de revisión o actualizaciones anuales.

No menos importante es mencionar que no se ubicaron los procedimientos para los mantenimientos preventivo y correctivos, o políticas para el recambio de equipamiento por pérdida de vida útil o por daños; esta deficiencia es fácilmente observable en el equipamiento que se encuentra instalado, pudiendo notar instalaciones con más del 50 % del equipo fuera de operación por daños o fallas electromecánicas, como es el caso de las PTAR SAB y Rosarito Norte (módulo 60 lps).

De acuerdo con lo anterior, es pertinente sugerir que se implementen procedimientos claros para llevar a cabo los mantenimientos y políticas para iniciar de manera inmediata con un programa de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

recambio y reposición de equipamiento, con la finalidad de evitar repercusiones en el entorno social y político, como es el daño a los ecosistemas y a la salud de la población, sin dejar de mencionar los impactos transfronterizos.

Otro factor que se observa en los sistemas instalados (bombas, principalmente) es la existencia de diferentes marcas y capacidades de equipos para un mismo propósito, por lo que se recomienda seleccionar equipos basados en un sistema modular que sea capaz de utilizar los mismos motores eléctricos, ejes, juntas y otros componentes, lo que también implica ahorros importantes en refacciones, así como una reducida necesidad de inventario y el aprovechamiento de la experiencia del personal electromecánico.

1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra.

No se obtuvo información por el organismo operador.

1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final.

El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental, al igual que para la protección de la salud pública. En la ausencia de tratamiento las aguas residuales son, por lo general, vertidas en arroyos, ríos o en el mismo océano Pacífico, creando riesgos a la salud pública y a los ecosistemas; para mejorar las condiciones de salud y saneamiento de estas zonas, se requiere de la construcción de PTARs que operen de manera eficiente y estén en posibilidad de cumplir con los requerimientos de las normas ambientales. Las condiciones de los sitios de descarga de aguas residuales, que realizan las principales PTAR en la ciudad de Tijuana y Playas de Rosarito, se muestran a continuación.

1.2.4.1 PTAR San Antonio de Los Buenos (SAB).

La PTAR SAB descarga las aguas residuales en la subcuenca del mismo nombre; esta se ubica en el kilómetro 19+500 de la Carretera Escénica Tijuana-Ensenada; para la conducción del agua se tiene instalada tubería de 54", la cual termina en un sistema de reducción de velocidad, para descarga al arroyo y escurrir por gravedad e integrarse con el océano Pacífico; este sitio de descarga ha sido utilizado desde al menos 1965, según se describe en el Acta 222, de fecha 30 de noviembre de 1965 (CILA). Cercano al sitio de descarga se ubica el conjunto habitacional y campo de golf Real del Mar. A continuación, se muestra la descarga del agua residual de la PTAR SAB.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 26. Ubicación de la descarga de la PTAR SAB.



Fuente: elaboración propia.

En la anterior ilustración se muestra el recorrido que hace el agua desde la PTAR SAB hasta su sitio de disposición (océano Pacífico); la línea azul muestra la conducción mediante tubería (2.7 km) y la línea roja la sección a cielo abierto y en tierra suelo natural (1.1 km).

Ilustración 27. Sitio de la descarga al arroyo SAB.



Fuente: propia.

1.2.4.2 PTAR José Arturo Herrera Solís (JAHS).

La PTAR JAHS descarga las aguas residuales tratadas al río Tijuana, con el cual colinda; la descarga se realiza a un pluvial, el cual desemboca en el citado río, escurriendo a gravedad hasta la altura de la planta de bombeo PB-CILA (17.9 km). En la siguiente ilustración se muestra en color rojo el recorrido que realiza dicha agua.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 28. Recorrido de descarga de la PTAR JAHS.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 29. Punto de descarga de la PTAR JAHS.



Fuente: propia.

1.2.4.3 PTAR La Morita.

La PTAR La Morita descarga sus aguas residuales tratadas al canal pluvial Matanuco, que es un tributario del río Tijuana, por lo que al igual que la PTAR JAHS se integra con el agua que escurre por el río Tijuana hasta llegar a la planta de bombeo PB-CILA y su correspondiente disposición en el océano Pacífico. A continuación, se muestra el recorrido que realiza el agua residual desde su punto de generación hasta el cárcamo PB-CILA.

Ilustración 30. Recorrido del agua residual tratada de la PTAR La Morita-PB-CILA.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 31. Punto de descarga de la PTAR La Morita



Fuente: propia.

1.2.4.4 PTAR Rosarito Norte.

Las aguas residuales tratadas de la PTAR Rosarito Norte son conducidas mediante tubería (0.82 km) hasta un pluvial, para escurrir por terreno natural hasta el océano Pacífico. En la siguiente ilustración se muestra en color azul el tramo entubado, y en color rojo el tramo que escurre el agua tratada por el pluvial, hasta alcanzar el mar; el lugar donde se realiza la descarga es una playa visitada por



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

bañistas. Es importante describir que esta playa se encuentra completamente urbanizada, por lo que continuamente se presentan quejas, tanto por los bañistas, como por los vecinos de esa comunidad.

Ilustración 32. Recorrido del agua residual de la PTAR Rosarito Norte.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 33. Punto de descarga de la PTAR Rosarito Norte.



Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.2.4.5 PTAR Rosarito I.

La PTAR Rosarito I descarga sus aguas residuales tratadas a un emisor (3.1 km), el cual escurre a gravedad hasta el mar, para luego introducirse al océano Pacífico a una distancia de 0.2 km. A continuación, se presenta el recorrido del agua tratada hasta el océano Pacífico.

Ilustración 34. Recorrido de la descarga de la PTAR Rosarito I.



Fuente: elaboración propia.

La descarga de esta PTAR es la única que se encuentra completamente entubada, desde la planta hasta su disposición final en el océano Pacífico.

1.2.4.6 PTAR Villas del Prado.

La PTAR Villas del Prado realiza su descarga en un pluvial, el cual a su vez converge en el arroyo Huahuatay, que escurre a gravedad en dirección al océano Pacífico; sin embargo, el caudal no alcanza al mar, toda vez que durante el recorrido logra infiltrarse. A continuación, se muestra el recorrido de esta agua y se presenta una foto del punto de la descarga.

Ilustración 35. Recorrido de la descarga de la PTAR Villas del Prado.



Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 36. Punto de descarga de la PTAR Villas del Prado.



Fuente: elaboración propia.

1.2.4.7 PTAR Natura I.

La PTAR Natura I hace su descarga en un pluvial, el cual a su vez descarga a un pequeño arroyo que escurre hasta el cañón Rosarito; esta descarga, al igual que la de la PTAR Villas del Prado, se genera en el municipio de Tijuana, pero tiene un impacto en el municipio de Playas de Rosarito. A continuación, se muestra el recorrido que realiza.

Ilustración 37. Recorrido del agua de la PTAR Natura I.



Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 38. Descarga de la PTAR Natura I.



Fuente: elaboración propia.

1.2.4.8 PTAR Pórticos de San Antonio.

La PTAR de Pórticos de San Antonio descarga en un arroyo que es tributario de la subcuenca San Antonio del Mar. Debido a la construcción de nuevos desarrollos, estas descargas drenan muy cerca de la zona habitacional; en una sección del recorrido las aguas se conducen por el pluvial del fraccionamiento El Cedro, para después continuar su recorrido por el arroyo. Es preciso comentar que en años recientes la CESPT construyó un colector para conectar las aguas residuales crudas a la PTAR Las Maravillas y dejar fuera de operación a la PTAR Pórticos de San Antonio. A continuación, se muestra el recorrido que realiza el agua residual tratada.

Ilustración 39. Recorrido del agua de la PTAR Pórticos de San Antonio.



Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 40. Descarga de la PTAR Pórticos de San Antonio.



Fuente: elaboración propia.

1.2.4.9 PTAR San Antonio del Mar.

San Antonio del Mar descarga sus aguas residuales tratadas al océano Pacífico; la descarga se encuentra entubada hasta la playa y la tubería sigue las calles e ingresa por un pluvial que conduce al mar. A continuación, se muestra el recorrido que realiza dicha agua.

Ilustración 41. Recorrido del agua de la PTAR San Antonio del Mar.



Fuente: elaboración propia.

Ilustración 42. Descarga de la PTAR San Antonio del Mar.



Fuente: elaboración propia

1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento.

Los costos de funcionamiento del organismo operador se dividen en tres grandes conceptos, como se aprecia en la tabla siguiente, en la cual destaca el gran peso del costo que tienen los servicios generales, que en un año se incrementó en 749 mdp por concepto de la compra de agua en bloque que es trasladada desde Mexicali, BC; esta cantidad representó para el 2019 el 49 % del total del gasto del organismo operador.

Tabla 33. Costos de funcionamiento.

| Tipo de gasto | 2018 | 2019 |
|--------------------------|---------|---------|
| Servicios personales | 1,038.7 | 1,029.3 |
| Materiales y suministros | 177.6 | 208.3 |
| Servicios generales | 1,369.0 | 2,118.5 |
| Total | 2,585.4 | 3,356.2 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT, 2020.

1.2.6 Capacidades financieras del organismo.

De acuerdo con el comportamiento del resultado del ejercicio de los últimos diez años, que puede apreciarse en la siguiente tabla, los egresos han sido superiores a los ingresos en varios años, lo que manifiesta una situación inestable en el organismo operador y, no obstante que el resultado sea



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

positivo, como en el 2019, es mínimo para las necesidades de operación del organismo, el cual deja ver una comprometida capacidad financiera.

Tabla 34. Resultados del ejercicio.

| Millones de pesos | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ingresos | 1,827.4 | 1,964.4 | 2,257.1 | 2,336.2 | 3,141.4 | 2,853.8 | 3,104.9 | 3,296.8 | 3,948.8 | 4,038.6 |
| Egresos | 1,866.9 | 2,232.8 | 2,462.5 | 2,453.2 | 2,623.7 | 2,598.9 | 2,819.7 | 3,318.4 | 3,336.3 | 4,017.2 |
| Resultados del ejercicio | 61.4 | -210.8 | -154.0 | -72.1 | 517.7 | 254.9 | 285.1 | -21.6 | 612.6 | 21.5 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT, 2020.

Por otro lado, el compromiso de deuda pública que tiene el organismo operador se incrementó vertiginosamente a partir del año 2007, y en el 2009 su monto era superior a los ingresos de la paraestatal; paulatinamente se ha ido reduciendo la deuda; al cierre del 2019 ya representaba el 40 por ciento de los ingresos del organismo. Sin embargo, estos compromisos financieros por 1,632.7 mdp (cierre del 2019), son una carga que impide orientar los recursos en acciones de ampliación de infraestructura y mantenimiento de la misma. El 43 % de la deuda tiene fecha de vencimiento en el 2030; el 12 % se vence en el 2034, y el 45 % se vence en el 2035, lo que significa que durante los próximos 15 años la capacidad financiera del organismo para adquirir nueva deuda es muy limitada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2 El déficit de saneamiento en la región.

2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura.

En este apartado se analizarán los volúmenes de agua residual generada por cada ciudad, revisando la capacidad teórica de cada una de las plantas de tratamiento y de la infraestructura primaria de alcantarillado sanitario, así como una estimación de generación de agua residual para los siguientes 30 años, comparando con ello la capacidad de la infraestructura y proponiendo aquellas mejoras que se necesiten para cumplir con los requerimientos técnicos, ambientales y de salud pública, con respecto a la recolección, tratamiento y alejamiento de las aguas residuales.

2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales.

La demanda actual del sistema de saneamiento está dada por el registro de volúmenes de agua residual generada y captada en los indicadores gerenciales de los organismos operadores.

Para el caso de la ciudad de Tijuana se observa un crecimiento constante en el volumen de agua residual captada, excepto en el 2019 cuando se registró un decremento, a pesar de que los volúmenes de abastecimiento para ese mismo año aumentaron; esto quiere decir que existen volúmenes que no fueron registrados por interrupción en la medición, fugas de aguas residuales sin control o eventos constantes de lluvias que no permitieron el uso de la PB CILA para la extracción de las aguas residuales tratadas y crudas que circulan por el canal del río Tijuana.

Tabla 35. Cálculo de la aportación per cápita en Tijuana.

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| Volumen de agua residual captada (m ³) | 81,622,260 | 83,272,149 | 84,407,201 | 86,526,930 | 83,968,939 |
| Gasto de agua residual captado (lps) | 2,588 | 2,641 | 2,677 | 2,744 | 2,663 |

Fuente: CESPT.

Para el análisis de la capacidad actual de las PTAR se optó por utilizar los volúmenes generados en el 2018, ya que estos han sido los más altos registrados para la ciudad de Tijuana.

Tabla 36. PTARs que operan en Tijuana (2018).

| Nombre de la PTAR | Gasto de diseño (lps) | Volumen de agua residual captada (m ³) | Gasto de operación (lps) | Déficit/ Superávit (-/+) |
|---|-----------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| PITAR (operada por CILA, sección americana) | 1,100 | 34,255,687 | 1,086.2 | 13.8 |
| San Antonio de Los Buenos | 1,100 | 23,720,716 | 752.2 | 347.8 |
| Santa Fe | 19 | 166,810 | 5.3 | 13.7 |
| San Antonio del Mar | 3 | 137,076 | 4.3 | -1.3 |
| Pórticos de San Antonio | 7.5 | 247,370 | 7.8 | -0.3 |
| Valle de San Pedro | 67 | 352,502 | 11.2 | 55.8 |
| Centro de Alto Rendimiento | 5 | 0 | 0.0 | 5.0 |
| Villa del Prado | 56 | 582,005 | 18.5 | 37.2 |
| Arturo Herrera | 460 | 7,556,315 | 239.6 | 220.4 |
| La Morita | 254 | 7,265,497 | 230.4 | 23.6 |
| Los Valles | 15 | 307,497 | 9.8 | 5.2 |
| Hacienda Las Flores | 2 | 0 | 0.0 | -2.0 |
| Natura | 60 | 1,028,946 | 32.6 | 27.4 |
| Las Maravillas | 40 | 766,714 | 24.3 | 15.7 |
| TOTAL | 3,188.5 | 76,387,135 | 2,422 | |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Fuente: CESPT.

Como puede observarse en la tabla anterior, las plantas de tratamiento San Antonio del Mar y Pórticos de San Antonio muestran un déficit en su capacidad de tratamiento. Deberán tomarse acciones en el corto plazo para aumentar la capacidad de tratamiento y poder soportar la demanda actual y futura, o reforzar la infraestructura cercana a estas plantas, para reducir el volumen que actualmente reciben y trasvasarlo a otra planta con capacidad suficiente para tratar dichos volúmenes, como es el caso de la PTAR La Morita, la cual está a punto de llegar a su máxima capacidad, por lo que se optó como medida provisional por trasvasar parte de los caudales de esa cuenca a la PTAR JAHS. Los volúmenes tratados en la planta San Antonio de Los Buenos, sólo representan los que recolecta la planta, no el cumplimiento de la normatividad en la descarga.

2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales.

Para efectos de la determinación de la generación de agua residual futura, con horizonte al 2050, se utilizó la proyección de CONAPO por ser la más apegada a la realidad de crecimiento de la población en la zona del proyecto, aunado al hecho de que son datos de fuentes oficiales y se tomará como información de proyecto.

Tabla 37. Población de proyecto.

| Año | Tijuana | Playas de Rosarito | Total |
|------|-----------|--------------------|-----------|
| 2020 | 1,789,531 | 107,859 | 1,897,390 |
| 2021 | 1,815,100 | 109,679 | 1,924,779 |
| 2022 | 1,839,915 | 111,412 | 1,951,327 |
| 2023 | 1,863,973 | 113,063 | 1,977,036 |
| 2024 | 1,887,268 | 114,622 | 2,001,890 |
| 2025 | 1,909,798 | 116,093 | 2,025,891 |
| 2030 | 2,011,060 | 121,999 | 2,133,059 |
| 2035 | 2,103,202 | 127,588 | 2,230,790 |
| 2040 | 2,199,529 | 133,432 | 2,332,961 |
| 2045 | 2,300,267 | 139,543 | 2,439,810 |
| 2050 | 2,400,799 | 145,642 | 2,546,440 |

Fuente: CONAPO.

En los indicadores de la CESPT, Tijuana maneja una población para el año 2019 de 1,933,249 habitantes, y CONAPO para el mismo año nos da una población de 1,763, 197, lo que nos indica una discrepancia de 170,352 habitantes. En la tabla 38 se muestra la información histórica del crecimiento poblacional de la zona.

Tabla 38. Población histórica.

| Año | Tijuana | Playas de Rosarito |
|------|---------|--------------------|
| 1900 | 242 | --- |
| 1910 | 733 | --- |
| 1921 | 1,028 | --- |
| 1930 | 8,384 | --- |
| 1940 | 16,486 | --- |
| 1950 | 59,952 | --- |
| 1960 | 152,374 | --- |
| 1970 | 277,306 | --- |
| 1980 | 429,500 | --- |
| 1990 | 698,752 | --- |
| 1995 | 966,097 | 37,121 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | |
|------|-----------|--------|
| 2000 | 1,148,681 | 49,178 |
| 2005 | 1,286,187 | 56,887 |
| 2010 | 1,300,983 | 65,278 |

Fuente: INEGI.

Para determinar la demanda futura de saneamiento se parte de un análisis de los indicadores de gestión de los últimos cinco años; este análisis permite conocer el comportamiento de la aportación per cápita; el cálculo partió de la recolección de agua residual en el año, entre la población beneficiada al cierre del mismo año, obteniéndose como resultados los datos listados en las siguientes tablas.

Tabla 39. Cálculo de la aportación per cápita en Tijuana.

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| Volumen de agua residual captada (m ³) | 81,622,260 | 83,272,149 | 84,407,201 | 86,526,930 | 83,968,939 |
| Población beneficiada | 1,554,091 | 1,587,394 | 1,610,237 | 1,628,693 | 1,745,604 |
| Aportación (l/hab/día) | 144 | 144 | 144 | 146 | 132 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Tabla 40. Cálculo de la aportación per cápita en Playas de Rosarito.

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Volumen de agua residual captada (m ³) | 4,839,958 | 3,842,002 | 4,522,936 | 4,528,271 | 4,538,796 |
| Población beneficiada | 69,683 | 71,545 | 75,584 | 77,466 | 74,314 |
| Aportación (l/hab/día) | 190.29 | 147.13 | 163.94 | 160.15 | 167.33 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Tabla 41. Cálculo de la aportación per cápita en Tijuana y Playas de Rosarito.

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| Volumen de agua residual captada (m ³) | 86,462,218 | 87,114,151 | 88,930,138 | 91,055,201 | 88,507,735 |
| Población beneficiada | 1,623,774 | 1,658,938 | 1,685,821 | 1,706,159 | 1,819,919 |
| Aportación (l/hab/día) | 145.88 | 143.87 | 144.53 | 146.22 | 133.24 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Como resultado del análisis de los indicadores de los últimos cinco años se observa una inconsistencia en los volúmenes captados de agua residual, aunado a que existen escurrimientos de aguas residuales que no son medidos al no ser captados por ninguna planta de tratamiento; como ejemplo, los escurrimientos que son generados por la zona de La Gloria y Tecolote. Por lo tanto, se propuso analizar la generación de agua residual partiendo de la producción o dotación de agua potable, la cual muestra mayor confiabilidad en su medición.

Tabla 42. Cálculo de la dotación per cápita en Tijuana

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Volumen de agua potable (m ³) | 114,141,064 | 116,738,779 | 118,041,357 | 123,932,538 | 128,504,374 |
| Población beneficiada | 1,704,945 | 1,744,613 | 1,769,752 | 1,792,110 | 1,916,577 |
| Dotación (l/hab/día) | 183 | 183 | 183 | 189 | 184 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Tabla 43. Cálculo de la dotación per cápita en Playas de Rosarito.

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Volumen de agua potable (m ³) | 5,922,639 | 6,849,954 | 7,217,478 | 7,325,666 | 7,213,714 |
| Población beneficiada | 99,918 | 103,288 | 108,086 | 110,615 | 115,842 |
| Dotación (l/hab/día) | 162 | 182 | 183 | 181 | 171 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 44. Cálculo de la dotación per cápita en Tijuana y Playas de Rosarito.

| Concepto | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Volumen de agua potable (m ³) | 120,063,703 | 123,588,733 | 125,258,835 | 131,258,204 | 135,718,089 |
| Población beneficiada | 1,804,864 | 1,847,901 | 1,877,838 | 1,902,726 | 2,032,419 |
| Dotación (l/hab/día) | 182 | 183 | 183 | 189 | 183 |

Fuente: elaboración propia con información de la CESPT.

Según las Normas Técnicas para Proyecto de Sistemas de Alcantarillado Sanitario, publicadas en el Periódico Oficial el 26 de septiembre del 2014, se considerará como aportación media el 80 % de la dotación. De acuerdo con el comportamiento analizado anteriormente, la dotación máxima se alcanzó en el 2018, con 189 l/hab/día, por lo que para efectos de la proyección de la demanda futura de saneamiento se propone utilizar una dotación de 190 l/hab/día, la cual según las Normas de Proyectos se convierte en una aportación per cápita promedio de 152 l/hab/día.

Para el cálculo de generación de agua residual, partimos de la información de población analizada anteriormente para cada uno de los municipios, utilizando la aportación per-cápita calculada.

Tabla 45. Generación de aguas residuales en Tijuana

| Concepto | 2020 | 2025 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Población | 1,789,531 | 1,909,798 | 2,011,060 | 2,199,529 | 2,400,799 |
| Cobertura | 90.8% | 92.0% | 94.5% | 95.0% | 95.0% |
| Población beneficiada | 1,624,894 | 1,757,014 | 1,900,452 | 2,089,552 | 2,280,759 |
| Aportación per cápita (l/hab-día) | 152 | 152 | 152 | 152 | 152 |
| Generación de aguas residuales (lps) | 2,859 | 3,091 | 3,343 | 3,676 | 4,012 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 46. Generación de aguas residuales en Playas de Rosarito

| Concepto | 2020 | 2025 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Población | 107,859 | 116,093 | 121,999 | 133,432 | 145,642 |
| Cobertura | 69.1% | 71.0% | 73.5% | 78.5% | 83.5% |
| Población beneficiada | 74,531 | 82,426 | 89,669 | 104,744 | 121,611 |
| Aportación per cápita (l/hab-día) | 152 | 152 | 152 | 152 | 152 |
| Generación de aguas residuales (lps) | 131 | 145 | 158 | 184 | 214 |

Fuente: elaboración propia.

Con intención de evaluar la infraestructura primaria, que compone el sistema de saneamiento, es necesario realizar una proyección de generación de aguas residuales por subcuencas, flujos que permitirán determinar las necesidades y dimensionamiento de la infraestructura existente y futura.

Para el área de influencia del sistema de saneamiento se consideraron las cuencas hidrológicas ubicadas dentro de los límites municipales de Tijuana y Playas de Rosarito. La población por cuenca fue obtenida de la intersección geográfica de las unidades territoriales de población con las subcuencas hidrológicas, resultando la siguiente generación de agua residual.

Tabla 47. Generación de aguas residuales por subcuenca en lps.

| No. | Cuenca | Municipio | 2020 | 2021 | 2024 | 2030 | 2050 |
|-----|----------------|-----------|------|------|------|------|------|
| 1 | Matanuco Norte | Tijuana | 204 | 207 | 219 | 241 | 293 |
| 1a | Matanuco Sur | Tijuana | 62 | 64 | 67 | 74 | 90 |
| 2 | El Florido | Tijuana | 244 | 248 | 263 | 289 | 351 |
| 3 | El Sainz | Tijuana | 112 | 114 | 121 | 133 | 162 |
| 4 | México Lindo | Tijuana | 38 | 39 | 41 | 45 | 55 |
| 5 | Cerro Colorado | Tijuana | 60 | 61 | 64 | 71 | 86 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

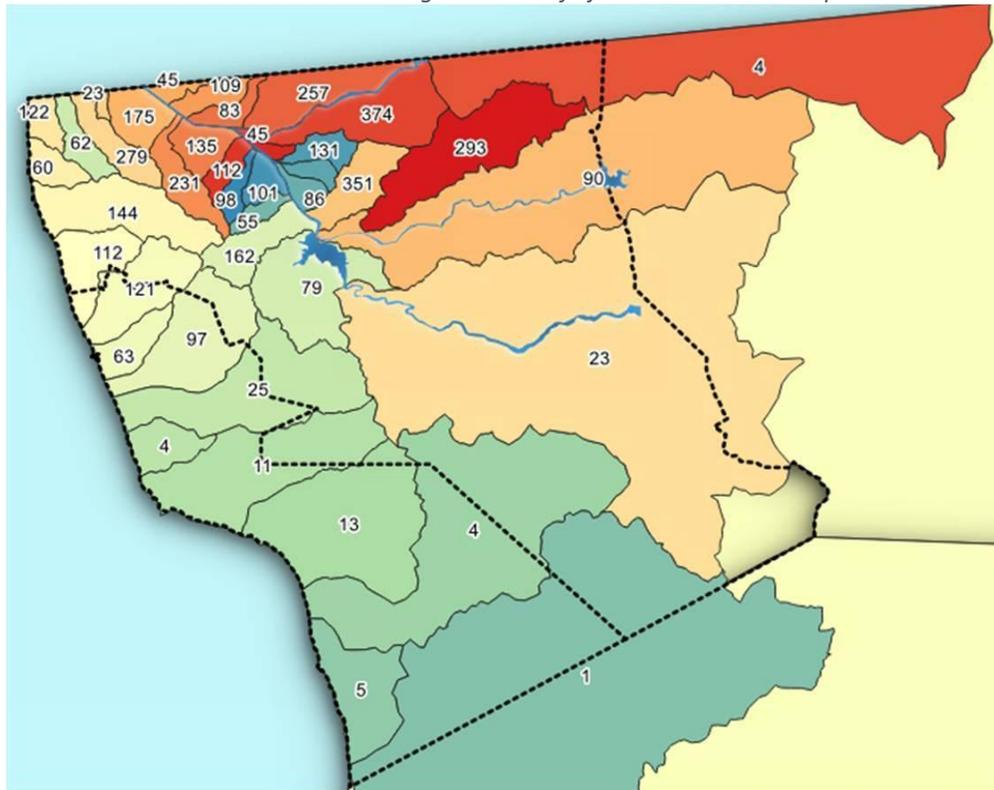
| No. | Cuenca | Municipio | 2020 | 2021 | 2024 | 2030 | 2050 |
|--------|------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6 | Guaycura Presidentes | Tijuana | 49 | 49 | 52 | 58 | 70 |
| 7 | El Gato Bronco | Tijuana | 91 | 93 | 98 | 108 | 13 |
| 8 | La Mesa | Tijuana | 71 | 72 | 76 | 84 | 101 |
| 9 | Sánchez Taboada | Tijuana | 68 | 70 | 74 | 81 | 98 |
| 10 | Sistema Álamos | Tijuana | 31 | 32 | 34 | 37 | 45 |
| 11 | Camino Verde | Tijuana | 78 | 79 | 84 | 92 | 112 |
| 12 | Tributarios Alamar izq. | Tijuana | 260 | 265 | 280 | 308 | 374 |
| 12A, B | San Isidoro (cárcamo Gandul) | Tijuana | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 13 | Tributario Alamar derecha | Tijuana | 178 | 182 | 192 | 212 | 257 |
| 14 | La Pechuga | Tijuana | 58 | 59 | 62 | 69 | 83 |
| 15 | Agua Caliente | Tijuana | 94 | 96 | 101 | 112 | 135 |
| 16 | Aguaje de la Tuna | Tijuana | 160 | 163 | 173 | 190 | 231 |
| 17 | Pastejé o Aviación | Tijuana | 76 | 77 | 82 | 90 | 109 |
| 18 | Emiliano Zapata | Tijuana | 31 | 32 | 34 | 37 | 45 |
| 19 | Sistema Centro | Tijuana | 121 | 124 | 131 | 144 | 175 |
| 20 | Cañón del Sol | Tijuana | 16 | 16 | 17 | 19 | 23 |
| 21 | El Matadero | Tijuana | 194 | 198 | 209 | 230 | 279 |
| 22 | Valle de las Palmas | Tijuana | 16 | 16 | 17 | 19 | 23 |
| 23 | Playas Norte | Tijuana | 85 | 86 | 91 | 100 | 122 |
| 24 | Playas Sur | Tijuana | 42 | 43 | 45 | 50 | 60 |
| 25 | San Antonio de Los Buenos | Tijuana | 100 | 102 | 108 | 119 | 144 |
| 26 | San Antonio del Mar | Tijuana/Rosarito | 78 | 80 | 84 | 93 | 112 |
| 27 | Plan Libertador | Tijuana/Rosarito | 84 | 85 | 90 | 99 | 121 |
| 28 | Guaguatay | Rosarito | 44 | 44 | 47 | 52 | 63 |
| 29 | Rosarito | Tijuana/Rosarito | 68 | 69 | 73 | 80 | 97 |
| 30 | Cueros de Venado | Tijuana | 55 | 56 | 59 | 65 | 79 |
| 31 | Los Laureles | Tijuana | 43 | 44 | 47 | 51 | 62 |
| 32 | Rosarito Sur | Rosarito | 18 | 18 | 19 | 21 | 25 |
| 33 | Playa Encantada | Rosarito | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 34 | El Morro | Rosarito | 7 | 8 | 8 | 9 | 11 |
| 35 | El Paraíso | Rosarito | 9 | 9 | 10 | 11 | 13 |
| 36 | El Descanso | Rosarito | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 37 | Mesa del Descanso | Rosarito | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 38 | La Misión | Rosarito | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | Total | | 2,957 | 3,014 | 3,187 | 3,509 | 4,256 |

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 43. Plano de cuencas hidrológicas con los flujos medios estimados para 2050.



Fuente: elaboración propia.

2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.

Los colectores considerados para análisis corresponden al sistema de alcantarillado sanitario primario con potencial impacto directo de escurrimientos hacia Estados Unidos de América; el análisis abarca los diferentes tramos que componen cada uno de los colectores.

Tabla 48. Análisis de la capacidad del colector Valle Redondo.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 2,329.82 | 61 | 37.1 | 1,608 | 73 | 257 | 1,351 |
| 2 | 2,211.16 | 61 | 8.2 | 757 | 103 | 339 | 419 |
| 3 | 4,758.20 | 61 | 11.9 | 909 | 132 | 429 | 480 |
| 4 | 2,231.60 | 76 | 8.1 | 1,347 | 161 | 524 | 823 |
| 5 | 1,133.96 | 76 | 3.7 | 908 | 220 | 715 | 193 |
| 6 | 1,269.83 | 91 | 7.4 | 2,084 | 264 | 858 | 1,226 |
| 7 | 2,456.60 | 107 | 6.1 | 2,924 | 293 | 953 | 1,971 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 49. Análisis de la capacidad del colector Matanuco Sur.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 536.79 | 91 | 6.1 | 1,886 | 3 | 19 | 1,867 |
| 2 | 1,192.40 | 91 | 6.0 | 1,881 | 24 | 103 | 1,778 |
| 3 | 2,799.82 | 91 | 7.4 | 2,084 | 31 | 127 | 1,957 |
| 4 | 3,429.83 | 107 | 5.0 | 2,635 | 63 | 227 | 2,409 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | | | | | | |
|---|----------|-----|-----|-------|----|-----|-------|
| 5 | 1,081.27 | 122 | 7.0 | 4,447 | 70 | 247 | 4,199 |
|---|----------|-----|-----|-------|----|-----|-------|

Fuente: elaboración propia.

Tabla 50. Análisis de la capacidad del colector Monte de los Olivos.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 1,223.00 | 61 | 10.2 | 843 | 87 | 297 | 547 |
| 2 | 1,201.00 | 76 | 13.3 | 1,729 | 174 | 568 | 1,162 |
| 3 | 1,821.00 | 76 | 7.6 | 1,307 | 233 | 757 | 550 |
| 4 | 1,094.00 | 91 | 15.3 | 3,001 | 291 | 946 | 2,055 |
| 5 | 1,523.32 | 91 | 6.5 | 1,955 | 291 | 946 | 1,009 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 51. Análisis de la capacidad del colector Fideicomiso Florida.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 1653.98 | 53 | 6.3 | 456 | 36 | 143 | 313 |
| 2 | 869.37 | 68 | 2.8 | 594 | 57 | 209 | 385 |
| 3 | 536.19 | 91 | 2.5 | 1,212 | 60 | 218 | 994 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 52. Análisis de la capacidad del colector Insurgentes.}

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 906.00 | 53 | 8.8 | 539 | 86 | 294 | 246 |
| 2 | 2,165.00 | 61 | 6.4 | 669 | 156 | 508 | 161 |
| 3 | 3,229.00 | 107 | 5.7 | 2,814 | 287 | 934 | 1,881 |
| 4 | 1,136.00 | 91 | 2.6 | 1,225 | 287 | 934 | 291 |
| 5 | 1,018.00 | 122 | 2.7 | 2,748 | 332 | 896 | 1,852 |
| 6 | 791.00 | 152 | 2.9 | 5,167 | 706 | 1,906 | 3,260 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 53. Análisis de la capacidad del colector Alamar.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 2,064.20 | 76 | 3.1 | 841 | 187 | 609 | 232 |
| 2 | 418.78 | 76 | 3.7 | 915 | 187 | 609 | 306 |
| 3 | 824.00 | 61 | 0.9 | 257 | 224 | 731 | - 474 |
| 4 | 78.00 | 61 | 20.8 | 1,202 | 112 | 365 | 837 |
| 5 | 350.00 | 53 | 5.7 | 432 | 150 | 487 | - 55 |
| 6 | 870.71 | 61 | 5.2 | 600 | 187 | 609 | - 9 |
| 7 | 394.00 | 53 | 8.8 | 539 | 224 | 731 | - 192 |
| 8 | 699.43 | 61 | 4.1 | 533 | 262 | 852 | - 319 |
| 9 | 568.10 | 61 | 7.0 | 696 | 262 | 852 | - 156 |
| 10 | 894.94 | 76 | 4.6 | 1,019 | 262 | 852 | 166 |
| 11 | 2,072.39 | 91 | 4.6 | 1,644 | 374 | 1,010 | 634 |

Fuente: elaboración propia.

El colector Alamar lleva un trazo por caminos de acceso dentro de predios privados y por taludes pronunciados; cuenta con inconsistencias de diámetros al disminuir y aumentarlos sin aparente justificación; además, por una longitud de 3169 metros tiene una línea paralela de 53 cm (considerada en el cálculo hidráulico) y, a pesar de esto último, del tramo 3 al tramo 9 no dispone de capacidad para soportar los gastos estimados en el 2050, por lo que se recomienda la reubicación total del colector por el trazo propuesto para el carril de baja velocidad de la vía rápida Alamar.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 54. Análisis de la capacidad del colector Oriente.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 1,711.51 | 61 | 3.9 | 520 | 17 | 77 | 443 |
| 2 | 525.96 | 61 | 4.1 | 535 | 56 | 205 | 329 |
| 3 | 279.24 | 76 | 4.3 | 983 | 82 | 281 | 702 |
| 4 | 1,789.60 | 76 | 5.2 | 1,081 | 107 | 351 | 730 |
| 5 | 1,088.46 | 76 | 1.9 | 654 | 146 | 474 | 180 |
| 6 | 1,441.48 | 91 | 2.3 | 1,156 | 146 | 474 | 682 |
| 7 | 1,286.27 | 107 | 4.2 | 2,430 | 236 | 767 | 1,663 |
| 8 | 128.85 | 107 | 9.0 | 3,542 | 248 | 809 | 2,733 |
| 9 | 975.26 | 107 | 3.9 | 2,346 | 261 | 850 | 1,495 |
| 10 | 523.83 | 107 | 6.3 | 2,963 | 261 | 850 | 2,113 |
| 11 | 104.20 | 122 | 11.8 | - | 0 | 0 | - |
| 12 | 1,963.62 | 122 | 3.1 | 2,925 | 706 | 1,906 | 1,019 |
| 13 | 272.03 | 183 | 3.7 | 9,468 | 1,051 | 2,836 | 6,632 |
| 14 | 729.06 | 183 | 2.0 | 6,940 | 1,051 | 2,836 | 4,104 |

Fuente: elaboración propia.

Para que este colector tenga capacidad de transportar los gastos estimados para el 2050, deberá considerarse en su operación que toda el agua generada desde el origen del colector sea enviada a través de la caja de desviación ubicada en la entrada de la colonia Guadalupe Victoria, y que de esta forma, y a partir de este punto, el colector Oriente sólo se quede con el flujo proveniente del colector Insurgentes. Una vez que los dos anteriores flujos sean unidos nuevamente en este colector, a través de la conexión en la calle Centinela, no se tendrá problema alguno para transportar los flujos, ya que el colector aumenta su diámetro a 183 cm, contando con la capacidad suficiente.

Tabla 55. Análisis de la capacidad del colector Oriente-Buena Vista.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 2,909.74 | 107 | 2.8 | 1,975 | 344 | 930 | 1,045 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 56. Análisis de la capacidad del colector Oriente Viejo.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 832.09 | 61 | 2.0 | 373 | 5 | 28 | 345 |
| 2 | 983.77 | 61 | 3.5 | 491 | 11 | 52 | 439 |
| 3 | 1,540.33 | 76 | 1.9 | 648 | 109 | 357 | 292 |
| 4 | 323.76 | 122 | 2.3 | 2,515 | 150 | 488 | 2,028 |
| 5 | 144.58 | 122 | 7.9 | 4,703 | 154 | 502 | 4,201 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 57. Análisis de la capacidad del colector Poniente.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 416.15 | 45 | 11.8 | 402 | 32 | 130 | 272 |
| 2 | 264.29 | 45 | 4.1 | 237 | 32 | 130 | 107 |
| 3 | 247.15 | 45 | 5.3 | 269 | 32 | 130 | 138 |
| 4 | 206.33 | 107 | 3.1 | 2,079 | 201 | 653 | 1,426 |
| 5 | 1,889.51 | 107 | 3.7 | 2,261 | 201 | 653 | 1,607 |
| 6 | 855.63 | 107 | 5.0 | 2,628 | 256 | 832 | 1,796 |
| 7 | 2,107.64 | 107 | 1.3 | 1,324 | 261 | 849 | 475 |
| 8 | 782.00 | 107 | 0.5 | 875 | 332 | 896 | - 20 |
| 9 | 787.50 | 107 | 1.9 | 1,613 | 436 | 1,177 | 436 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | | | | | | |
|----|----------|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 545.53 | 91 | 4.2 | 1,567 | 456 | 1,230 | 337 |
| 11 | 573.02 | 107 | 1.5 | 1,429 | 456 | 1,230 | 199 |
| 12 | 1,309.83 | 107 | 2.3 | 1,798 | 568 | 1,533 | 266 |
| 13 | 911.31 | 107 | 11.0 | 3,918 | 595 | 1,606 | 2,313 |
| 14 | 894.81 | 107 | 3.1 | 2,066 | 595 | 1,606 | 460 |
| 15 | 571.63 | 122 | 4.4 | 3,524 | 595 | 1,606 | 1,918 |
| 16 | 383.41 | 122 | 1.7 | 2,214 | 662 | 1,789 | 426 |
| 17 | 3,845.71 | 183 | 2.4 | 7,584 | 1,713 | 4,625 | 2,959 |

Fuente: elaboración propia.

El colector Oriente presenta una baja pendiente en el tramo 8, que no permitiría conducir los flujos estimados en el 2050; sin embargo, es un tramo que actualmente está en proceso de rehabilitación y la pendiente es obligada. Existe una alternativa que se considerará en el futuro para desviar 100 lps de agua residual generada, aguas arriba de este tramo, y enviarla a la planta de tratamiento Arturo Herrera, la cual en estos momentos se encuentra subutilizada, lo que dará la suficiente holgura para que se revise en 10 o 20 años el comportamiento de los flujos en el sistema y así realizar las adecuaciones necesarias, en caso de requerirse.

Tabla 58. Análisis de la capacidad del colector Internacional.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 2,470.00 | 183 | 1.2 | 5,410 | 1,867 | 5,042 | 368 |

Fuente: elaboración propia.

El principal colector de la ciudad de Tijuana estaría cerca de la capacidad máxima para conducir los flujos esperados en el 2050; sin embargo, si se rehabilita con una tubería con un coeficiente de fricción de Manning de 0.009, el mismo diámetro de 183 cm sería suficiente para tener una mayor holgura para conducir los gastos estimados.

Tabla 59. Análisis de la capacidad del colector INV.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 910.16 | 38 | 22.0 | 351 | 56 | 205 | 145 |
| 2 | 694.11 | 45 | 16.9 | 482 | 84 | 287 | 195 |
| 3 | 2,180.66 | 45 | 22.6 | 557 | 126 | 409 | 148 |
| 4 | 1,443.42 | 45 | 23.2 | 565 | 154 | 500 | 65 |
| 5 | 735.88 | 45 | 27.3 | 612 | 167 | 545 | 67 |
| 6 | 620.58 | 61 | 20.1 | 1,184 | 195 | 636 | 548 |
| 7 | 604.32 | 61 | 10.9 | 873 | 209 | 681 | 191 |

Fuente: elaboración propia.

El colector INV actualmente tiene problemas de desgaste, lo que obliga a la rehabilitación del mismo; deberá considerarse en el proyecto el cambio de diámetro a 53 cm, del tramo 4 y 5, lo que permitirá contar con una holgura en su capacidad para conducir los flujos esperados en el año 2050.

Tabla 60. Análisis de la capacidad del colector Tecolote-La Gloria.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 2,889.77 | 61 | 16.0 | 1,054 | 43 | 192 | 862 |
| 2 | 1,090.71 | 61 | 20.5 | 1,194 | 72 | 293 | 900 |
| 3 | 1,771.15 | 61 | 21.2 | 1,213 | 86 | 341 | 872 |
| 4 | 1,168.34 | 76 | 16.4 | 1,918 | 101 | 387 | 1,532 |
| 5 | 1,049.50 | 76 | 18.9 | 2,059 | 130 | 488 | 1,570 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | | | | | | | |
|---|----------|----|-----|-------|-----|-----|-------|
| 6 | 1,088.93 | 91 | 7.5 | 2,094 | 144 | 543 | 1,552 |
|---|----------|----|-----|-------|-----|-----|-------|

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Análisis de la capacidad del colector La Gloria-Rosarito.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (lps) | 2050 Qmed (lps) | 2050 Qmp (lps) | Superávit/ Déficit |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| 1 | 1,560.00 | 45 | 28.2 | 623 | 18 | 80 | 543 |
| 2 | 1,106.21 | 53 | 20.3 | 817 | 48 | 182 | 635 |
| 3 | 1,685.44 | 61 | 14.7 | 1,011 | 60 | 219 | 792 |
| 4 | 671.79 | 61 | 17.0 | 1,088 | 66 | 237 | 851 |
| 5 | 1,070.11 | 68 | 15.8 | 1,401 | 72 | 254 | 1,147 |
| 6 | 729.65 | 68 | 20.1 | 1,579 | 96 | 322 | 1,257 |
| 7 | 980.56 | 91 | 8.9 | 2,282 | 227 | 738 | 1,544 |
| 8 | 424.89 | 107 | 9.5 | 3,640 | 233 | 758 | 2,882 |

Fuente: elaboración propia.

En términos generales, la mayoría de los principales colectores analizados cuentan con capacidad suficiente para conducir los flujos estimados al año 2050, a excepción de algunos tramos detectados en el colector Alamar. Sin embargo, la problemática que presentan varios de estos colectores es el desgaste y deterioro de sus paredes, más que su capacidad de conducción.

2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.

Con la finalidad de hacer la comparación de la demanda actual y futura de las estaciones de bombeo, se partió de las capacidades de diseño actuales y las proyecciones de generación de agua residual por subcuenca 2020-2050, quedando de la siguiente manera.

Tabla 62. Análisis de la capacidad de las plantas de bombeo principales.

| No. | Nombre | Cap. de diseño (lps) | Agua generada 2020 Qmed (lps) | Agua generada 2050 Qmed (lps) | Agua generada 2050 Qmaxp (lps) | |
|-----|------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------|
| 1 | PB La Encantada | 240 | 62 | 70 | 304 | |
| 2 | PB Fideicomiso Florido | 280 | 50 | 60 | 218 | |
| 3 | PB CILA | Efluentes PTAR's Arturo Herrera y La Morita | 1,300 | 778 | 1,024 | 1,594 |
| | | PTAR Tecate | | | | |
| | | Manto freático (100 lps) | | | | |
| 4 | PB1-A | 1,100 | 778 | 1,024 | 1,594 | |
| 5 | PB1-B | 2,200/ 1,650* | 588 | 1,286 | 2,315 | |
| 6 | PB Matadero | 750/450 | 194 | 237 | 772 | |
| 7 | PB Laureles I | 120 | 26 | 30 | 122 | |
| 8 | PB Laureles II | 132 | 17 | 32 | 129 | |
| 9 | PB Playas | 850 | 127 | 134 | 435 | |
| 10 | PB SAB | 2,000/ 1,500 | 952 | 1,850 | 3,329 | |

Fuente: elaboración propia.

La capacidad de diseño de la estación de bombeo PB CILA está restringida por el gasto que puede manejar la obra de toma río Tijuana-PB CILA, por ser esta el factor limitante en el manejo de los escurrimientos del río Tijuana (1300 lps). Para el cálculo de las aportaciones se analizaron las cuencas que atienden a las plantas Arturo Herrera, La Morita, aportaciones de la planta de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

tratamiento de Tecate, así como del manto freático; no se consideraron aportaciones por fugas de agua residual o agua potable al río Tijuana.

En el análisis de la estación de bombeo PB1-A se consideraron dos trenes en operación sin respaldo. El análisis de la PB1-B requiere especial atención, ya que si bien tiene una capacidad de bombeo total de 2200 lps (en un arreglo cuatro más uno), el sistema de alejamiento actual sólo permite operar con tres trenes de bombeo para un gasto máximo de 1650 lps, debido a que el sistema de alejamiento de aguas residuales tiene una capacidad máxima de conducción de 2200 lps, y en el km 4+500 recibe las aportaciones del emisor “Líneas Cuatas”, que complementarían el gasto para llevar a su máxima capacidad el sistema de alejamiento. Es importante señalar que en condiciones actuales las estaciones de bombeo PB1-A y PB1-B sólo pueden operar de manera combinada un máximo de tres trenes (1650 lps) por limitaciones de la subestación eléctrica, condición que deberá resolverse, a fin de estar en condiciones de operar de manera separada los sistemas de bombeo.

La planta de bombeo San Antonio de Los Buenos (PB-SAB) actualmente se encuentra sin operar (cuenta con un arreglo cuatro más dos) con una capacidad de bombeo de 2000 lps; sin embargo, al estar operando los cuatro equipos se tienen derrames en la caja distribuidora donde descarga la línea de impulsión. Por se considera que operativamente la planta tiene una capacidad de 1500 lps.

2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.

Tabla 63. Análisis de la capacidad de las plantas de tratamiento principales.

| No. | Nombre | Capacidad (lps) | 2020 (lps) | 2021 (lps) | 2024 (lps) | 2030 (lps) | 2050 (lps) |
|-----|---------------------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | La Morita | 254 | 254 | 259 | 274 | 305 | 363 |
| 2 | Arturo Herrera | 460 | 244 | 248 | 263 | 293 | 351 |
| 3 | San Antonio de Los Buenos | 1,100 | 965 | 1,033 | 1,122 | 1,341 | 1,850 |
| 4 | Rosarito Norte | 210 | 162 | 165 | 174 | 192 | 233 |
| 5 | PITAR | 1100 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 | 1050 |

Fuente: elaboración propia.

Actualmente, la PTAR La Morita opera al límite de su capacidad y el crecimiento en las subcuencas que atiende (Matanuco norte y Matanuco Sur) harán necesario la ampliación o construcción de una PTAR de 109 lps. La PTAR La Morita inició operaciones en abril del 2010; esta planta capta las aguas residuales (de la subcuenca Matanuco norte y sur) de colonias ubicadas al este de la ciudad de Tijuana, por medio de dos colectores, los denominados Valle Redondo y Matanuco; para este último se requiere de un sistema de bombeo para alcanzar a la planta (cárcamo La Encantada).

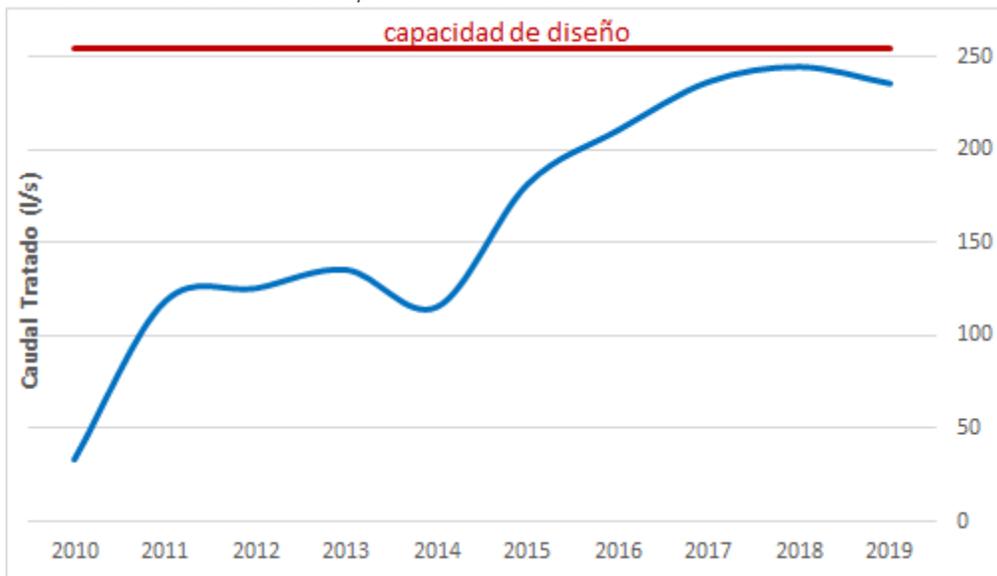
La PTAR La Morita es un sistema de tratamiento biológico de lodos activados, tipo carrusel, con zonas anaeróbicas-anóxicas-aeróbicas, diseñada en modalidad de aireación extendida, con capacidad de diseño de 254 lps, dividido en dos trenes de tratamiento y un acondicionamiento de los biosólidos que se realiza por digestión aerobia y deshidratación.

Esta PTAR fue construida con el crédito japonés, en un predio de aproximadamente 5.8 hectáreas. Desde un principio se contempló la superficie para albergar una planta que tratara un caudal aproximado de 380 lps, de acuerdo con lo descrito en el Plan Maestro de Agua y Saneamiento (2003).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 44. Caudales tratados por la PTAR La Morita.



Fuente: elaboración propia.

La PTAR José Arturo Herrera Solís actualmente opera por debajo de su capacidad de diseño y, de continuar con las condiciones actuales de operación para el año 2050, mantendrá un excedente de tratamiento de 109 lps.

La PTAR Tecolote La Gloria no está concluida, por lo que no existe tratamiento en la cuenca, teniendo un déficit de 100 lps, alcanzando para el 2050 un gasto de 144 lps.

La PTAR San Antonio de Los Buenos ha perdido capacidad de tratamiento, por lo que actualmente tiene un déficit de 965 lps, y el caudal proyectado para el 2050 es del orden de 1850 lps, por lo que deberán hacerse las gestiones necesarias para la construcción del nuevo sistema de tratamiento que puede absorber el crecimiento.

Actualmente el organismo operador tiene contemplado empezar la construcción de la primera etapa del colector Costero. Dicho colector descargará en la planta de tratamiento Rosarito Norte; por lo tanto, en la generación de agua residual para esta planta se están contemplando los gastos aportados por la cuenca de San Antonio del Mar y Plan Libertador.

2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso.

La forma de utilizar en gran escala las aguas residuales es impulsando el reúso potable indirecto planeado. Existen numerosos proyectos de reúso potable indirecto de aguas residuales tratadas; es decir, proyectos donde las aguas residuales se tratan y se reintegran como fuentes de abastecimiento de agua potable, de manera indirecta a través de recarga artificial de acuíferos o descarga a cuerpos receptores como ríos y lagos. Estos proyectos permiten manejar altos porcentajes de reciclaje del recurso; como ejemplos pueden citarse el reúso que está ocurriendo del agua que se entrega a México del río Colorado; se mezclan en la ruta las descargas de aguas residuales tratadas de varias ciudades.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Enseguida se muestran algunos ejemplos de proyectos de reúso potable indirecto en los Estados Unidos; los primeros tres ilustran la recarga de acuíferos y el último el aumento de las aguas superficiales, que son los dos tipos de proyecto que se están considerando en el Plan Maestro de Agua y Saneamiento en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito.

Proyecto Montebello para Recarga de Acuífero. Este proyecto, ubicado en el condado de Los Ángeles, California, es la fuente primaria de recarga de la cuenca Central, que es el principal cuerpo de agua subterránea, localizado bajo la gran área metropolitana de Los Ángeles. El proyecto, que ha operado sin interrupciones desde el año 1962, ha suministrado hasta el 30 % del volumen total de recarga de la cuenca Central, con capacidades de 0.6 a 4.4 m³/s.

Proyecto de Orange County Water District. El Orange County Water District (OCWD) en California administra el acuífero que aporta aproximadamente 300 millones de metros cúbicos anuales de agua potable a una población de más de dos millones de personas.

Proyecto de Recarga Hueco Bolsón. La característica especial de este proyecto es que aguas residuales, provenientes de la ciudad de El Paso, Texas, se purifican hasta un grado de calidad equivalente al del agua potable, para después ser inyectadas directamente; es decir, sin mezclarlas con aguas de otras fuentes en el acuífero, que es la fuente principal de abastecimiento de esta ciudad. En 1991 el flujo de agua reciclada usada en la operación de recarga, iniciada en el año 1985, fue de entre 0.16 y 0.20 m³/s.

Proyecto de Upper Occoquan Sewage Authority; este proyecto, ubicado en el estado de Virginia, entró en servicio en el año 1978 y ha operado en forma ininterrumpida desde esa fecha. El objetivo del proyecto fue proteger la calidad del agua almacenada en la presa Occoquan, que es la fuente principal de abastecimiento en una cuenca de 1475 Km² en la cercanía de Washington, D.C. Un estudio del problema determinó que el contribuyente mayor de la contaminación del embalse era la descarga de efluentes provenientes de 11 plantas de tratamiento secundario, y que la mejor solución del problema era construir una planta regional incorporando los procesos de tratamiento más efectivos disponibles en esa época. La planta regional de tratamiento tenía una capacidad de 2.4 m³/s.

Desde su puesta en operación, hace más de 30 años, la planta regional de reciclaje ha producido un efluente que satisface consistentemente los requerimientos establecidos por las autoridades para proteger la salud pública. Aún más, el agua reciclada está reconocida como la fuente, no sólo de alta calidad, sino también de mayor confiabilidad en el sistema Occoquan.

Proyecto Pure Water San Diego. San Diego tiene en investigación el proyecto de reúso potable indirecto con una planta en operación (North City) con capacidad de 660 lps, que en el 2023 entregará agua a un sector de esa ciudad, y en el mediano plazo no se descargarán aguas residuales tratadas al mar, sino que formarán parte del sistema de abastecimiento de agua potable de San Diego, suministrando el 30 % de la demanda futura de agua.

Los factores, como la grave escasez de agua en la región, la dependencia de una sola fuente de agua potable, así como la infraestructura requerida como obras de defensa para que el agua tratada no



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

cruce a EE. UU., obligan a contemplar el reúso de las aguas tratadas a gran escala en la recarga del acuífero, por ejemplo, en el Valle de Las Palmas.

OBSERVACIONES

COLECTORES

- Los colectores principales tienen capacidad suficiente para la demanda estimada al año 2050, a excepción del colector Alamar. En general el problema de los colectores radica en el término de su vida útil.
- El colector INV presenta problemas de desgaste. En su rehabilitación deberá considerarse la ampliación del diámetro a 53 cm, del tramo 4 y 5, para atender la demanda al 2050.

PLANTAS DE BOMBEO

- La capacidad de diseño de la estación de bombeo PB CILA está limitada por la de la obra de toma, elemento fundamental para el manejo de los escurrimientos al río Tijuana.
- La PB 1B tiene capacidad de 2200 lps; el sistema de alejamiento permite 1650 lps.
- Es evidente la falta de personal para atender la operación de los cárcamos de manera continua.

PLANTAS DE TRATAMIENTO

- Se está incumpliendo lo establecido en el Acta 270 por la inoperatividad de la PTAR SAB, como también la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Esto último ratificado en el Acta 298 de la CILA.
- Es insuficiente el personal para la operación de las PTAR.

CONCLUSIONES

COLECTORES

- En términos generales, la mayoría de los principales colectores cuentan con capacidad suficiente para conducir los flujos estimados al año 2050, a excepción de algunos tramos del colector Alamar.
- El problema que presentan varios de estos colectores es que concluyó su vida útil.
- El colector Alamar no cuenta con capacidad para atender la demanda al 2050; algunas secciones están en propiedad privada y taludes pronunciados, por lo que se recomienda la reubicación del colector hacia el carril de baja velocidad de la vía rápida Alamar.
- El colector Oriente podría saturarse a largo plazo, por lo que se recomienda despresurizarlo enviando un gasto de agua hacia la PTAR Arturo Herrera.
- El principal colector de Tijuana, el Internacional, estaría cerca de saturar su capacidad máxima en el 2050; sin embargo, si se rehabilita con tubería con un coeficiente de fricción de Manning de 0.009, con el diámetro de 183 cm, se tendría una capacidad adicional.

PLANTAS DE BOMBEO



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Las estaciones de bombeo PB 1A Y PB 1B sólo pueden operar de manera combinada un máximo de tres trenes (1,650 lps) por limitaciones de la subestación eléctrica; se recomienda operar de manera separada los sistemas de bombeo.

PLANTAS DE TRATAMIENTO

- La PTAR SAB requiere inversiones para atender los compromisos derivados del Acta 270 y cumplimiento de la NOM, señalado en al Acta 298.
- La PTAR La Morita opera al máximo de su capacidad, y el crecimiento natural de las subcuencas Matanuco norte y Matanuco sur demandarán su ampliación o la construcción de una nueva PTAR. Requiere ampliar su capacidad de tratamiento para atender la demanda creciente de la subcuenca.
- La PTAR Rosarito Norte tiene la capacidad de tratar las aportaciones de las subcuencas costeras; sin embargo, requiere adecuaciones.

2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento.

2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil.

La CESPT, consciente de la problemática de los continuos derrames de aguas negras y del límite operativo en la vida útil de las redes de drenaje sanitario, ha realizado diagnósticos técnicos de las tuberías donde se presentan constantes las fugas y taponamientos. Mediante la inspección de los pozos de visita en cada una de las líneas, la inspección parcial de las tuberías se hace por medio de cámaras de video y, en general, con base en la experiencia y conocimiento del personal de operación del sistema; asimismo, se realizan los cálculos hidráulicos para determinar el diámetro requerido para cada segmento.

La rehabilitación de las líneas de alcantarillado, de acuerdo con los requerimientos de hermeticidad que la normatividad correspondiente exige, ayudará a disminuir la infiltración potencial al alcantarillado de aguas pluviales o freáticas, reduciendo de forma importante los volúmenes de agua que reciben las PTAR, lo que permite alargar el horizonte de la capacidad instalada y futura de las mismas. Asimismo, se reduce la infiltración potencial de aguas residuales crudas a suelos y mantos freáticos.

El proyecto ayudará a reducir la sobresaturación de líneas de alcantarillado y derrames de agua residual al río Tijuana, ocasionados por tuberías obstruidas y que presentan fugas. El sistema de alcantarillado continuará operando de la misma forma en que lo ha venido haciendo hasta la fecha; las aguas residuales recolectadas seguirán fluyendo hacia la PITAR y hacia la PTAR SAB.

Entre tales acciones, desde el 2010 a la fecha la CESPT ha venido trabajando en la reposición de uno de los principales elementos de conducción del agua residual, el denominado colector Poniente, concretando dos fases de rehabilitación; el plan es continuar con los tramos faltantes para la rehabilitación total.

A continuación, se describen los principales colectores y emisores que han cumplido su vida útil.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Interceptor Internacional.

| Ubicación | Descripción |
|---|---|
| Coordenadas: 32°32'16.96"N 117° 1'59.63"O | Consiste en rehabilitar una longitud de 2470 metros de tubería, de 183 cm (72") de diámetro, mediante proceso sin abrir zanja con manga de material fibra poliéster impregnada de resina de fijación térmica; incluye trabajos nocturnos, limpieza, desazolve, curado, baipás, video antes, durante y al final del proceso. |
| | |

Colector Rosario Castellanos.

| Ubicación | Descripción |
|--|---|
| Coordenadas: 32°28'35.14"N 116°58'9.26"O | Consiste en el suministro e instalación de 1339 metros de tubería de 45 cm (18") de diámetro y 1450 metros de tubería de 38 cm (15") de diámetro. |
| | |

Colector Insurgentes.

| Ubicación | Descripción |
|---|---|
| Coordenadas: 32°27'44.61"N 116°54'33.09"O | Consiste en el suministro e instalación de 3071 metros de tubería de 91 (36") y 2349 metros de tubería de 107 cm (42") de diámetro. |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS



Interceptor Poniente (tramos faltantes).

| Ubicación | Descripción |
|---|---|
| Coordenadas: 32°30'49.29"N 116°59'20.48"O | Consiste en el suministro e instalación de 297 metros de tubería de 122 cm (48") de diámetro y 349 metros de tubería de 107 cm (42") de diámetro. |



Colector Poniente Antiguo

| Ubicación | Descripción |
|--|---|
| Coordenadas: 32°29'2.78"N 116°56'22.77"O | Consiste en el suministro e instalación de 1339 metros de tubería de 45 cm (18") de diámetro y 1450 metros de tubería de 38 cm (15") de diámetro. |



Rehabilitación del interceptor Oriente

| Ubicación | Descripción |
|-----------|-------------|
|-----------|-------------|



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|--|--|
| <p>Coordenadas: 32°31'32.10"N 116°54'46.18"O</p> | <p>Consiste en el suministro e instalación de 1001 metros de tubería de 183 cm (72") de diámetro, 2068 metros de tubería de 122 cm (48") de diámetro, 1162 metros de tubería de 107 cm (42") de diámetro, 1120 metros de tubería de 91 cm (36") de diámetro y 1437 metros de tubería de 76 cm (30") de diámetro.</p> |
| | |

Rehabilitación del colector Sánchez Taboada (obra complementaria)

| | |
|--|---|
| <p>Ubicación</p> | <p>Descripción</p> |
| <p>Coordenadas: 32°32'20.49"N 117° 2'28.99"O</p> | <p>El proyecto consiste en el suministro e instalación de 129 metros de tubería de 107 cm (42") de diámetro, 848 metros de tubería de 20 cm (8") de diámetro y la rehabilitación de 54 descargas domiciliarias.</p> |
| | |

Emisor Líneas Cuatas.

| | |
|---|--|
| <p>Ubicación</p> | <p>Descripción</p> |
| <p>Coordenadas: 32°32'8.44"N 117° 5'28.34"O</p> | <p>Consiste en el suministro e instalación de 1438 metros de tubería, de los cuales corresponden 14 metros con tubería de 20" de diámetro, 789 metros de tubería de 24" de diámetro, material PVC clase C-905 RD-41, 400 metros con tubería de 24" de diámetro, material PVC clase C-905 RD-25, 166 metros con tubería de 24" de diámetro y 69 metros con tubería de 12" de diámetro, material hierro dúctil tipo C151/A21.51, clase C350.</p> |
| | |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Línea de impulsión del cárcamo del emisor Rosarito a la PTAR Rosarito I

| Ubicación | Descripción |
|---|---|
| Coordenadas: 32°20'47.48"N 117° 3'40.77"O | Consiste en el suministro e instalación de 2,842.4 metros de tubería de PVC y Hierro Dúctil, de 400 mm (16") de diámetro. |
| | |

2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada.

2.2.2.1 Sistema de recolección y conducción que requiere rehabilitación.

En la tabla 64 se listan los tramos de colectores y subcolectores que se ha identificado requieren rehabilitación, así como el monto estimado por CESPT con base en precios índice.

Tabla 64. Necesidades de rehabilitación de colectores y subcolectores.

| No. | Nombre del proyecto | Año const. | Diámetro (cm) | Longitud (m) |
|-----|--|------------|---------------------|--------------|
| 1 | Interceptor Internacional | 1992 | 183 | 2,470 |
| 2 | Colector Poniente (tramos faltantes) | 1991 | 107,122 | 646 |
| 3 | Colector Insurgentes | 1992 | 91,107 | 5,420 |
| 4 | Colector Sánchez Taboada (obra complementaria) | 1976 | 107,20 | 977 |
| 5 | Poniente Antiguo | 1976 | 61, 45, 38, 30, 25 | 2,568 |
| 6 | Emisor Líneas Cuatas | 1962 | 91 | 1,878 |
| 7 | Colector Oriente | 1992 | 183, 122,107,91, 76 | 6,787 |
| 8 | Rosario Castellanos | 1988 | 45, 38 | 2,489 |
| 9 | INV Viejo | 1990 | 30,38,45,61 | 4,024 |
| 10 | INV Nuevo | 1990 | 53, 45,38, 30 | 7,024 |
| 11 | Industrial | 1982 | 76,61,45 | 3,739 |
| 12 | Zapata (tramos faltantes) | 1990 | 30 | 102 |
| 13 | Padre Kino (aportación local) | 1976 | 61 | 207 |
| 14 | Emisor Antiguo a presión (SEDUE) | 1985 | 107 | 4,234 |
| 15 | Colector Central | 1965 | 61 | 150 |
| 16 | Colector Carranza | 1968 | 45, 53, 61, 76 | 2,432 |
| 17 | Colector Ensenada | 1991 | 45,38,25 | 3,893 |
| 18 | Subcolector Lomas de Agua Caliente | 1975 | 38, 45 | 1,878 |
| 19 | Subcolector Ermita (2da etapa) | 1970 | 30, 38 | 716 |
| 20 | Subcolector El Lago | 1981 | 30 | 517 |
| 21 | Subcolector Lomas Campestre | 1975 | 30 | 1,070 |
| 22 | Colector Pastejé (tramo en Zona Río) | 1976 | 61 | 284 |
| 23 | Subcolector Obrera | 1980 | 38 | 1,538 |
| 24 | Torres de Agua Caliente | 1976 | 45 | 530 |
| 25 | Lateral Zona Río | 1969 | 61 | 6 |
| 26 | Oriente Viejo | 1976 | 30, 61 | 1,669 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre del proyecto | Año const. | Diámetro (cm) | Longitud (m) |
|-----|---------------------|------------|---------------|---------------|
| 27 | Cochimies | 1988 | 45,38 | 3,145 |
| 28 | Campestre | 1960 | 38 | 1,302 |
| 29 | La Campiña | 1990 | 45 | 1,862 |
| 30 | Trigarante | 1990 | 45,30 | 3,284 |
| 31 | Las Palmas | 1977 | 30 | 1,386 |
| 32 | Progreso | 1970 | 25 | 670 |
| 33 | Unión | 1970 | 20 | 542 |
| 34 | Yucatán | 1970 | 20 | 307 |
| 35 | Florida | 1989 | 76,61,53 | 2,478 |
| 36 | Tecnológico | 1982 | 61 | 497 |
| 37 | Álamos | 1980 | 20 | 945 |
| 38 | Fundadores | 1989 | 25 | 5,454 |
| 39 | Maclovio Herrera | 1970 | 25 | 1,634 |
| 40 | Torres del Lago | 1981 | 30 | 125 |
| 41 | Garita | 1993 | 30, 45, 61 | 1,667 |
| 42 | Plazas | 1992 | 25 | 349 |
| | | | Total | 82,895 |

Fuente: CESPT.

Tabla 65. Necesidades de rehabilitación menor de colectores y subcolectores

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|---|
| 1 | Ejecutar perforación direccional de 37.50 m del colector Zapata en cruce del ferrocarril, dentro del patio de maniobras de la estación Tijuana, por sobre rellenos sobre del colector de concreto. |
| 2 | Rehabilitación de subcolector en avenida de las Nieves, Playas de Tijuana (sin el tramo ejecutado en el 2007). |
| 3 | Rehabilitación urgente de 112 m del subcolector Mirador |
| 4 | Rehabilitación del subcolector Xicoténcatl Leyva, en cruce del bulevar Industrial y bulevar José M. Clouthier, estallando 47 m de tubería de 10"Ø y 45 m de 8"Ø. |
| 5 | Ejecutar obra de protección para el subcolector Jardín Dorado a base de 288 m ³ de rellenos, 110 m de canaleta y registro de captación en talud colindante a calle Sauce entre Abedul y Guamuchil de la colonia Jardín Dorado. |
| 6 | Instalar tubería de PVC y PEAD de 12"Ø, construir pozo de visita y registro para la colocación de válvula de compuerta y cambios requeridos en desfogue, con la finalidad de tener capacidad de desfogue en el cárcamo Playas de Tijuana |
| 7 | Reubicación del subcolector Torres del Lago y reposición de descargas de edificios, reponiendo 54 m de tubería de 12"Ø, reubicando 94 m de 12"Ø y construcción de 8 pozos de visita. |
| 8 | Reponer 1,422.49 m del subcolector Artículo 123, de 15"Ø, sifones existentes, entre rampa Aurora Mcvicker y Sindicalismo, colonia Obrera, así como renovación de 15 pozos de visita y reconexión de descargas. |
| 9 | Construcción de caja para dividir flujos entre el colector e interceptor Poniente en avenida Industrial y bulevar Federico Benítez |
| 10 | Reubicación del subcolector Rosario Castellanos, instalando 515 m de tubería de 8"Ø y 230 m de 15"Ø en la colonia Colinas de la Cruz. |
| 11 | Reubicar subcolector, instalando 202 ml de tubería de 20 cm y 71 ml de tubería de 38 cm. (15") en calle Bucareli, colonia Obrera. |
| 12 | Reubicación del subcolector Valle Verde en calle Eficacia y arroyo Poniente, colonia Valle Verde. 288.51 m de 15" Ø, 76.80 de 8" Ø, ampliar 39.65 m de 8" a 15" y 73.45 de 15", construir gaviones. |
| 13 | Construcción desarenador Huapango, bulevar Díaz Ordaz. |
| 14 | Instalar compuertas plastificadas de vástago fijo y tornillo sin fin en la caja derivadora de flujo sobre el colector Alamar, a la altura de la colonia Buenos Aires Norte, construir tapas removibles, losa, escalera marina plastificada. |
| 15 | Adecuaciones al subcolector Mártires de Río Blanco e INV nuevo en la calle Rivera y Esteban Calderón, colonia Obrera. |
| 16 | Interconexión de la red de alcantarillado de la zona noreste de Rosarito con el sistema Rosarito Norte (1. ^a etapa). |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|---|
| 17 | Construir caja desarenadora y baipás de mantenimiento sobre colector Alamar en la calle Villa Charra a la altura de la colonia Buenos Aires Norte, además de instalar 12.98 m de tubería de 8"Ø y cambiar pendiente a 16.15 m de atarjea. |
| 18 | Construcción de caja desarenadora en bulevar Casa Blanca y avenida De las Aguas de la colonia El Pipila. |
| 19 | Construcción de caja desarenadora en arroyo Matanuco y calle Denia en camino a Valle Redondo. |
| 20 | Interconexión del colector Sánchez Taboada a las Líneas Gemelas de Techite, Paseo de los Héroes, zona río y caja para compuertas. |
| 21 | Construcción desarenador Valle Verde, fraccionamiento Valle Verde. |
| 22 | Rehabilitación de 3,932.99 m del subcolector del Cañón Johnson. |
| 23 | Desarenador Guerrero, colonia Independencia. |
| 24 | Construir caja para derivar flujo e instalar tubería para interconectar al subcolector Campestre en bulevar Insurgentes y avenida Campestre, tercera etapa del Río. |
| 25 | Protección de tubería descubierta del emisor Obras Paralelas en Cañón del Matadero, a base de rellenos, colchón reno de 23 cm de esp. y 46 m longitud y 21 m de canaleta. |
| 26 | Entubamiento del emisor de 60" tramo Tecnomex-plantas San Antonio de los Buenos. |
| 27 | Obra de protección colector La Gloria-Rosarito, que cruza arroyo junto a la autopista de cuota Rosarito-Playas de Tijuana. |
| 28 | Reponer 21.89 m de tubería de 45 cm del subcolector Xicoténcatl en bulevar Industrial y José López Portillo de las colonias Sección Tecnológico y SCT. |
| | Total |

Fuente: CESPT.

Tabla 66. Necesidades de rehabilitación de redes de alcantarillado sanitario.

| No. | Nombre de la colonia | Longitud (m) | No. | Nombre de la colonia | Longitud (m) |
|-----|------------------------------|--------------|-----|----------------------------|--------------|
| 1 | Playas de Tijuana | 70,391 | 70 | Sonoita | 230 |
| 2 | Lázaro Cárdenas | 13,060 | 71 | Quinta Alta | 1,148 |
| 3 | Lomas Misión | 3,800 | 72 | Moreno | 690 |
| 4 | Unión | 2,550 | 73 | La Mesa | 4,070 |
| 5 | Linda Vista | 3,750 | 74 | Magaña | 820 |
| 6 | Roma | 4,050 | 75 | Contreras | 1,070 |
| 7 | Anexa Roma | 1,607 | 76 | La Esmeralda | 902 |
| 8 | 1er Ayuntamiento | 2,150 | 77 | Durango | 2,395 |
| 9 | Lomas Tijuana | 2,550 | 78 | Chapultepec California | 2,320 |
| 10 | Ciudad Jardín | 14,150 | 79 | Santa Fe | 780 |
| 11 | 5 y 8 Hectáreas | 100 | 80 | Los Arboles | 610 |
| 12 | Anexa Herrera | 2,063 | 81 | Veracruz | 1,455 |
| 13 | Lomas del Pacífico | 11,880 | 82 | Habitacional Electricistas | 400 |
| 14 | Francisco Villa | 10,966 | 83 | Contreras Oeste | 1,070 |
| 15 | Guerrero | 6,804 | 84 | Las Huertas 4.ª Sección | 4,200 |
| 16 | Independencia | 11,165 | 85 | Guanajuato | 1,000 |
| 17 | El Progreso | 8,120 | 86 | Fortín de Las Flores | 2,240 |
| 18 | Rancho La Cima | 2,040 | 87 | Guadalajara (La Mesa) | 6,265 |
| 19 | Hidalgo | 13,155 | 88 | Ramírez | 1,500 |
| 20 | México | 5,775 | 89 | Las Vegas | 520 |
| 21 | Morelos | 8,870 | 90 | Chihuahua La Mesa | 639 |
| 22 | Juárez | 7,870 | 91 | Infonavit La Mesa | 847 |
| 23 | Obrera 1.ª Sección | 38,925 | 92 | Santa Elena | 390 |
| 24 | Guadalajara | 6,265 | 93 | San Antonio | 900 |
| 25 | Madero Sur | 11,880 | 94 | Benton | 550 |
| 26 | Dávila | 2,225 | 95 | Moreno 2.ª Sección | 1,990 |
| 27 | América | 1,720 | 96 | Yamille | 649 |
| 28 | Gabilondo | 1,730 | 97 | Castro | 1,000 |
| 29 | Obrera | 26,493 | 98 | La Joya | 750 |
| 30 | El Rubí | 12,420 | 99 | Ramos | 1,350 |
| 31 | Vivienda Popular | 2,515 | 100 | Lomas Conjunto Residencial | 4,750 |
| 32 | Valle del Rubí Sección Lomas | 12,420 | 101 | Balcón Las Huertas | 4,430 |
| 33 | Jardines del Rubí | 2,230 | 102 | Pinos Agüero | 1,170 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre de la colonia | Longitud (m) | No. | Nombre de la colonia | Longitud (m) |
|-----|----------------------------------|--------------|-----|---|--------------|
| 34 | Valle del Rubí Secc. Terrazas | 7,190 | 103 | Luna Park | 1,100 |
| 35 | Cumbres del Rubí | 3,873 | 104 | Orizaba | 380 |
| 36 | Monterrey | 3,476 | 105 | Villa Floresta | 3,220 |
| 37 | Chula Vista | 2,090 | 106 | Pinos de Nares | 3,150 |
| 38 | Lomas Doctores | 1,040 | 107 | Alba Roja | 1,770 |
| 39 | Cubillas Sur | 3,370 | 108 | Fidel Velázquez | 3,225 |
| 40 | Campo de Golf | 3,149 | 109 | Cerro Colorado 2.ª Sección | 4,315 |
| 41 | Jardines de Chapultepec | 12,660 | 110 | J. López Portillo | 3,870 |
| 42 | Rancho El Grande | 250 | 111 | Parque Industrial El Florido I | 4,630 |
| 43 | Chapultepec Este | 1,150 | 112 | Parque Industrial Internacional Tijuana | 3,111 |
| 44 | Lomas de Agua Caliente 1.ª Secc. | 1,520 | 113 | Anexa Postal | 2,852 |
| 45 | Lomas de Agua Caliente 5.ª Secc. | 1,136 | 114 | Anexa del Río | 3,752 |
| 46 | Colinas de Agua Caliente | 5,330 | 115 | 20 de Noviembre | 750 |
| 47 | Burócratas Hipódromo | 3,795 | 116 | Anexa 20 de Noviembre | 11,384 |
| 48 | Pueblo Bonito | 1,080 | 117 | Buena Vista | 7,960 |
| 49 | Villa Lomas | 905 | 118 | Defensores de BC | 1,365 |
| 50 | Lomas de Agua Caliente | 9,700 | 119 | Los Álamos | 8,890 |
| 51 | Herradura | 695 | 120 | Alamar | 1,211 |
| 52 | Las Palmas | 4,210 | 121 | Infonavit Patrimonio | 3,250 |
| 53 | Los Olivos | 5,395 | 122 | Otay Galerías | 1,699 |
| 54 | El Mirador La Mesa | 2,180 | 123 | Manuel Rivera Anaya | 2,682 |
| 55 | Monte Bello | 1,290 | 124 | Rinconada de Otay | 1,436 |
| 56 | Hipódromo Dos | 2,355 | 125 | Campestre Murua | 10,250 |
| 57 | Real del Monte | 130 | 126 | El Lago | 8,686 |
| 58 | Sonora | 2,030 | 127 | Colinas del Alamar (Torres del Lago) | 3,098 |
| 59 | Industrial Pacífico I | 8,907 | 128 | Ampliación Guaycura | 2,230 |
| 60 | Parque Industrial Morelos | 911 | 129 | Presidentes | 11,995 |
| 61 | Industrial Pacífico II | 8,014 | 130 | Los Saucillos | 1,350 |
| 62 | Sánchez Taboada (Produtsa) | 38,276 | 131 | La Ciénega | 1,680 |
| 63 | Anexa Sánchez Taboada | 8,286 | 132 | Zermeño (Mérida) | 1,267 |
| 64 | El Prado | 4,370 | 133 | Constitución del 17 | 2,042 |
| 65 | Anáhuac | 580 | 134 | Arboledas | 1,060 |
| 66 | Ceceña | 1,241 | 135 | Arboledas de la Mesa | 1,233 |
| 67 | López | 712 | 136 | García | 996 |
| 68 | Los Ángeles | 1,180 | 137 | Tona | 1,151 |
| 69 | Dimenstein | 500 | 138 | San Carlos | 740 |

Fuente: elaboración propia con información de CESPT.

Tabla 67. Obras complementarias de rehabilitación de redes de alcantarillado sanitario.

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|--|
| 1 | Reubicar atarjea en callejón Ferrocarril y derecho de paso, desde la calle 6 a la calle 11, colonia Libertad. Se requiere actualización del proyecto; debe agregarse longitud y conectar a la nueva red del subcolector de la calle 11 o hincar red para cruzar vía del ferrocarril. |
| 2 | Reubicar atarjea actualmente colapsada y derramando aguas negras por segunda vez en tres meses, instalando 27 m de tubería PVC de 20 cm (8") de diámetro en talud y bajo condiciones adversas; instalar gaviones y proteger con concreto lanzado. |
| 3 | La primera que está en Calle 10 de Noviembre; la descarga cruza por el fraccionamiento Colinas del Rey, la segunda está en la calle Guillermo Prieto y la tercera sobre la calle Constitución. Aprox. 840 m. l. y 16 P. V. |
| 4 | Instalación de 333 m de tubería de PEAD de 20 cm (8") de Ø por el método perforación direccional; la rehabilitación a cielo abierto de 50 descargas y la construcción de un pozo de visita para conexión futura de red de alcantarillado sanitario. |
| 5 | Rehabilitar 10.16 m de tubería de 8" de diámetro en privada Doctores de la colonia Indeco Universidad. |
| 6 | Interconexión de la red de alcantarillado de la zona noreste de Rosarito con el sistema Rosarito Norte (1.ª etapa). |
| 7 | Reponer 254.97 m de tubería de concreto de 8"Ø con tubería de PVC del mismo diámetro; reposición de cuatro pozos de visita, uno más especial y reconexión de descargas en bulevar de las Américas, colonia 20 de Noviembre (atarjea oeste). |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|--|
| 8 | Reponer a cielo abierto 290 m (100 m) de atarjea de concreto con tubería de PVC de 8"Ø en calle Sancho Panza, entre callejón Alonso y Federico Benítez, colonia Los Españoles. |
| 9 | Reponer por estallado 207 m de tubería de concreto con tubería PEAD de 8"Ø y 173 m a cielo abierto con tubería de PVC de 8"Ø, incluyendo un pozo de visita y reconexión de 30 descargas en avenida Juan Ojeda Robles, entre callejón Tamayo y rampa Soledad Orozco, colonia Mineral de Santa Fe. |
| 10 | Reposición de 1,200.89 m de atarjea descendente en bulevar Fundadores, entre La Paz y Brasil, colonia Madero. |
| 11 | Rehabilitar e instalar 622.91 m de atarjea en calle Camino Antigo a Tecate, entre Simón Bolívar y Seminario. |
| 12 | Rehabilitar atarjeas de 8"Ø por estallado 1,784.32 m con tubería de PEAD de 8"Ø en calle 9, Génova y Parma de varias colonias, así como 280 m a cielo abierto en cruces perpendiculares. |
| 13 | Rehabilitación de 725 m de atarjeas en Playas de Rosarito (diferentes colonias). |
| 14 | Reubicación e instalación de 176.81 m de atarjea en calle Hernán Cortez, colonia Alfonso Garzón. |
| 15 | Proteger y cambiar pendiente en atarjea del talud de la colonia Juárez al bulevar Fundadores. |
| 16 | Tramos faltantes del programa Tijuana Sana 1, que cruzan predios o edificaciones, que requieren reponerse por métodos que no dañen las estructuras sobre las tuberías. |
| 17 | Reponer atarjea de 8"Ø de acero con una longitud de 67.52 m, ubicada dentro de tubo pluvial que cruza la calle Santa María del Mar, desde la calle Mar Egeo, además de encofrar tramo de tubería y reposición de pozo de visita |
| 18 | Obra de protección de atarjea a base de gaviones rectangulares, cortes, rellenos y prolongación de 30 m de canaleta pluvial en calle Monte Alifan del fraccionamiento Loma Dorada. |
| 19 | Reubicación de atarjea alojada entre las calles Río Tecate y Río Alamar de la colonia Patria Nueva, reubicación que consiste en instalar a menor profundidad 227.27 m de tubería de 20 cm (8") de diámetro y construcción de cuatro pozos de visita, así como reconexiones y rehabilitaciones de los pozos existentes. |
| 20 | Instalar a cielo abierto 52.83 m de y por microtuneleo o perforación direccional 65.38 m de tubería de 8"Ø, además de construcción de tres pozos de visita en calle Fco. I. Madero, colonia División del Norte. |
| 21 | Realizar conexión del colector Central viejo a atarjea, instalando 36.54 m de tubería de 8"Ø, construir pozo de visita y reponer pavimento estampado en los cruceros de la avenida Revolución con las calles Sexta y Séptima de la zona centro. |
| 22 | Deslizar tubería de PEAD de 6"Ø en el interior de atarjea de barro de 8"Ø alojada sobre banquetta norte de la calle Nueve, entre Revolución y Madero de la zona centro. |
| 23 | Instalar 203.17 m de atarjea y construir siete pozos de visita en calle Acapulco (Sinaloa de Leyva), colonia Los Españoles. |
| 24 | Rehabilitación de atarjeas de Ciudad Industrial (complemento) 340.45 m tubería desintegrada, 2,437.24 m con desgaste severo en calles Maquiladoras, Exportadores y avenida Industrial. |
| 25 | Reponer y reubicar 92.33 m de 8" de atarjea en calle Obreros (Paseo Reforma), colonia Reforma. |
| 26 | Instalar 142.35 m de atarjea y perforar 36.45 m en calle Cuarta, zona centro (obras faltantes). |
| 27 | Reubicar atarjea en calle Valle Alto, colonia Valle Vista (segunda propuesta). |
| 28 | Estallar 43.51 m de tubería de 30 cm de Ø en calle Veterinarios, entre Arquitectos y Diplomáticos de la colonia Otay Jardín. |
| | Total |

Fuente: CESPT.

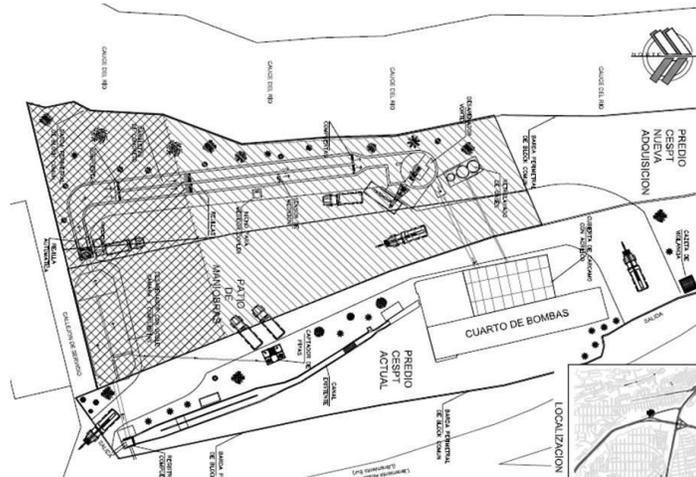
2.2.2.2 Sistema de bombeo que requiere rehabilitación.

PB-Matadero, en el municipio de Tijuana, BC.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

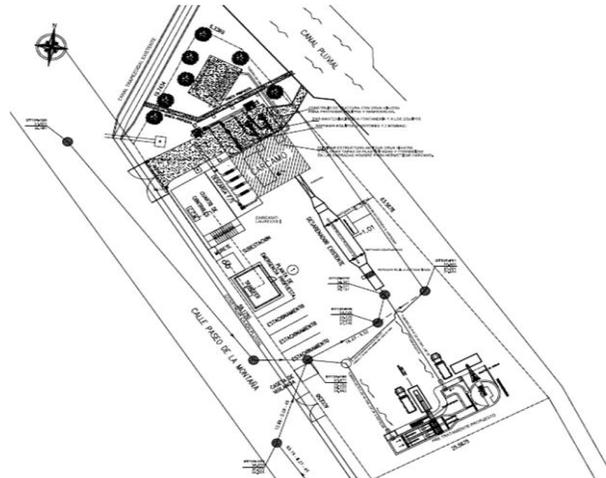
Consiste en el suministro e instalación de dos motores-bomba de 250 HP, un equipo de respaldo de energía eléctrica de 750 kW, un centro de control de motores (CCM), dos rejillas mecánicas, dos desarenadores vortex, un sistema de biofiltro, dos medidores de flujo y la construcción de caseta de protección para generador, caseta de vigilancia, sistema de pretratamiento y muro perimetral de concreto armado.



Coordenadas: 32°31'38.32"N | 117° 5'6.59"O.

PB Los Laureles.

Consiste en el suministro e instalación de equipo de respaldo de energía eléctrica de 300 kW, un motor-bomba de 125 hp, 460 VAC y un centro de control de motores (CCM) para tres equipos con interruptor principal, tres rejillas mecánicas, dos desarenadores vortex, un sistema de biofiltro, una grúa viajera, dos medidores de flujo y la construcción de caseta de protección para generador, caseta de vigilancia, sistema de pretratamiento y muro perimetral de concreto armado.



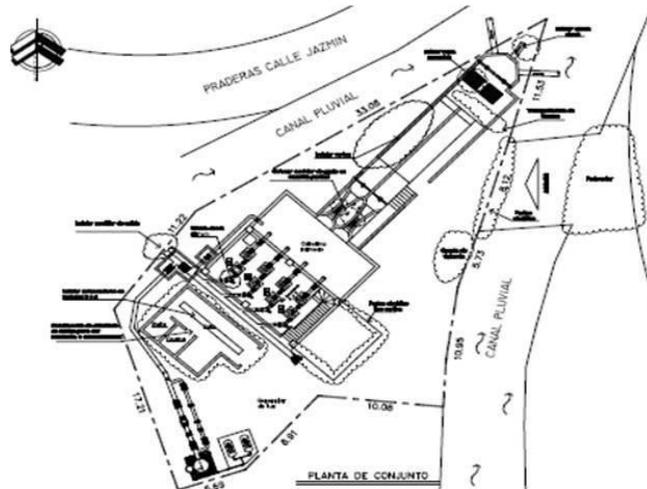
Coordenadas: 32°32'5.75"N | 117° 5'54.54"O.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

PB Los Laureles II.

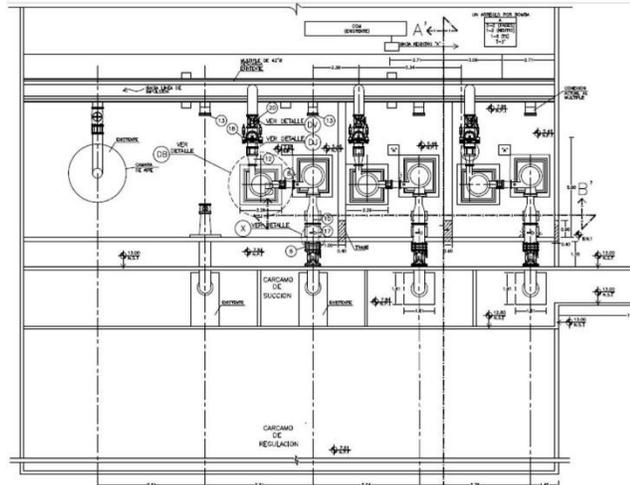
Consiste en el suministro e instalación de dos trenes de motores-bomba conectados en serie de 125 HP, cada uno (500 HP en total) 460 VAC, dos arrancadores tipo suave, dos rejillas mecánicas, dos cortinas eléctricas, dos medidores de flujo, mantenimiento a dos compresores y la construcción de caseta de vigilancia y muro perimetral de concreto armado.



Coordenadas: 32°31'24.56"N | 117° 5'29.92"O

PB1-A

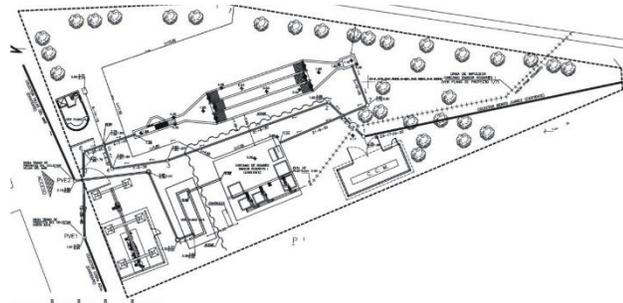
Consiste en el suministro e instalación de equipo de dos trenes motor-bomba de 1400 hp, 4160 VAC, incluye fontanería, válvulas automáticas y adecuaciones al centro de control de motores (CCM) existente, así como la rehabilitación de la subestación eléctrica para operar simultáneamente a máxima capacidad la PB 1A y PB 1B.



Coordenadas: 32°32'21.86"N | 117° 3'32.41"O.

Cárcamo de bombeo de agua residual Emissor Rosarito 1.

Consiste en la construcción de dos desarenadores, caseta para generador eléctrico, caseta de vigilancia, sistema de bombeo 1+1 para baipás de cárcamo, suministro e instalación de sistema de bombeo 2+1 de 125 HP, cada uno, subestación eléctrica de 500 KVA, generador eléctrico de 350 kW, centro de control de motores y dos medidores de flujo.



Coordenadas: 32°20'47.48"N | 117° 3'40.77"O.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 68. Necesidades de rehabilitación de cárcamos de bombeo.

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|---|
| 1 | Rehabilitación de la PB 1 A y B |
| 2 | Rehabilitación de la Planta de Bombeo PB3 (Matadero) |
| 3 | Rehabilitación de la Planta de Bombeo Laureles I |
| 4 | Rehabilitación de la Planta de Bombeo Laureles II |
| 5 | Rehabilitación del Cárcamo La Encantada (pretratamiento nuevo) |
| 6 | Rehabilitación de los Cárcamos San Pedro Sur y Norte |
| 7 | Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Playas (3 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 2+1) |
| 8 | Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Fideicomiso El Florido (de 2 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 1+1) |
| 9 | Rehabilitación Cárcamo Centro Recreativo (cambio de lugar y adecuaciones para el pretratamiento- |
| 10 | Rehabilitación del Cárcamo Emiliano Zapata |
| 11 | Rehabilitación del Cárcamo El Soler |
| 12 | Rehabilitación del Cárcamo Puerto Nuevo (instalación de pretratamiento para G&ADAF) |
| 13 | Rehabilitación del Cárcamo Santa Mónica # 1 y 2 |
| 14 | Rehabilitación del Cárcamos Papas and Beer |
| 15 | Rehabilitación del cárcamo de bombeo Emisor Rosarito |
| | Total |

Fuente: CESPT.

2.2.2.3 PTAR que requieren rehabilitación.

De acuerdo con el diagnóstico realizado a cada una de las instalaciones de tratamiento, se detectan las siguientes unidades o procesos que requieren rehabilitación, siendo estas las siguientes:

Tabla 69. Necesidades de infraestructura en la PTAR Rosarito Norte.

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|---|
| 1 | Reemplazo del sistema de aireación |
| 2 | Reemplazo del sistema de recirculación |
| 3 | Reemplazo del sistema de pretratamiento |
| 4 | Reemplazo de equipo de bombeo |
| 5 | Reemplazo del sistema para manejo de lodos (se incluye góndola y tanques) |
| 6 | Reemplazo del sistema de desinfección |
| 7 | Generador eléctrico |
| | Total |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 70. Necesidades de infraestructura en la PTAR Rosarito I.

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|--|
| 1 | Reemplazo del reactor biológico por concreto |
| 2 | Reemplazo del sistema de aireación |
| 3 | Rehabilitación del sistema de pretratamiento (incluye lavador) |
| 4 | Reemplazo de equipo de bombeo (recirculación, natas y reúso) |
| 5 | Reemplazo del sistema para manejo de lodos |
| 6 | Reemplazo del sistema de desinfección |
| 7 | Generador eléctrico |
| | Total |

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 71. Necesidades de Infraestructura en la PTAR Villas del Prado.

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|--|
| 1 | Rehabilitación del sistema de pretratamiento |
| 2 | Reemplazo de equipo de bombeo |
| 3 | Reemplazo del sistema de aireación |
| 4 | Reemplazo de equipo de bombeo (recirculación, natas y reúso) |
| 5 | Reemplazo del sistema para manejo de lodos |
| 6 | Generador eléctrico |
| | Total |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 72. Necesidades de infraestructura en la PTAR La Morita

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|---|
| 1 | Rehabilitación del sistema de pretratamiento (cribas) |
| 2 | Rehabilitación desinfección (incluye ampliación) |
| 3 | Cambio de tuberías de alimentación a los reactores |
| | Total |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 73. Necesidades de infraestructura en la PTAR José Arturo Herrera Solís.

| No. | Nombre del proyecto |
|-----|---|
| 1 | Rehabilitación del sistema de pretratamiento (cribas) |
| 2 | Rehabilitación desinfección (incluye ampliación) |
| 3 | Rehabilitación de taludes y vialidades |
| | Total |

Fuente: elaboración propia.

Las PTAR Pórticos de San Antonio, Las Maravillas y San Antonio del Mar quedarán fuera de operación, al entrar en operación el colector Costero, por lo que no se recomienda la rehabilitación de la infraestructura deteriorada. Las PTAR Santa Fe y Hacienda Las Flores saldrán de operación con la propuesta de solución de la cuenca San Antonio de Los Buenos.

2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.

PTAR SAB.

Para evitar la contaminación que produce la descarga de la PTAR SAB en la zona costa, es deseable construir una planta de tratamiento de tecnología moderna, que genera aguas residuales tratadas con la calidad suficiente para mitigar el impacto visual y de olores en el efluente, con el fin de sanear la playa. Este sistema ordenado de recolección, desalojo y alejamiento de las aguas residuales tratadas permitirá el desarrollo de conjuntos habitacionales y turísticos, impactando favorablemente esta zona.

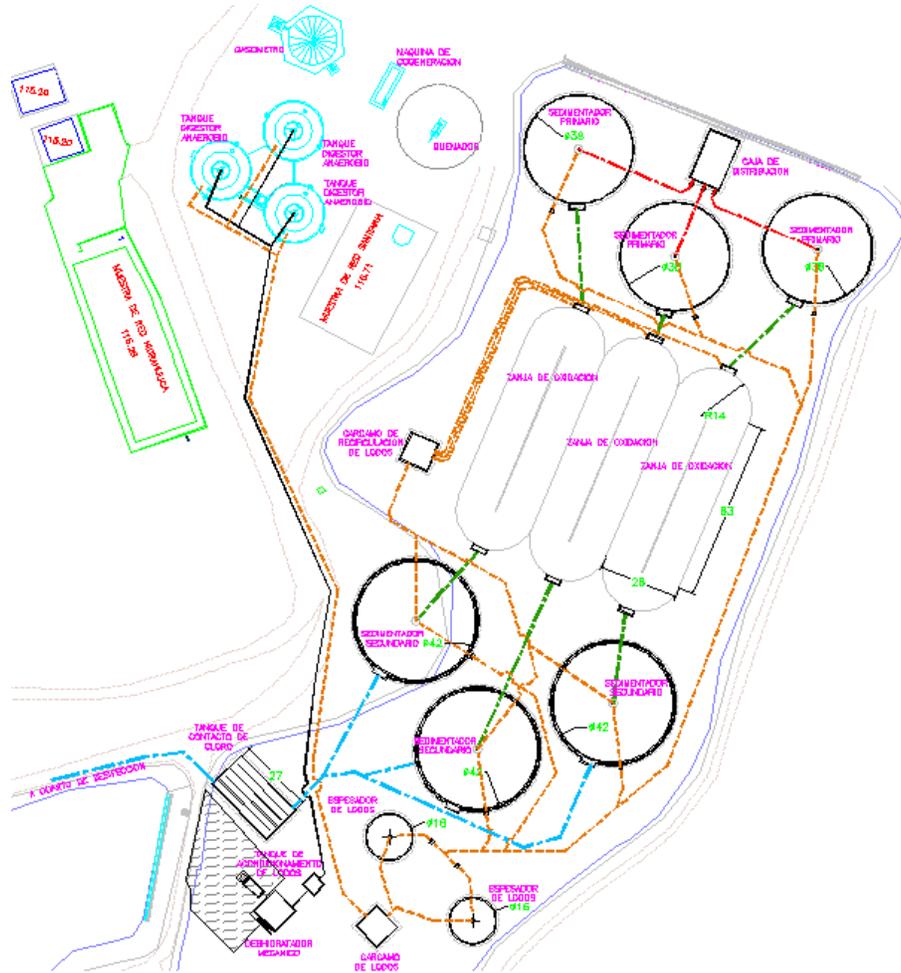
La rehabilitación y ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales San Antonio de Los Buenos, con tres módulos de 600 lps, cada uno, se desprende de una necesidad al 2050 de 1765 lps; en este gasto está incluida la subcuenca San Antonio de Los Buenos (Ticolote La Gloria), asumiendo la derivación de 179 lps de las subcuencas del Sainz y Cueros de Venado.

Consiste en la construcción de tres módulos de 600 lps, que incluya sistema de pretratamiento: abarca suministro e instalación de rejillas de cribado grueso y fino en los canales y equipo de desarenación; construcción de caja de distribución, sedimentadores primarios, reactores y



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

sedimentadores secundarios con su respectivo equipamiento, sistema para el manejo de lodos, cárcamo de circulación de lodos, cárcamo de lodos, tanque digester de lodos y sistema de desinfección. Se propone la construcción en etapas, comenzando con dos módulos de 600 lps.



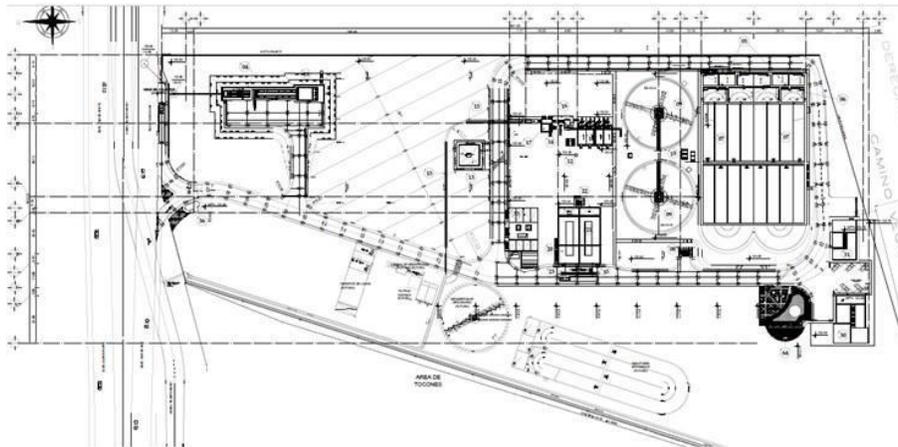
Coordenadas: 32°28'32.78"N | 117° 6'35.26"O.

PTAR La Morita

Consiste en la construcción de un tren de tratamiento completo, pretratamiento, reactor y sedimentador secundario, sistema de filtración, desinfección y manejo de lodos, con una capacidad de 127 lps, ampliando la capacidad de tratamiento de la cuenca a 381 lps.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS



Coordenadas: 32°27'13.05"N | 116°51'36.55"O.

PTAR José Arturo Herrera Solís.

Para dar solución a la problemática de la capacidad y tratamiento de aguas residuales de la PTAR SAB, se pretende construir un cárcamo de bombeo para recolectar las aguas residuales generadas en la cuenca del Cañón de Sainz con una línea de impulsión que envíe las aguas recolectadas a la PTAR Arturo Herrera. Actualmente esta planta está subutilizada, debido a que el área de aportación casi se encuentra desarrollada al 100 % y su capacidad de tratamiento está al 47 %, quedando aproximadamente 216 lps disponibles.



Coordenadas: 32°27'45.93"N | 116°55'16.91" O.

Consiste en la construcción de cárcamo de bombeo de 100 HP con un sistema de pretratamiento mecanizado, así como el suministro e instalación de 1753 m de tubería de 300 mm (12") de diámetro.

PTAR Los Valles

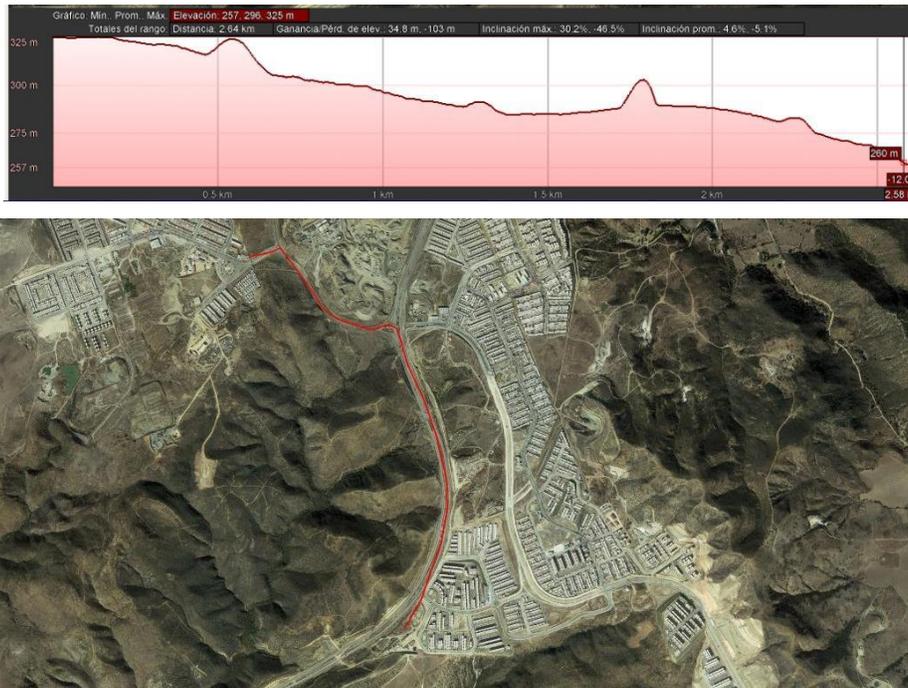
Para darle solución a los escurrimientos de los fraccionamientos Los Valles y Palma Real, se propone la construcción de un emisor a gravedad que conduzca estas aguas a la PTAR Natura I, la cual tiene



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

una capacidad de 60 lps, en el año 2019 ingresaron en promedio 34 lps; con la construcción de este emisor, de aproximadamente 3 km, se dejará de operar la PTAR Los Valles.

Consiste en la construcción de un cárcamo con línea de impulsión de 400 m, para cambiar el régimen a gravedad con una longitud de 2.5 km, hasta alcanzar el pretratamiento de la PTAR Natura I.



Coordenadas: 32°23'2.65"N | 116°56'37.79"O.

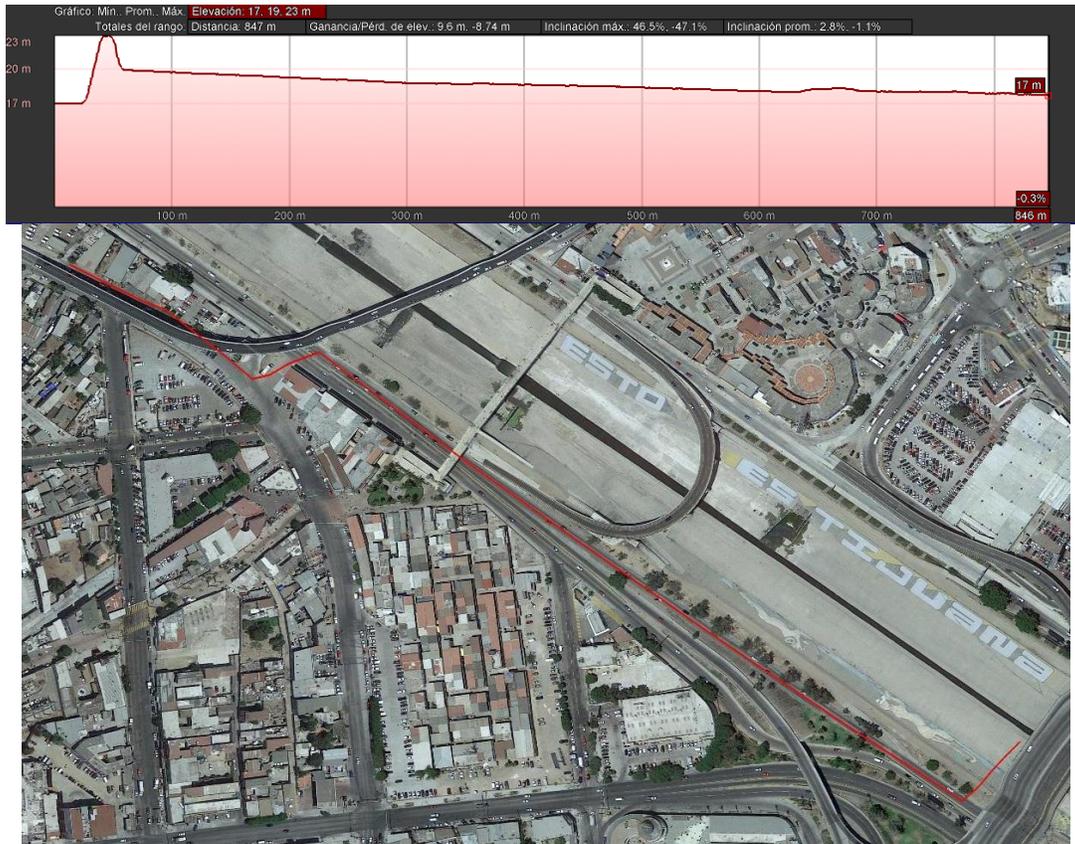
Cárcamo PB-CILA-Obra de toma a gravedad.

Uno de los proyectos estratégicos, que se plantea, es la construcción de una línea de conducción a gravedad con una nueva obra toma del río Tijuana, ubicada a 1000 m aguas arriba de la actual, misma que conducirá las aguas a gravedad hasta la línea de impulsión de la PB-CILA, para llegar hasta la estación de bombeo número 1 (PB1-A); la obra incluye una caja derivadora para operar en caso de emergencia con el colector Internacional. La importancia radica en que sería una obra de defensa adicional a la existente, por lo que se minimiza la posibilidad de cruces transfronterizos de aguas, ya sea por fallas en suministro de energía eléctrica, por aumento de gastos en el río Tijuana, y posibilita la entrada en operación del sistema de recolección en tiempo de estiaje, acortando los tiempos de arranque, sin dejar de mencionar los ahorros obtenidos por la operación y mantenimiento de la planta existente.

Construcción de línea a gravedad de 48", que contempla perforación direccional, obra de toma, caja derivadora, válvula de seccionamiento y la colocación de 800 m de tubería de PVC.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS



Coordenadas: 32°32'15.15"N | 117° 1'56.55"O.

2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.

Emisor subacuático PTAR Rosarito Norte.

Construcción de emisor subacuático para descargar el agua residual tratada, generada en la PTAR Rosarito Norte.



Coordenadas: 32°22'54.32"N | 117° 4'51.67"O.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Colector Cueros de Venado.

La subcuenca Cueros de Venado presenta la problemática de escurrimientos de aguas residuales al vaso de la presa Abelardo L. Rodríguez, fuente de abastecimiento de la ciudad de Tijuana; en ella se encuentran dos plantas de tratamiento y cárcamos de bombeo, los cuales no están fuera de operación, impactando a la presa; se propone como solución definitiva la construcción de un colector que permita sacar las aguas de la subcuenca e incorporarlas a gravedad a la PTAR José Arturo Herrera Solís; con estas acciones se hace eficiente a la planta, disminuyendo la aportación a la PTAR de SAB.

PTAR Las Delicias I a la PTAR José Arturo Herrera Solís.

Esta alternativa contempla la construcción de 2395 m de tubería de 38 cm de diámetro (subcolector Delicias), 1314 m de tubería de 30 cm de diámetro (subcolector Hacienda Los Venados), y de 3905 m de tubería de 60 cm de diámetro (colector Cueros de Venado), además de la construcción de cuatro sifones compuestos por 1223 m de tubería a presión de 610 mm de diámetro para descargar a la PTAR Arturo Herrera; con esta solución se dejarían de operar cinco cárcamos de bombeo y dos PTAR.



Coordenadas: 32°24'38.19"N | 116°56'7.72"O.

Opciones para la eliminación de PB1-A y PB-B.

El objetivo es trasvasar el agua negra, generada en la cuenca del río Tijuana, y enviarla hacia la costa por gravedad, considerando la demanda al año 2050 que permita reducir la dependencia del sistema de bombeo y evitar flujos transfronterizos.

El flujo estimado incluye los volúmenes de la cuenca del río Tijuana, aportaciones del acuífero, los provenientes de Tecate que fluyen a través del río Alamar y, en caso de emergencia, los efluentes de las PTAR Arturo Herrera, La Morita y Matanuco. Se estimó un flujo medio de 1412 lps y máximo



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de 3813 lps en condiciones de operación normal, y de 3400 lps a 9180 lps en condiciones de emergencia.

Primero se detectó la necesidad de una nueva planta de bombeo y una línea de impulsión para conducir el agua al sitio donde será tratada, ya sea en la actual PTAR o en algún otro sitio; por tanto, en condición de contingencia, el gasto conducido a través del sistema a gravedad será desviado hacia el mar dentro de territorio mexicano.

A) Construcción de túnel de PB 1A y PB 1B B a Punta Bandera (sitio actual)

Esta alternativa contempla la construcción de un túnel desde un predio ubicado a un costado de la PB1 hasta la PTAR San Antonio de Los Buenos, con una longitud de 9465 m, para un flujo medio de 1412 lps ($Q_{maxp} = 3,813$ lps) para su operación normal, y de 3400 lps ($Q_{maxp} = 9180$ lps) para una condición de emergencia.

Un elemento por considerar es la revisión de los trámites de factibilidad requeridos para cruzar por debajo de las propiedades del trazo propuesto.

Ilustración 45. Área de influencia del túnel Punta Bandera.



Fuente: elaboración propia, 2020.

La pendiente máxima calculada, admisible en este trazo para no salir por debajo del nivel medio del mar, resultó de 1 al millar; sin embargo, son indispensables sistemas de protección contra marea alta y contra tormentas o marejadas. En la ilustración siguiente se muestra el trazo en planta y el perfil del túnel Punta Bandera.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 46. Planta y perfil del túnel Punta Bandera.



Fuente: elaboración propia.

Una vez que el agua residual haya llegado a la costa, se considera una planta de bombeo que elevará el agua hasta el sitio actual de la PB San Antonio de Los Buenos, y de ahí a la PTAR del mismo nombre. En la ilustración siguiente se observa el trazo de la línea de impulsión hacia el sistema actual de la PTAR SAB y llegada del emisor existente. Esta alternativa no elimina por completo el bombeo ni permite separar las aguas residuales generadas en la cuenca de las aguas tratadas (efluente de Tecate y agua del acuífero de Tijuana) que escurren en el río Tijuana.

Ilustración 47. Planta de bombeo (PB1 C) y línea de impulsión en Punta Bandera.



Fuente: elaboración propia, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El costo total y los componentes de la propuesta se describen en la tabla siguiente.

Tabla 74. Costos estimados de construcción del túnel Punta Bandera y obra complementaria.

| No. | Nombre de la obra | Descripción | Monto estimado (mdp) |
|-----|--|---|----------------------|
| 1 | Predio para lanzadera de túnel | Compra de terreno (2,172m ²) para construcción de lanzadera de túnel. | 24.43 |
| 2 | Túnel | Consiste en la perforación e instalación de tubería de 244 cm (96") de diámetro, en una longitud de 9465 m. | 4,079.74 |
| 3 | Adecuaciones a terreno para planta de bombeo | Consiste en la compra de terreno (1.3 Ha), movimiento de tierras y protección contra oleaje para la construcción de planta de bombeo. | 246.25 |
| 4 | Planta de bombeo PB1 C | Consiste en la construcción de planta de bombeo de aguas residuales con un sistema 5+1 de 7500 HP. | 408.46 |
| 5 | Línea de impulsión | Consiste en el suministro e instalación de 1044 m de tubería de 1370 mm (54") de diámetro. | 26.20 |
| | | Total | 4,785.08 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

B) Construcción de túnel de PB 1A y PB 1B al nuevo sitio de PTAR SAB (arroyo SAB)

Esta alternativa tiene como destino final un predio ubicado al costado del arroyo San Antonio de Los Buenos, en donde se propone la reubicación de la PTAR SAB, lo que reduce la carga de bombeo final. El nuevo trazo es de 11,070 m, como se muestra en la ilustración siguiente.

El gasto medio será de 1412 lps ($Q_{max} = 3,813$ lps) para su operación normal, con una longitud de 11,070 m, así como también contemplará, en caso de emergencia, el gasto de 3400 lps ($Q_{max} = 9,180$ lps). También deberá considerarse la revisión de los trámites de factibilidad requeridos para cruzar por debajo de las propiedades privadas del trazo propuesto.

Ilustración 48. Área de influencia del túnel arroyo SAB.



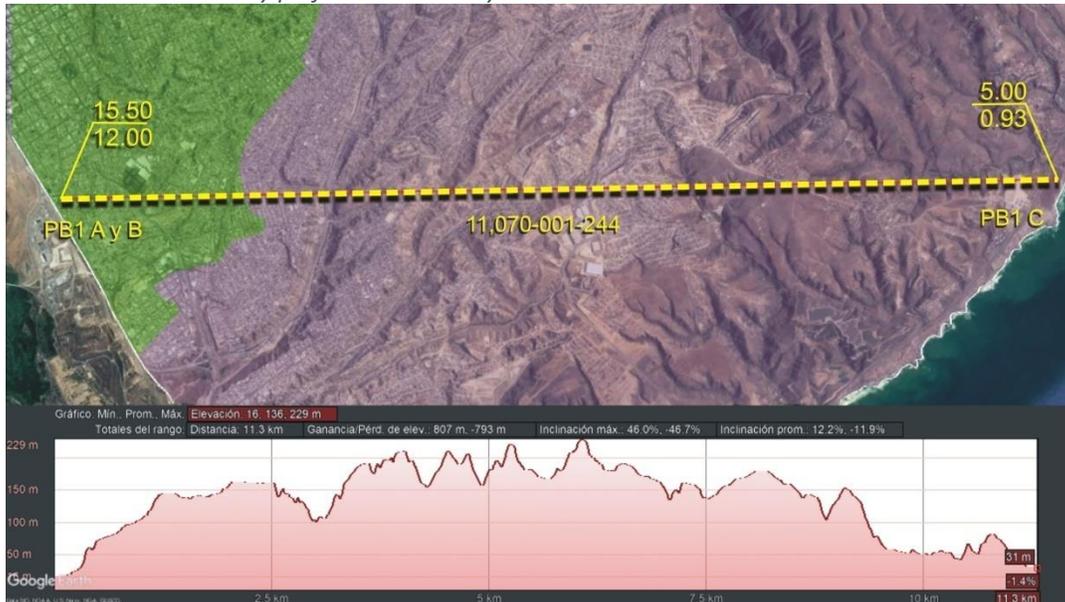
Fuente: elaboración propia, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En la ilustración siguiente se muestran la planta y el perfil del túnel Arroyo SAB, cuya pendiente adecuada es de 1 al millar, igual que en el caso anterior; el sitio de llegada requerirá de protecciones contra marea alta y contra tormentas o marejadas.

Ilustración 49. Planta y perfil del túnel Arroyo SAB.



Fuente: elaboración propia.

Esta propuesta requerirá de una planta de bombeo en la salida del túnel, así como de una línea de impulsión para llevar el agua residual al nuevo sitio de la PTAR SAB. La alternativa no elimina por completo el bombeo, aunque la carga a vencer sería de la mitad de las actuales plantas de bombeo; asimismo, esta alternativa no permite separar las aguas residuales generadas en la cuenca de las aguas tratadas (efluente de Tecate y agua del acuífero de Tijuana) que escurren en el río Tijuana.

Ilustración 50. Planta de bombeo (PB1 C) y línea de impulsión en arroyo SAB.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Tabla 75. Costos estimados de construcción del túnel Arroyo SAB y obra complementaria.

| No. | Nombre de la Obra | Descripción | Monto estimado (mdp) |
|--------------|--|--|----------------------|
| 1 | Predio para lanzadera de túnel | Compra de terreno (2,172 m ²) para construcción de lanzadera de túnel | 24.43 |
| 2 | Túnel | Consiste en la perforación e instalación de tubería de 244 cm (96") de diámetro, en una longitud de 11,070 m. | 4,771.55 |
| 3 | Adecuaciones a terreno para planta de bombeo | Consiste en la compra de terreno (1.3 Ha), movimiento de tierras y protección contra oleaje para la construcción de planta de bombeo | 246.25 |
| 4 | Planta de bombeo PB1 C | Consiste en la construcción de planta de bombeo de aguas residuales con un sistema 4+1 de 5,000 HP | 289.48 |
| 5 | Línea de impulsión | Consiste en el suministro e instalación de 918 m de tubería de 1370 mm (54") de diámetro. | 23.03 |
| Total | | | 5,354.75 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

C) Construcción del túnel de PB1A y PB1B al Cañón del Matadero

Esta alternativa contempla suprimir las plantas de bombeo PB 1A y B, así como la PB Matadero; el gasto medio para el túnel será de 1412 lps ($Q_{maxp} = 3,813$ lps) para su operación normal, con una longitud de 2600 m, así como también contemplará, en caso de emergencia, el gasto de 3400 lps ($Q_{maxp} = 9,180$ lps).

Para estar en condiciones de llevar por gravedad el agua residual desde las PB hasta la zona del Cañón del Matadero, y eventualmente hasta la costa en la zona de Playas de Tijuana, la pendiente máxima calculada para no salir por debajo del nivel medio del mar es de 1 al millar. Dado que el punto de descarga es una playa pública cercana a la frontera con Estados Unidos, se contempló la construcción de un emisor subacuático de 4500 metros para conducir el agua residual a un punto



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de descarga similar al del emisor submarino de South Bay (SBOO), como se muestra en la ilustración siguiente.

Ilustración 51. Área de influencia del túnel Matadero.



Fuente: elaboración propia, 2020.

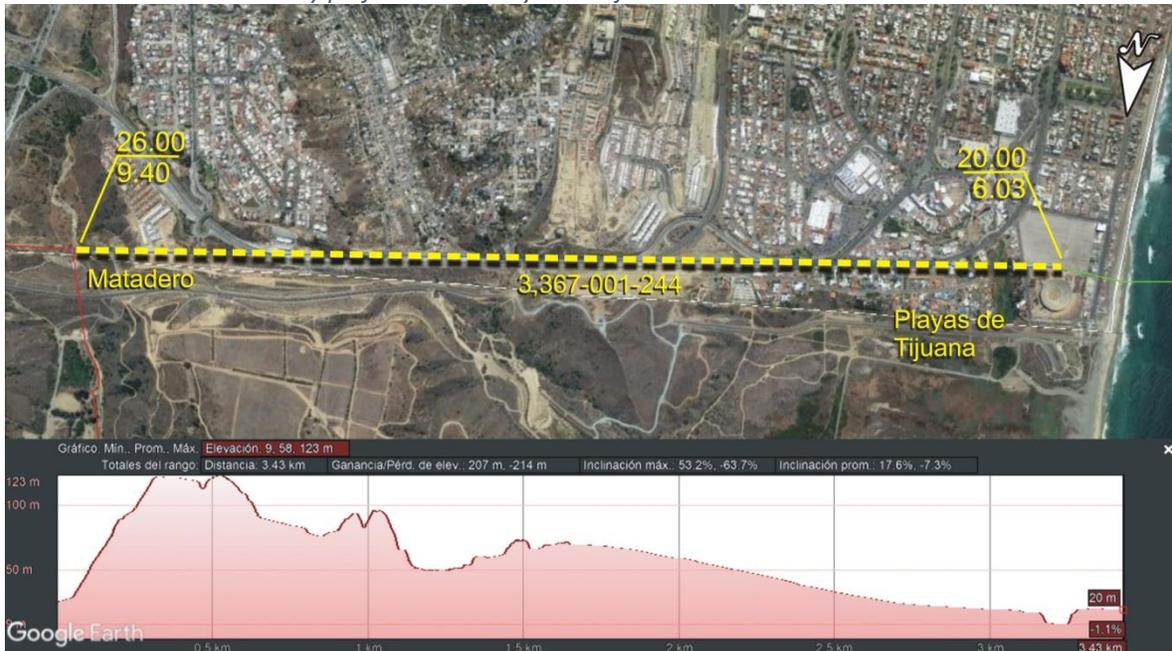
En la ilustración siguiente se muestra el trazo en la planta y el perfil del túnel PB1–Matadero.

Ilustración 52. Planta y perfil del túnel Matadero



Fuente: elaboración propia, 2020.

Ilustración 53. Planta y perfil del túnel Playas de Tijuana.



Fuente: elaboración propia.

Esta alternativa requerirá de una planta de bombeo en la salida del túnel, así como de una línea de impulsión para llevar el agua residual al sitio de la nueva planta de tratamiento Matadero. La PTAR también recibirá por gravedad las aguas residuales del afluente de PB Matadero. Con el propósito



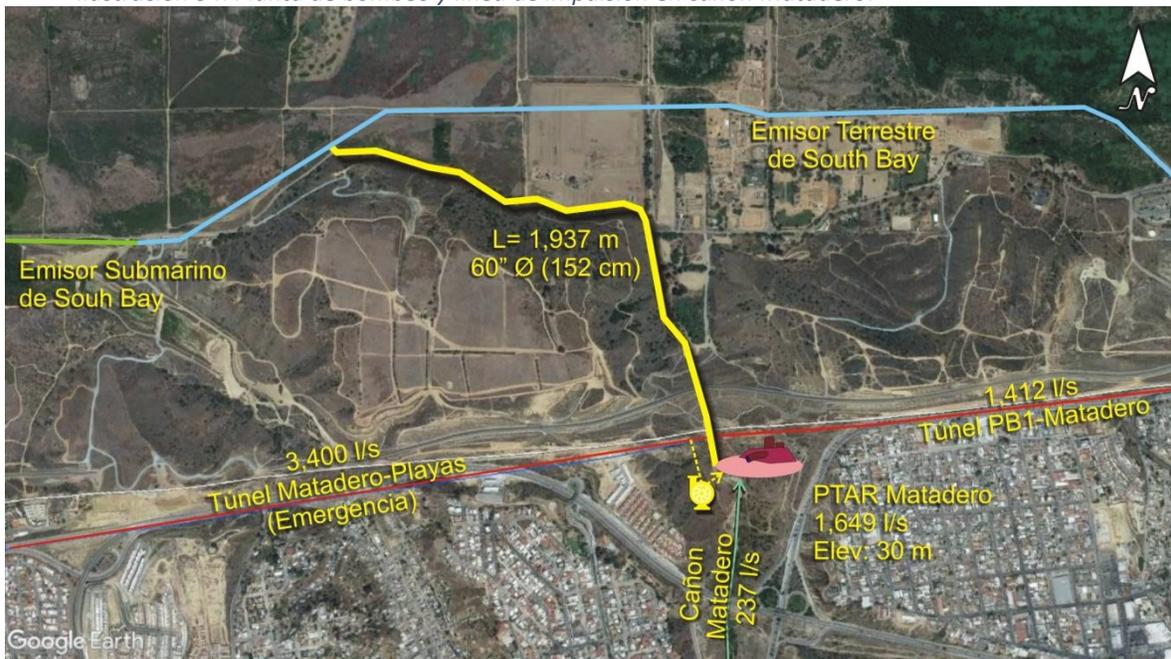
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de que esta opción sea viable, se requerirá que la CILA gestione los trámites necesarios para que el efluente de la nueva PTAR pueda descargar por gravedad en el emisor terrestre de South Bay. En caso de presentarse una emergencia, el flujo excedente se enviará a la segunda sección del túnel hasta Playas de Tijuana, para ser descargado al mar a través de un emisor subacuático.

D) Conducción de la PB1 a emisor submarino de South Bay.

Esta opción parte de la alternativa C, pero adiciona el tratamiento de las aguas residuales con una PTAR Matadero, que también recibiría por gravedad el afluente de PB Matadero y una planta de bombeo (y su línea de impulsión), para llevar el agua tratada al emisor terrestre de South Bay, y posteriormente al emisor submarino, con el trazo propuesto en la ilustración siguiente.

Ilustración 54. Planta de bombeo y línea de impulsión en cañón Matadero.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Tabla 76. Costos estimados para la construcción del túnel cañón Matadero y obra complementaria.

| No. | Obra | Descripción | Monto estimado (mdp) |
|-----|---|---|----------------------|
| 1 | Túnel Matadero | Consiste en la perforación e instalación de tubería de 244 cm (96") de diámetro, en una longitud de 2600 m | 1,120.69 |
| 2 | Túnel Playas de Tijuana | Consiste en la perforación e instalación de tubería de 244 cm (96") de diámetro, en una longitud de 3367 m | 1,451.29 |
| 3 | Colector Matadero | Consiste en el suministro e instalación de tubería de 152 cm (60") de diámetro, en una longitud de 1937 m | 106.92 |
| 4 | Adecuaciones a terreno para planta de bombeo y nueva PTAR | Consiste en la compra de terreno (1.3 Ha), movimiento de tierras y protección contra inundación para la construcción de planta de bombeo y PTAR | 158.50 |
| 5 | Planta de bombeo | Consiste en la construcción de planta de bombeo de aguas residuales con un sistema 4+1 de 2400 HP | 155.22 |
| 6 | Línea de impulsión | Consiste en el suministro e instalación de 200 m de tubería de 1370 mm (54") de diámetro | 5.02 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Obra | Descripción | Monto estimado (mdp) |
|-----|--------------------|--|----------------------|
| 7 | Emisor subacuático | Suministro e instalación de tubería de 152 cm (60") de diámetro, con una longitud de 4500m | 474.14 |
| | | Total | 3,471.78 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Esta opción resulta más atractiva que la "C" e implicaría gestiones con la CILA, sección americana, para que el efluente de la nueva PTAR Matadero pueda descargar por gravedad en el emisor terrestre de South Bay. En caso de emergencia, el flujo se enviará a la segunda sección del túnel hasta Playas de Tijuana, para ser descargado al mar a través del emisor subacuático propuesto.

Ampliación del sistema de alcantarillado sanitario.

Actualmente existen decenas de colonias populares y fraccionamientos que se encuentran poblados con una baja densidad de habitantes, que requieren de los servicios de redes de alcantarillado sanitario. A continuación, se muestran aquellas zonas identificadas en el documento de Planeación Integral de Alcantarillado Sanitario para la Zona Urbana de Tijuana y Playas de Rosarito 2010-2030 de CESPT; los costos fueron actualizados con base en el índice de inflación de mayo del 2010 al mes de agosto del 2020.

Tabla 77. Necesidades de infraestructura de alcantarillado sanitario.

| No. | Nombre de la Obra | Descripción |
|-----|---|--|
| 1 | Red de alcantarillado sanitario Ejido Lázaro Cárdenas, segunda etapa. | Construcción de la red alcantarillado sanitario Ejido Lázaro Cárdenas, segunda etapa. |
| 2 | Red de alcantarillado sanitario Rancho Altamira. | Red de alcantarillado sanitario Rancho Altamira en Playas de Rosarito, con una longitud de 2448 m. |
| 3 | Red de alcantarillado sanitario Cuenca Lechera (Tijuana). | Red de alcantarillado sanitario Cuenca Lechera (Tijuana), con una longitud de 1741 m. |
| 4 | Red de alcantarillado sanitario Ejido Primo Tapia. | Red de alcantarillado sanitario Ejido Primo Tapia; incluye cárcamo de bombeo y línea de impulsión, con una longitud de 24,534 m. |
| 5 | Red de alcantarillado sanitario Pegaso II. | Red de alcantarillado sanitario Pegaso II, con una longitud de 446 m. |
| 6 | Red de alcantarillado sanitario Los Ramos (Playas de Rosarito). | Red de alcantarillado sanitario Los Ramos (Playas de Rosarito), con una longitud de 9974 m. |
| 7 | Red de alcantarillado sanitario Colinas del Sol (Playas de Rosarito). | Red de alcantarillado sanitario Colinas del Sol (Playas de Rosarito), con una longitud de 8488 m. |
| 8 | Red de alcantarillado sanitario Terrazas San Ángel. | Red de alcantarillado sanitario Terrazas San Ángel, con una longitud de 4383 m. |
| 9 | Red de alcantarillado sanitario Valle Dorado. | Red de alcantarillado sanitario Valle Dorado, con una longitud de 6689 m. |
| 10 | Red de alcantarillado sanitario Habitacional Estrella y Lomas Encantadas. | Red de alcantarillado sanitario Habitacional Estrella y Lomas Encantadas, y colector, con una longitud de 3860 m. |
| 11 | Red de alcantarillado sanitario Nuevo Milenio. | Red de alcantarillado sanitario Nuevo Milenio, con una longitud de 2735 m. |
| 12 | Red de alcantarillado sanitario Playa Santander. | Red de alcantarillado sanitario Playa Santander, con una longitud de 3248 m. |
| 13 | Red de alcantarillado sanitario Del Trabajo. | Red de alcantarillado sanitario fraccionamiento Del Trabajo, con una longitud de 1500 m. |
| 14 | Red de alcantarillado sanitario Las Palomas | Red de alcantarillado sanitario Las Palomas Viñedos de Casa Blanca, con una longitud de 3890 m. |
| 15 | Red de alcantarillado sanitario Granjas Buenos Aires-Generación 2000. | Red de alcantarillado sanitario Granjas Buenos Aires-Generación 2000. |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre de la Obra | Descripción |
|-----|---|--|
| 16 | Red de alcantarillado sanitario Leandro Valle 2. ^a sección. | Red de alcantarillado sanitario Leandro Valle 2. ^a sección. |
| 17 | Red de alcantarillado sanitario El Campito. | Construcción de la red de alcantarillado sanitario El Campito, en Playas de Rosarito. |
| 18 | Red de alcantarillado sanitario Cerro Colorado 3. ^a sección. | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Cerro Colorado 3. ^a sección. |
| 19 | Red de alcantarillado sanitario La Nopalera. | Construcción de la red de alcantarillado sanitario La Nopalera, con una longitud de 482 m. |
| 20 | Red de alcantarillado sanitario El Aguilón. | Construcción de la red de alcantarillado sanitario El Aguilón, con una longitud de 600 m. |
| 21 | Red de alcantarillado sanitario Los Girasoles | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Los Girasoles, con una longitud de 5575 m. |
| 22 | Red de alcantarillado sanitario Rancho Ontiveros | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Rancho Ontiveros, con una longitud de 890 m. |
| 23 | Red de alcantarillado sanitario Piso de la Piedra | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Piso de la Piedra. |
| 24 | Red de alcantarillado sanitario Los Olivos | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Los Olivos. |
| 25 | Red de alcantarillado sanitario Poblado Santa Anita | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Poblado Santa Anita (Playas de Rosarito), con una longitud de 3380 m. |
| 26 | Red de alcantarillado sanitario La Loma | Construcción de la red de alcantarillado sanitario La Loma (Misión Viejo de San Miguel), con una longitud de 3937 m. |
| 27 | Red de alcantarillado sanitario Horóscopo P/A | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Horóscopo P/A, con una longitud de 3080 m. |
| 28 | Red de alcantarillado sanitario Colinas del Sol (Tijuana) | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Colinas del Sol (Tijuana), con una longitud de 10,596 m. |
| 29 | Red de alcantarillado sanitario Rancho La Capilla y Real del Sol | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Rancho La Capilla y Real del Sol (Playas de Rosarito), con una longitud de 1505 m. |
| 30 | Red de alcantarillado sanitario Valle Imperial | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Valle Imperial, con una longitud de 5142 m. |
| 31 | Red de alcantarillado sanitario Xicoténcatl Leyva II | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Xicoténcatl Leyva II, y subcolector, con una longitud de 9889 m. |
| 32 | Red de alcantarillado sanitario Francisco Zarco | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Francisco Zarco; incluye colector y subcolector, con una longitud de 11,686 m. |
| 33 | Red de alcantarillado sanitario Granjas Familiares del Matamoros | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Granjas Familiares del Matamoros, con una longitud de 4000 m. |
| 34 | Red de alcantarillado sanitario Carrizalejo | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Carrizalejo, con una longitud de 1492 m. |
| 35 | Red de alcantarillado sanitario Ley del Servicio Civil | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Ley del Servicio Civil (Sindicato Burócratas), y subcolector, con una longitud de 9816 m. |
| 36 | Red de alcantarillado sanitario Marbella | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Marbella (Playas de Rosarito), con una longitud de 6625 m. |
| 37 | Red de alcantarillado sanitario Terrazas del Pacífico | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Terrazas del Pacífico (Playas de Rosarito), con una longitud de 10,387 m |
| 38 | Red de alcantarillado sanitario Villa Hermosa | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Villa Hermosa, con una longitud de 3026 m. |
| 39 | Red de alcantarillado sanitario Ampliación Ejido Lázaro Cárdena 3. ^a sección | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Ampliación Ejido Lázaro Cárdena 3. ^a sección, con una longitud de 13,574 m. |
| 40 | Red de alcantarillado sanitario Colinas del Florido | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Colinas del Florido, con una longitud de 4705 m. |
| 41 | Red de alcantarillado sanitario Lomas de León | Construcción de la red de alcantarillado sanitario lomas de León, con una longitud de 3190 m. |
| 42 | Red de alcantarillado sanitario Lomas de San Antonio 2. ^a etapa | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Lomas de San Antonio 2. ^a etapa |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| No. | Nombre de la Obra | Descripción |
|-----|--|---|
| 43 | Red de alcantarillado sanitario Mar de Puerto Nuevo 1 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Mar de Puerto Nuevo 1, con una longitud de 18,613 m. |
| 44 | Red de alcantarillado sanitario Misión del Mar 1 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Misión del Mar 1, con una longitud de 11,570 m. |
| 45 | Red de alcantarillado sanitario El Encinal | Construcción de la red de alcantarillado sanitario El Encinal, con una longitud de 20,000 m. |
| 46 | Red de alcantarillado sanitario Mar de Puerto Nuevo 2 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Mar de Puerto Nuevo 2, con una longitud de 14,040 m. |
| 47 | Red de alcantarillado sanitario Misión del Mar 2 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Misión del Mar 2, con una longitud de 17,418 m. |
| 48 | Red de alcantarillado sanitario La Cuestecita | Construcción de la red de alcantarillado sanitario La Cuestecita, con una longitud de 2523 m. |
| 49 | Red de alcantarillado sanitario Las Choyas | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Las Choyas (Playas de Rosarito), con una longitud de 3500 m. |
| 50 | Red de alcantarillado sanitario Lomas de Cantamar | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Lomas de Cantamar, con una longitud de 7683 m. |
| 51 | Red de alcantarillado sanitario Ampliación Ejido Lázaro Cárdenas 4ª sección | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Ampliación Ejido Lázaro Cárdenas 4.ª sección, con una longitud de 20,804 m, 1.ª etapa. |
| 52 | Red de alcantarillado sanitario Cumbre del Mar | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Cumbre del Mar, con una longitud de 2988 m. |
| 53 | Red de alcantarillado sanitario Loma Alta 1 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Loma Alta 1, 1ª etapa, con una longitud de 12,000 m. |
| 54 | Red de alcantarillado sanitario Ampliación Ejido Lázaro Cárdenas 4.ª sección | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Ampliación Ejido Lázaro Cárdenas 4ª sección, con una longitud de 20,804 m, 2.ª etapa |
| 55 | Red de alcantarillado sanitario Loma Alta 1 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Loma Alta 1, 2.ª etapa, con una longitud de 12,000 m. |
| 56 | Red de alcantarillado sanitario Los Caracoles 1 y 2 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Los Caracoles 1 y 2, con una longitud de 5036 m. |
| 57 | Red de alcantarillado sanitario Loma Alta 2 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Loma Alta 2, 1.ª etapa, con una longitud de 12,200 m. |
| 58 | Red de alcantarillado sanitario La Palma | Construcción de la red de alcantarillado sanitario La Palma, con una longitud de 2250 m. |
| 59 | Red de alcantarillado sanitario Santa Cruz 3.ª sección | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Santa Cruz 3.ª Sección, con una longitud de 6132 m. |
| 60 | Red de alcantarillado sanitario Loma Alta 2 | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Loma Alta 2, 1.ª etapa, con una longitud de 12,200 m. |
| 61 | Red de alcantarillado sanitario Campo Real | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Campo Real 1.ª etapa, con una longitud de 10,245 m. |
| 62 | Red de alcantarillado sanitario Villa Hermosa 2.ª etapa | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Villa Hermosa 2.ª etapa, con una longitud de 3080 m. |
| 63 | Red de alcantarillado sanitario Campo Real | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Campo Real 2.ª etapa, con una longitud de 14,000 m. |
| 64 | Red de alcantarillado sanitario La Mina de San Antonio | Construcción de la red de alcantarillado sanitario La Mina de San Antonio, con una longitud de 2800 m. |
| 65 | Red de alcantarillado sanitario Mar de Buena Vista | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Mar de Buena Vista, y colector, con una longitud de 15,150 m. |
| 66 | Red de alcantarillado sanitario Ampliación Independencia | Construcción de la red de alcantarillado sanitario Ampliación Independencia (Playas de Rosarito), con una longitud de 40,000 m. |
| | | Total |

Fuente: Plan Hídrico 2010-2030, CESPT.

Como parte de las acciones relacionadas con la identificación, análisis y propuestas de solución de la infraestructura, deberá considerarse la actualización del Plan Maestro o Plan Hídrico, con el



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

objetivo de contar con un documento dinámico que defina una estrategia integral para los servicios de agua y saneamiento de las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito, para que la CESPT colabore en satisfacer las necesidades de salud pública, calidad de vida y protección ambiental para las generaciones presente y futuras.

2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos).

Las PTAR que opera la CESPT en su totalidad son del tipo lodos activados en sus diferentes modalidades. Considerando que la PTAR SAB se encuentra fuera de operación desde el año 2017, y que las diferentes propuestas de solución que se han estudiado para esta planta han sido acerca de su reconversión, precisamente a lodos activados⁴, con la construcción de una nueva planta en SAB se estaría dando cumplimiento a los límites máximos permisibles de la normatividad.

En el resto de las instalaciones se observa falta de equipamiento disponible para operar en la mayoría de los sistemas (bombeo, aireación, recirculación, etcétera); si bien existe demasía de equipos, se detecta que sólo operan los necesarios; es decir, los que dan soporte se encuentran fuera de operación por daños, lo que pone en riesgo no sólo los procesos biológicos, sino también al medio ambiente, al no tener más opción que descargar aguas crudas a los cuerpos receptores con que colinda la instalación. Por lo que se sugiere la inversión en reposición de equipos que perdieron su vida útil.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la zona de estudio están compuestos por plantas de tratamiento, casi exclusivamente del tipo de lodos activados en varias de sus modalidades; la desventaja de este tipo de tratamiento, con respecto a otros, es su alta tasa de generación de lodos (biosólidos), por lo cual se tienen que considerar los procedimientos para su correcta disposición y aprovechamiento.

La CESPT cuenta con un sitio autorizado por la Subsecretaría de Desarrollo Sustentable para realizar la disposición de biosólidos, el cual se encuentra en operación desde el año 1999; la capacidad total utilizable es de 410,701.00 m³; de acuerdo con los cálculos realizados en el Plan Maestro de Lodos (2016), se llegó a la conclusión de que dicho sitio llegó a su capacidad de diseño desde el año 2006; sin embargo, hasta principios del año 2020 se continuaba disponiendo de lodos y biosólidos en este sitio, para lo cual se utilizaban áreas aledañas a las celdas, las cuales no cuentan con la preparación necesaria para cumplir la exigencia de la normatividad. En este mismo documento se concluye que los lodos presentan humedad mayor de 85 %, por lo que se rebasa el límite establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002, debido a la falta de equipos de espesamiento y deshidratación, principalmente en las plantas pequeñas.

A principios del año 2020 se contrató el servicio para disponer los lodos y biosólidos en un sitio ubicado dentro de la ciudad de Tijuana, por lo que se requiere comenzar con la implementación de

⁴Proyecto de construcción y rehabilitación de La PTAR SAB (MAV y CEISA) y diagnóstico y proyecto ejecutivo de la PTAR de SAB (Laval y AIMA).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

una metodología y un plan programático para la clausura del actual sitio de disposición de lodos, y encontrar un área alterna para realizar la disposición que cumpla con todas las características marcadas en la normatividad. El Plan Maestro de Lodos realizó los estudios (topografía, geotecnia, etcétera) en un predio denominado El Morro, localizado al este de la carretera libre Tijuana–Ensenada, a la altura del km 35+500 en Playas de Rosarito.

Se sugiere que se lleve a cabo lo descrito en el Plan Maestro de Lodos, con la finalidad de que el organismo operador cuente con un sitio propio de disposición de los residuos de manejo especial que genera (biosólidos), de forma que con ello disminuyan los costos por este concepto.

2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.

Los manuales de operación con los que cuenta el organismo operador describen de manera genérica el o las maniobras para operar las PTAR. Dichos manuales no detallan el o los programas de mantenimiento, o los programas de reposición o recambio del equipo que perdió su vida útil, o los procedimientos para realizar mantenimientos preventivos o predictivos, por lo que se sugiere la implementación de un Plan Integral de Mantenimiento (PIM) de los sistemas que conforman el saneamiento, lo que implica el desarrollo de una secuencia ordenada de actividades para mantener los equipos y las instalaciones en condiciones óptimas. El PIM, en esencia, está integrado por las actividades que se describen a continuación:

Actividades con el objetivo de prevenir problemas. La herramienta que aglutina y estructura este tipo de actividades es el mantenimiento preventivo. Dentro de las principales actividades que se practican, como parte de este tipo de mantenimiento, cabe destacar: inspección al equipo, limpieza, lubricación y sustitución de componentes.

Actividades con el objetivo de identificar problemas. La herramienta que aglutina y estructura este tipo de actividades es el mantenimiento predictivo. Este mantenimiento está basado en el monitoreo, registro y análisis del comportamiento de las principales variables de operación del equipo y de las instalaciones, con la finalidad de verificar que su funcionamiento sea el correcto y, en caso de que se presente una desviación de las condiciones de operación normales, programar las actividades correctivas correspondientes.

Actividades con el objetivo de corregir problemas. La herramienta que aglutina y estructura este tipo de actividades es el mantenimiento correctivo. Las actividades de este tipo de mantenimiento pueden ser planeadas o no planeadas. Las planeadas son aquellas que se programan como resultado de la identificación de algún problema potencial, y las no planeadas son las que hay que realizar para corregir o reparar una falla en el equipo.

Actividades con el objetivo de evaluar el desempeño del PIM. La herramienta que aglutina y estructura este tipo de actividades es la auditoría del mantenimiento. Esta implica la recolección y el relevamiento de datos, la medición de parámetros de funcionamiento y la evaluación del plan de mantenimiento que se lleva a cabo en las instalaciones. Con base en ello se determinan las acciones de mejora a realizar para garantizar un servicio continuo de los equipos y evitar la reducción de eficiencia de los mismos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

OBSERVACIONES

- Son múltiples las redes que han rebasado su vida útil y requieren reemplazo, principalmente para evitar la llegada de descargas residuales al río Tijuana en cumplimiento al Acta 283.
- La inadecuada operación de las PB Matadero, Laureles I y II y PB 1A viola los acuerdos derivados de las Actas 270, 283 y 298.
- Las PTAR SAB y La Morita han llegado a su capacidad de tratamiento y se dejará de observar lo estipulado en las Actas 270 y 298, aunado a que la primera de ellas no cumple con la calidad del efluente que marca la normatividad.
- En general el sistema de saneamiento requiere reforzamiento en obras de bombeo y conducción del agua negra hacia las PTAR, así como la ampliación de redes de recolección en la periferia.
- Los programas de operación y mantenimiento son muy limitados y antiguos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3 Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región.

3.1 Planteamiento de alternativas.

Las obras por evaluar son producto de una serie de reuniones llevadas a cabo durante los meses de junio y julio, las cuales fueron coordinadas por la Comisión Internacional de Límites y Agua, con la participación de líderes experimentados en la materia. Estas obras tienen en común el impacto directo transfronterizo hacia Estados Unidos, que fue uno de los criterios más importantes dentro de la priorización.

Las alternativas que se analizan a detalle atienden la demanda a corto plazo (al año 2024), y son 44 proyectos que responden a las necesidades de saneamiento de la cuenca del río Tijuana y de la zona costa.

Adicionalmente, y para atender la demanda a mediano y largo plazo (2025-2050), se plantean 293 proyectos, de los cuales 63 son para colectores y emisores, y 230 para infraestructura complementaria.

3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.

Rehabilitación del interceptor Internacional.

Se realizó el análisis de alternativas, considerando tres propuestas de solución para el proyecto:

Alternativa 1. Restitución de los tramos con instalación de tubería a cielo abierto.

Para el proyecto de rehabilitación del interceptor Internacional se propone utilizar tubería de hierro dúctil, con el fin de sustituir la tubería dañada, realizándolo con tubería instalada en zanjas excavadas a cielo abierto de forma paralela al trazo existente.

Ilustración 55. Trazo propuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El método constructivo requiere los siguientes pasos:

Trazo y excavación de zanjas. Por medio de un control topográfico se realizará el trazo del eje del colector, conforme a los planos ejecutivos de proyecto, controlando el alineamiento y la profundidad de excavación, según los niveles de arrastre que marcan el proyecto ejecutivo. Una vez que se tenga el trazo del eje del colector se procederá a realizar el corte y demolición de pavimentos, adoquín y empedrado.

Posteriormente se hará la excavación, la cual deberá tener un ancho no menor al indicado en el proyecto. La excavación se efectuará hasta su profundidad máxima, según los niveles de arrastre que marcan los planos ejecutivos, más el espesor correspondiente a la plantilla; las paredes de los cortes de la excavación terminarán con una inclinación talud.

Plantilla de arena. Una vez que se haya realizado la excavación, se procederá a construir la plantilla o cama de arena, con el fin de facilitar el acomodo de la tubería y generar una superficie tal que la carga transferida por el tubo al suelo de cimentación sea uniforme; la cama deberá conformarse con arenas finas a medias bien graduadas en estado suelto, con un espesor de acuerdo con el diámetro.

Instalación de la tubería. La colocación, instalación, junteo, accesorios, tipo y diámetro del tubo, así como las especificaciones de construcción y la resistencia de los materiales a utilizar, serán los que se especifican en los planos ejecutivos del proyecto. La tubería se colocará con la campana o la caja de la espiga hacia aguas arriba y se empezará su colocación de aguas abajo hacia aguas arriba. Los tubos serán junteados entre sí, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la tubería y según lo fije el proyecto o la Supervisión.

Construcción de pozos. Son los elementos en las redes de alcantarillado que tienen por objeto la unión de líneas, los cambios de dirección, la inspección, la limpieza y el control de flujo de las mismas. Terminada la excavación, se afinará la superficie del fondo y se construirá una plantilla de concreto pobre. Posteriormente se procederá a construir los pozos, de acuerdo con los planos tipo de las Normas Técnicas para Proyectos de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario del Estado de Baja California.

Relleno acostillado. El acostillamiento de la tubería es el apisonado que se efectúa encima, a los lados y por debajo de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto a todo alrededor de la tubería; se efectuará hasta 30 centímetros por encima del lomo del tubo.

Relleno de excavación. Sobre el acostillado se colocará el suelo de relleno, para lo cual se podrá utilizar el suelo producto de la excavación, el cual se pondrá en capas de 20 cm, como máximo, compactándolas al 90 % de su peso volumétrico seco máximo del ensayo Proctor estándar, hasta alcanzar la altura correspondiente al nivel del terreno. El espesor del suelo de relleno sobre el lomo del tubo no deberá ser menor a los 90 cm. En la reposición de pavimento empedrado o adoquinado se procurará utilizar el material producto de la ruptura que no haya sufrido daños; todo el material nuevo deberá ser de la misma clase y característica que las del original, debiendo quedar al mismo nivel, evitando la formación de topes o depresiones, por lo que la reposición se hará una vez que el relleno de las zanjas tenga el grado de compactación especificado o lo que marque el proyecto.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 78. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Se tendrá mayor velocidad y capacidad de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual.• Existirá nueva tubería en el interceptor con material más resistente que la instalada actualmente. | <ul style="list-style-type: none">• El tiempo de construcción por medio de este método es más largo.• Una mayor afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad.• Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales al mar.• Afectaciones a vehículos, peatones y comercios por los cierres viales que se realizarán.• El costo de implementación es mayor, al igual que puede generar costos adicionales por el traslado de materiales que se extraigan. |

Fuente: elaboración propia.

En resumen, esta alternativa implica afectaciones a las vialidades, a los peatones y a los comercios cercanos al interceptor, por el cierre de calles para poder realizar las reparaciones respectivas; también existirá una mayor afectación por el ingreso y salida de los vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad, e incluso habrá posibles afectaciones por escurrimientos al mar.

Alternativa 2. Restitución de los tramos con manga de material fibra poliéster. El encamisado de tuberías o sistema curado en sitio consiste en la introducción de una tubería nueva en el interior de la ya existente, y se estructura a base de fibra de poliéster flexible con cubierta externa de poliuretano que, a su vez, se impregna con resina de fijación térmica especial para rehabilitación de la tubería.

Ilustración 56. Trazo propuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 2



Fuente: elaboración propia.

El procedimiento constructivo de esta alternativa se describe enseguida.

Construcción de registros o pozos de visita y cajas. En primera instancia es necesario delimitar el área y abrir las cajas de visita hasta tener una ampliación exacta para realizar la reparación de los tramos del interceptor.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Baipás del total del caudal. Posteriormente se pasará a la instalación del BAIPÁS al 100 % (desviación del caudal mediante bombeo), para que este pueda seguir con el flujo de agua residual que tiene el interceptor y así poder realizar los trabajos pertinentes.

Limpieza gruesa con malacates y fina con el equipo de succión y alta dinámica. Se realiza el desazolve y limpieza por medio de malacates; este permitirá tener el interceptor lo mejor limpio posible, para poder realizar los trabajos de una manera adecuada y eficiente.

Video de inspección interna antes, durante y después de rehabilitado el tramo. Una vez hecho el desazolve y limpieza del interceptor, se procederá a realizar la video inspección y la colocación de señalización de la obra antes de empezar con las actividades, con el fin de conocer cómo se encuentra el interceptor actualmente, y cuáles serán los trabajos por realizar posteriormente.

Tubería curada en sitio. Este sistema consiste en la instalación de una tubería nueva dentro de la ya existente. La tubería nueva es una combinación de tubos de fibra poliéster con o sin anillo de fibra de vidrio impregnada con resina de fijación térmica para TCES (tubería curada en sitio). Es posible rehabilitar tuberías de agua potable o drenaje con trabajo a gravedad o presión.

Impregnación de la manga. Para llevar a cabo los trabajos de impregnación de la tubería curada en sitio, se instala a pie de obra una nave industrial móvil, que contará con la unidad de mezclado e impregnado.

La unidad estática mezcladora está totalmente computarizada y calibrada para proveer la cantidad exacta de catalizadores a la mezcla de resina isoftálica de fijación térmica; debe destacarse que esto garantizará un curado en tiempo y forma, de acuerdo con los estándares de calidad.

Una vez que la tubería está saturada de resina, esta debe pasar por un sistema de rodillos calibrados con cama de arrastre que garantizará la homogeneidad de impregnado a lo largo del tramo, garantizando el espesor especificado en el diseño de ingeniería.

Inversión de la manga. El proceso de inversión del tubo de felpa, impregnado para curado en sitio, es a través de una columna o cabezal de inversión hidráulico, colocado en el pozo de acceso, con una altura suficiente para invertir desde el punto de inversión hasta el punto de terminación y mantener el tubo de felpa apretado a la pared del tubo anfitrión, de forma tal que se cree un sello mecánico entre ellas y conexiones laterales.

Curado y enfriamiento. Una vez invertido el tubo de felpa impregnado, se da comienzo al ciclo de curado, mediante la recirculación de agua caliente en toda la sección para elevar uniformemente la temperatura (hasta 180°F) de curado de la resina, colocando termo-coples para su monitoreo. Al alcanzar el curado se da comienzo al enfriamiento.

Cortes y emboquillado. Ya instalada totalmente la tubería curada en sitio, se procede al corte de los extremos y emboquillado para crear un sello hermético en la boca de la tubería, en las cajas o pozos de acceso. Asimismo, se hacen los cortes para la reapertura de las descargas o conexiones laterales existentes a lo largo de la trayectoria de la tubería.

Pruebas de laboratorio. Para garantizar las propiedades físicas estructurales de resistencia a la abrasión, corrosión y cargas impuestas, y de acuerdo con los estándares de calidad de la norma



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

ASTM F1216-09, se llevan a cabo las siguientes pruebas de esfuerzo a la flexión, módulo de flexión y resistencia a la tensión.

Una vez hecho el recorte del excedente, y para finalizar, se procederá a la reparación de los pozos de visita para que el interceptor vuelva entrar en funcionamiento.

Tabla 79. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sin duda la implementación de estas tecnologías –NO invasivas– exitosas en el mundo, resultan ser la mejor alternativa y herramienta estratégica para la optimización y gestión de los sistemas de agua potable y drenaje. • Tubería curada en sitio es la alternativa más completa para llevar a cabo la reconstrucción/rehabilitación de sistemas de agua potable y drenaje, a un costo e impacto social más bajo y con grandes beneficios a corto y largo plazo, reduciendo los costos de mantenimiento y prevención y reducción de costos por contingencias y emergencias. • El método por utilizar no genera molestias a los vehículos, peatones y comercios en la mayoría de los tramos del interceptor. • No existirá riesgo de escurrimiento al más en puntos cercanos. • Se necesita poco tiempo para realizar la obra. • El costo de implementación puede ser menor. • No requiere excavaciones mayores en la vía pública. | <ul style="list-style-type: none"> • No puede realizarse en todos los diámetros. • Una vez analizada esta alternativa, se concluye que bajo este método constructivo se identifica que no existirán graves problemas en su construcción, ya que la excavación para los trabajos será menor y en corto tiempo, lo que hará que el interceptor entre en funcionamiento rápidamente. • El costo de este tipo de tecnología es cara y no siempre se justifica el costo social. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del colector Insurgentes.

Se ha realizado el análisis de alternativas, considerando tres propuestas de solución para el proyecto.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo paralelo al existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo propuesto es paralelo al existente sobre el cuerpo sur del bulevar Insurgentes.

Ilustración 57. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 80. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una capacidad mayor en la conducción de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática existente. • Existirá nueva tubería con material más resistente que la actualmente instalada. • La tubería quedará situada en un lugar accesible para el mantenimiento de la misma. • Las interconexiones con la infraestructura serán con trazos cortos. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es largo. • Mayor afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad. • Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades. • Afectaciones a vehículos, peatones y comercios por los cierres viales que se realizarán. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo alterno por vialidades secundarias.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo es alterno por vialidades secundarias; se contempla extender las conexiones de los subcolectores desde el trazo actual del colector Insurgentes hasta el trazo propuesto.

Ilustración 58. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 2.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 81. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una capacidad mayor en la conducción de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual. • Existirá nueva tubería con material más resistente que el de la actualmente instalada. • La tubería quedará situada en un lugar accesible para el mantenimiento de la misma. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es más largo. • Una menor proporción en la afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad, ya que el trazo en algunos tramos es por vialidades secundarias. • Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades. • La longitud de desarrollo es mayor. • Requiere prolongar conexiones de subcolectores existentes. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Prevalcen las condiciones actuales de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del colector Oriente

Se ha realizado el análisis de alternativas, considerando tres propuestas de solución para el proyecto.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo indicado para zanjas excavadas a cielo abierto; el tubo a instalar es de PVC y el trazo propuesto es el del colector existente.

Ilustración 59. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 82. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una capacidad mayor en la conducción de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual. • Existirá nueva tubería con material más resistente que el de la instalada actualmente. • Las interconexiones con la infraestructura existente serán con trazos cortos. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es largo. • Mayor afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad. • Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades. • Afectaciones a vehículos, peatones y comercios por los cierres viales que se realizarán. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de una sección de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo alterno por vialidades secundarias, y otra sección utilizando el mismo procedimiento por el trazo actual del colector.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado para zanjas excavadas a cielo abierto, para la sección del trazo alterno por vialidades secundarias; además se contempla extender las conexiones de los subcolectores desde el trazo actual del colector hasta el trazo propuesto.

Ilustración 60. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 2



Fuente: elaboración propia.

Tabla 83. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá mayor velocidad y capacidad de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual. • Existirá nueva tubería en los colectores con material más resistente que el de la instalada actualmente. • Genera menor superficie de ruptura y reposición de pavimentos. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es más largo. • Afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad, ya que se requieren equipos especializados para la perforación. • Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades. • El costo de implementación es mayor. • Utilizar relleno fluido sobre toda la tubería que quedará fuera de uso. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones de la tubería y se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del colector Poniente.

Se ha realizado el análisis de alternativas, considerando tres propuestas de solución para el proyecto.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado para zanjas excavadas a cielo abierto; el tubo a instalar es de PVC y el trazo propuesto es el del colector actual.

Ilustración 61. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 1 y 2.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 84. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una capacidad mayor en la conducción de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual. • Existirá nueva tubería con material más resistente que el de la instalada actualmente. • Las interconexiones con la infraestructura serán con trazos cortos. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es largo. • Afectaciones por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad. • Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades. • Afectaciones a vehículos, peatones y comercios por los cierres viales que se realizarán. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Para esta alternativa se utilizará el mismo trazo del colector; se contempló el procedimiento constructivo de estallamiento y perforación direccional.

El procedimiento constructivo de estallamiento y perforación direccional es el siguiente:

La tecnología por utilizar es denominada en inglés Trenchless Technology, que permite hacer las reposiciones casi sin abrir zanjas, por lo que las excavaciones para la introducción de tubería, retiro de equipo y conexión de las descargas domiciliarias, deben ser lo más pequeñas y limpias posibles.

Se usará el método denominado “Estallado de tuberías” (pipe Bursting), el cual consiste en la instalación de tubería del mismo diámetro o incrementándolo hasta dos (diámetros) diámetros, según sea el caso; la instalación de la nueva tubería se realiza de la siguiente forma: para reponer un tramo de línea de pozo de visita a pozo de visita, se colocará primero un tapón de neopreno inflable, según el diámetro de la tubería a reponer; el tapón se pondrá en el pozo inmediato aguas arriba del tramo a reponer. En este pozo se colocará un equipo de bombeo para abatir el flujo del agua y desviarlo en forma superficial hacia un pozo inmediato posterior al tramo en rehabilitación. Una vez desviada el agua, se procede a limpiar la tubería e inspeccionar su interior para verificar la limpieza y catastrar los servicios y detalles existentes. Para la instalación de tubería se coloca un equipo de jalón (malacate) y, por el otro extremo, se introduce la tubería termofusionada acoplada



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

a un pistón neumático que será jalado por el malacate; este pistón va reventando la tubería y a su vez la sustituye por la nueva.

En caso de que la tubería a reponer cuente con un refuerzo de acero que no permita el estallamiento, o que sea mucho el azolve acumulado o se presenten colapsos, se opta por el procedimiento de perforación direccionada para la instalación de la tubería nueva.

La perforación dirigida o direccional se basa en la realización de un orificio mediante un taladro; este taladro dirigido se denomina “perforación piloto”, por su carácter de ser conducido, y constituye el trazado y camino base, para su posterior ensanchado mediante sucesivos repasos interiores con herramientas tipo fresas de diámetros progresivamente crecientes. La perforación se inicia desde una pequeña ranura en la superficie del terreno, en la que se introduce una varilla que en su frente sostiene la cabeza de perforación, de características adecuadas al tipo de suelo que se va a perforar. Mediante los movimientos de empuje y rotación se van introduciendo varillas, que son roscadas automáticamente unas a otras a medida que avanza la perforación, combinando, controlada y adecuadamente, ambos movimientos, los cuales se proporcionan desde la máquina. Para facilitar la perforación se utilizan lodos constituidos por la dilución de arcillas bentoníticas, “bentonita”, que son inyectados a alta presión y adecuado caudal por el interior de las varillas y hasta el cabezal de perforación.

Tabla 85. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Se tendrá mayor velocidad y capacidad de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual.• Existirá nueva tubería en los colectores con material más resistente que la de la instalada actualmente.• Genera menor superficie de ruptura y reposición de pavimentos. | <ul style="list-style-type: none">• El tiempo de construcción por medio de este método es más largo.• Mayor afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad, ya que se requieren equipos especializados para la perforación.• Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades.• El costo de implementación es mayor. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del colector Rosario Castellanos.

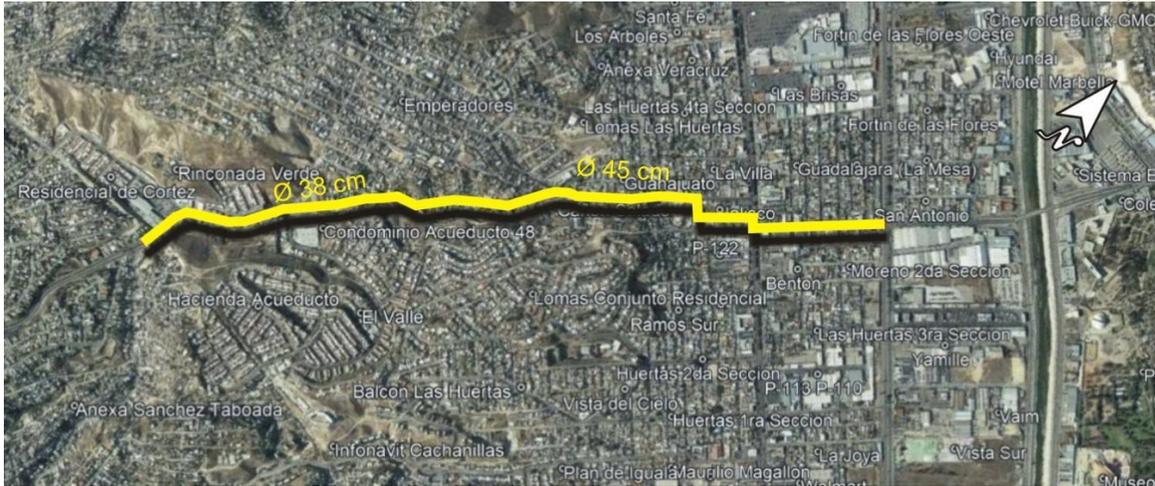
Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo indicado para zanjas excavadas a cielo abierto; el tubo a instalar es de PVC y el trazo propuesto es el del colector actual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 62. Trazo propuesto para rehabilitación del colector Rosario Castellanos, alternativas 1 y 2.



Fuente: elaboración propia.

Las ventajas y desventajas, tanto para la alternativa 1, como para la 2, son semejantes a las indicadas en la rehabilitación del colector Poniente.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado anteriormente para la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del colector Poniente Viejo.

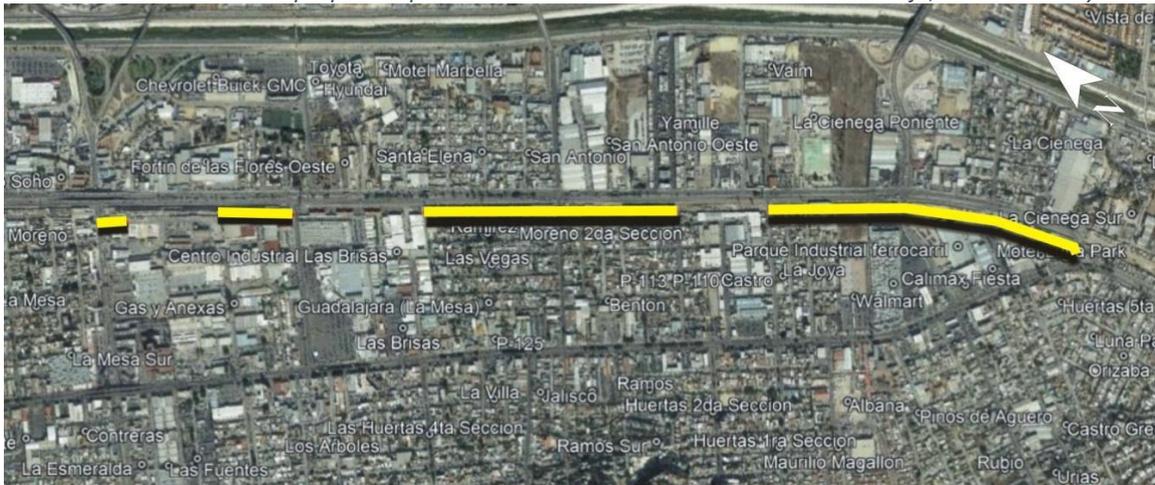
Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado para zanjas excavadas a cielo abierto; el tubo a instalar es de PVC y el trazo propuesto es el del colector actual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 63. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Poniente Viejo, alternativa 1 y 2.



Fuente: elaboración propia.

Las ventajas y desventajas, tanto para la alternativa 1, como para la 2, son semejantes a las indicadas en la rehabilitación del colector Poniente.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado anteriormente para la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del colector Sánchez Taboada (obras complementarias).

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado para zanjas excavadas a cielo abierto; el tubo a instalar es de PVC y el trazo propuesto es el del colector actual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 64. Trazo de rehabilitación del colector Sánchez Taboada (obras complementarias), alternativas 1 y 2.



Fuente: elaboración propia.

Las ventajas y desventajas, tanto para la alternativa 1, como para la 2, son semejantes a las indicadas en la rehabilitación del colector Poniente.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo, indicado anteriormente para la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Alternativa 3. No acción.

Prevalcen las condiciones de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Rehabilitación del emisor Líneas Cuatas

Se ha realizado el análisis de alternativas, considerando tres propuestas de solución para el proyecto.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo alternativo por vialidades.

Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo alternativo por vialidad, ya que el trazo actual es inaccesible.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo propuesto es sobre el cuerpo sur de la carretera Playas de Tijuana.

Ilustración 65. Trazo propuesto para la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 86. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una capacidad mayor en la conducción de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual. • Existirá nueva tubería con material más resistente que el de la instalada actualmente. • La tubería quedará situada en un lugar accesible para el mantenimiento de la misma. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es largo. • Mayor afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad. • Afectaciones a vehículos, peatones y comercios por los cierres viales que se realizarán. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo paralelo al existente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo es paralelo al trazo actual, y se contempla realizar excavaciones a mano por no haber acceso a vehículos sobre los taludes.

Ilustración 66. Trazo propuesto para la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2



Fuente: elaboración propia.

Tabla 87. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrá una capacidad mayor en la conducción de las aguas residuales, reduciendo en su totalidad la problemática actual. • Existirá nueva tubería con material más resistente que el de la instalada actualmente. | <ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de construcción por medio de este método es más largo. • Menor proporción en la afectación por ingreso y salida de vehículos de carga en algunos puntos cercanos a la ciudad, ya que el trazo en algunos tramos es por vialidades secundarias. • Posibles afectaciones por escurrimiento de aguas residuales a las vialidades. • Excavaciones a mano por trazo inaccesible. • Mantenimientos costosos y de mayor duración por no contar con un trazo en vialidades públicas. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones de la tubería; se siguen los protocolos actuales, llevando a cabo reparaciones en los colapsos que continúen presentándose, lo que aumenta los costos de operación y mantenimiento.

Construcción del colector Costero 2.

Se ha realizado el análisis de alternativas, considerando tres propuestas de solución para el proyecto.

Alternativa 1. Se plantea el trazo siguiendo los caminos vecinales y la topografía de la zona, considerando un puente y un sifón para cruce de arroyos.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo propuesto es sobre caminos vecinales y propiedad privada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 67. Trazo propuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 88. Ventajas y desventajas de la construcción del colector Costero 2, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Dejarán de operar cinco plantas de tratamiento. • No habrá molestias sociales por su construcción. • Se acorta la longitud de su desarrollo al cruzar un arroyo con un puente y el otro con un sifón. | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere liberar servidumbres de paso a lo largo del trazo del colector. • Necesita una inversión inicial alta. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Se plantea el trazo siguiendo los caminos vecinales y la topografía de la zona.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo propuesto es sobre caminos vecinales y propiedad privada.

Ilustración 68. Trazo propuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 2.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 89. Ventajas y desventajas de la construcción del colector Costero 2, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Dejarán de operar cinco plantas de tratamiento. • No habrá molestias sociales por su construcción. | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere liberar servidumbres de paso a lo largo del trazo del colector. • Necesita una inversión inicial alta. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Seguir operando las cinco plantas de tratamiento, requiriendo un presupuesto anual para operación y mantenimiento de toda la vida útil de la infraestructura.

Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera.

El análisis de alternativas se realizó, considerando tres propuestas de solución para el proyecto.

Alternativa 1. Se plantea la adquisición de terreno privado para un cárcamo de bombeo cerca de la fuente del agua residual, que es la conexión al colector Poniente.

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo propuesto es sobre el camino lateral de la vía rápida Oriente, y además se requiere cruzar el río Tijuana.

Ilustración 69. Trazo propuesto para la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 90. Ventajas y desventajas de la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Disminuirá el flujo del colector Poniente. • Se aprovechará la capacidad sin utilizar de la planta de tratamiento Arturo Herrera. | <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere adquirir el terreno para el cárcamo de bombeo. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Se plantea la adquisición de un terreno privado para el cárcamo de bombeo a 130 metros de la fuente del agua residual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Se sigue el mismo procedimiento constructivo a zanja abierta, indicado anteriormente, excepto que el material del tubo a instalar es de PVC. El trazo propuesto es sobre el camino lateral de la vía rápida Oriente; además se requiere cruzar el río Tijuana y construir 130 metros de colector para conectar el colector Poniente al cárcamo de bombeo propuesto.

Ilustración 70. Trazo propuesto para la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 91. Ventajas y desventajas de la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Disminuirá el flujo del colector Poniente. Se aprovechará la capacidad sin utilizar de la planta de tratamiento Arturo Herrera. | <ul style="list-style-type: none"> Se requiere adquirir el terreno para el cárcamo de bombeo. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones actuales; se sigue enviando el agua residual colectada en el cañón del Sainz al colector Poniente, desaprovechándose la capacidad de tratamiento de la planta Arturo Herrera, la cual actualmente se encuentra subutilizada.

3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

El objetivo básico de una estación de bombeo es elevar el agua, por lo que dentro de una estación de bombeo se incluyen tanto las bombas como los equipos auxiliares para la correcta operación de las mismas; en consecuencia, las características contempladas en el diseño de las estaciones de bombeo pueden variar en la capacidad y particularidades de la zona.

La estructura de las estaciones de bombeo debe ser de concreto armado, las paredes exteriores situadas debajo del terreno y las cámaras de succión, que se encuentran por debajo del nivel máximo del agua, deben tratarse con revestimiento bituminoso para evitar filtraciones; las



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

estructuras exteriores tienen que construirse a prueba de incendio. Estaciones sin personal permanente no deben tener ventanas para reducir el riesgo de vandalismo. En instalaciones de gran tamaño habrá de contemplarse la instalación de grúa viajera, mientras que en las pequeñas bastará contar con algún gancho situado sobre los componentes de mayor tamaño. Las puertas tienen que ser de tamaño suficiente para permitir la extracción de los equipos.

Es importante la protección del equipamiento, por lo que las instalaciones de bombeo deberán contar con una zona de pretratamiento (rejillas y desarenadores), así como un juego de compuertas que permita seccionar las áreas para favorecer las labores de limpieza, como es la desarenación. Con la finalidad de eliminar la posibilidad de inundación o derrame, las instalaciones de bombeo habrán de contar con un equipo generador de energía de respaldo para hacer frente a la falta de esta que pudiera darse por parte de la CFE.

Planta de bombeo PB1 (A y B).

La planta de bombeo número uno PB-1 es la estación de bombeo más importante de la ciudad de Tijuana, debido a que en ella concurren las aportaciones de 24 subcuencas y los escurrimientos del río Tijuana (en temporada de estiaje); esta estación se encuentra dividida en dos: La denominada PB-1A, instalación que actualmente tiene la función de sacar de la cuenca los escurrimientos del río Tijuana con destino final al océano Pacífico, a diez kilómetros de la línea fronteriza, en concordancia con los tratados internacionales establecidos en el Acta 283 de la CILA, y la PB-1B, instalación de bombeo que envía las aportaciones de aguas residuales (excedentes de los 1095 lps, que son enviados a la PITAR) a tratamiento y disposición alejada de la línea fronteriza. Para esta instalación se presentan las siguientes alternativas:

Alternativa 1. Enviar a tratamiento las aguas residuales excedentes en la PITAR; esta alternativa conlleva la formulación de un nuevo tratamiento para que la totalidad de los escurrimientos que aportarán las 24 subcuencas hasta el año 2050 sean tratados y dispuestos en el emisor submarino de EE. UU. Contempla la construcción de una nueva planta de 1078 lps, así como los costos de operación y mantenimiento. Con la implementación de esta alternativa dejaría de utilizarse el sistema de bombeo, ya que el agua escurriría a gravedad hasta la nueva instalación.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 71. Predio por utilizarse para el tratamiento en EE. UU.



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Mezclar los escurrimientos del río Tijuana con las aguas residuales y enviarlas a tratamiento a San Antonio de Los Buenos. Esta alternativa contempla dejar las plantas de bombeo en las condiciones actuales, lo que impide hacer la separación de las aportaciones del río Tijuana y de las aguas residuales que se generan en las 24 subcuencas del citado río.

Bajo esta perspectiva, las aguas tratadas de las plantas de tratamiento Arturo Herrera y La Morita, así como las aportaciones de la subcuenca de Tecate, se mezclarían con aguas residuales para luego ser tratadas en la PTAR de San Antonio de Los Buenos.

Alternativa 3. Rehabilitación de las plantas de bombeo PB1-A y PB1-B; esta alternativa contempla lo siguiente:

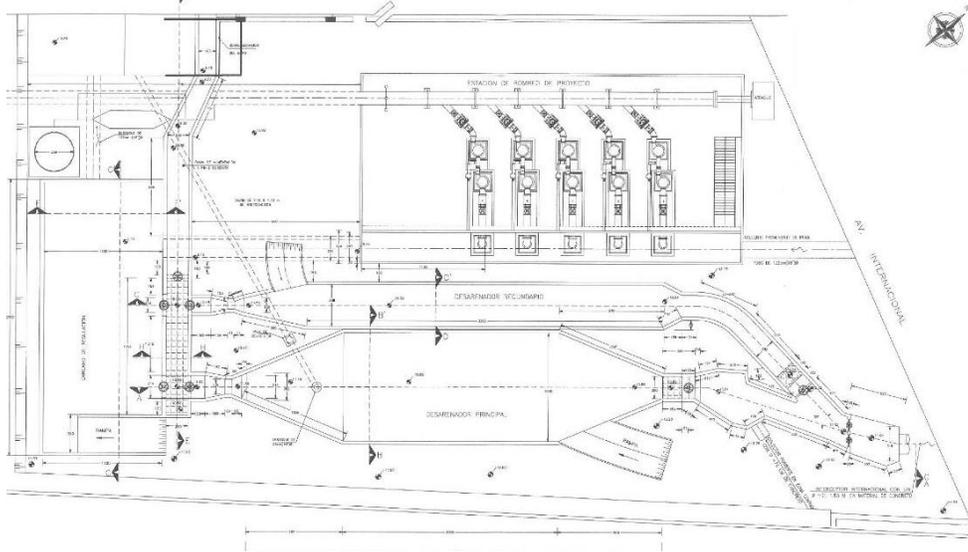
PB1-B. Suministro e instalación de dos trenes motor bomba de 1400 hp, 4160 VAC (cuarto motores eléctricos de 700 hp cada uno, cuatro bombas); incluye dos válvulas de succión dos de descarga, dos válvulas check y centro de control de motores para cada tren de bombeo CCM). Mantenimiento civil a instalaciones (edificios, desarenadores, tanques de regulación y accesos), así como el suministro e instalación de cubierta de fibra de vidrio a cárcamos de regulación y desarenadores, suministro e instalación de dos rejillas automáticas y sistema de medición.

PB1-A. Suministro e instalación de dos trenes motor bomba de 1400 hp, 4160 VAC (cuarto de motores eléctricos de 700 hp, cada uno con cuatro bombas); incluye dos válvulas de succión, dos de descarga, dos válvulas check y centro de control de motores para cada tren de bombeo CCM), así como la rehabilitación de la subestación eléctrica para estar en condiciones de operar simultáneamente a máxima capacidad la PB-1A y PB-1B, y la reposición de compuertas, construcción de muros perimetrales, para evitar inundaciones, e instalación de rejas de fibra de vidrio en andadores que comunican las áreas de pretratamiento e instalación de sistema de señalización remota.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 72. Propuesta de rehabilitación del cárcamo PB1 (A y B).



Fuente: CESPT.

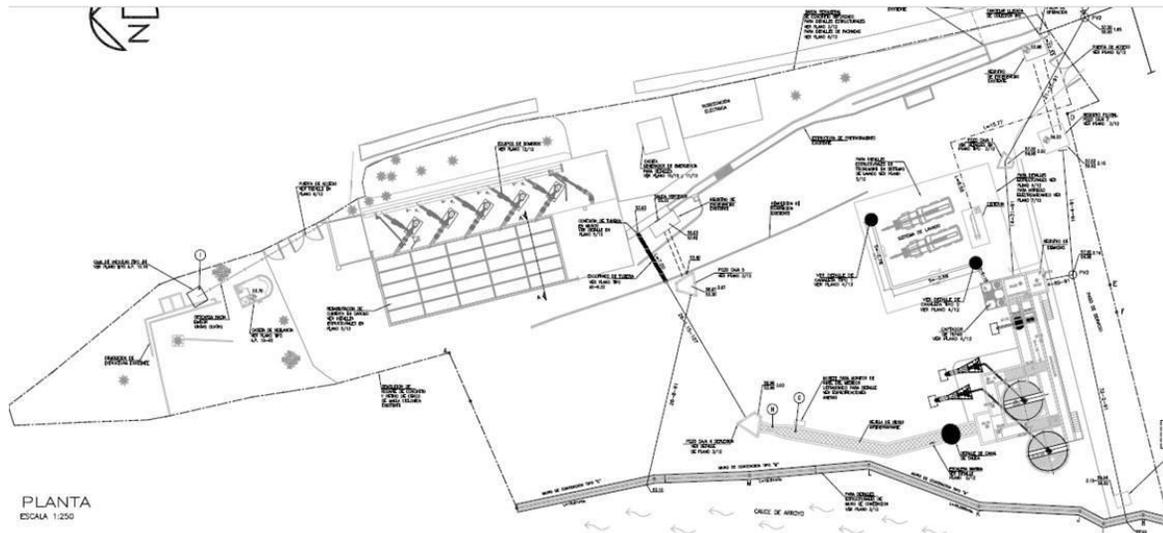
Rehabilitación de la planta de bombeo PB3 Matadero.

La planta de bombeo Matadero se encuentra ubicada en la zona baja de la subcuenca del mismo nombre; tiene la función de sacar las aguas de la zona conduciéndolas mediante línea de impulsión a la colonia El Mirador para que por gravedad sean incorporadas al sistema de alejamiento y tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Tijuana. Los equipos electromecánicos presentan fallas recurrentes por cortes del suministro de energía eléctrica, propiciando que haya impactos transfronterizos por el derrame de agua residual al cañón Matadero (Smugglers Canyon) en EE. UU. La carencia de instalaciones adecuadas para el manejo de las aguas residuales, aunado a la falta de equipos de respaldo, como generadores eléctricos y motores de combustión interna, ha tenido un impacto negativo en la relación binacional.

Alternativa 1. Utilizar el predio actual modificando las instalaciones existentes.

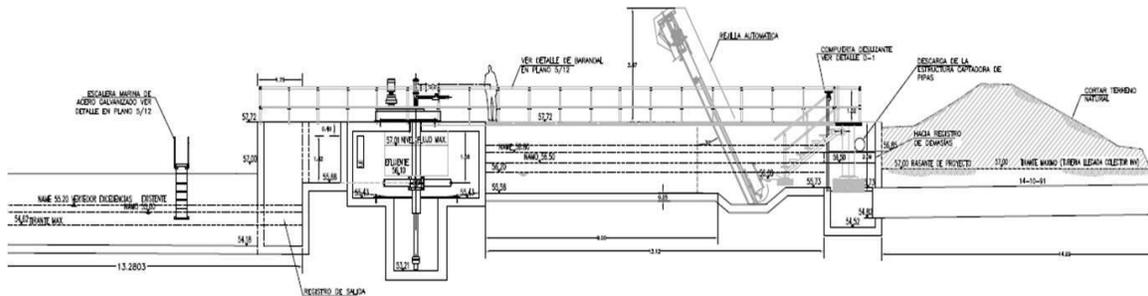
El proyecto consiste en el suministro e instalación de dos motores-bomba de 250 HP, un equipo de respaldo de energía eléctrica de 750 kW, un centro de control de motores (CCM), dos rejillas mecánicas, dos desarenadores vortex, dos medidores de flujo y la construcción de caseta de protección para generador, caseta de vigilancia, sistema de pretratamiento y muro perimetral de concreto armado.

Ilustración 73. Propuesta de rehabilitación de la PB Matadero, alternativa 1.



Fuente: CESPT.

Ilustración 74. Propuesta de rehabilitación de la PB Matadero, perfil hidráulico, alternativa 1.



Fuente: CESPT.

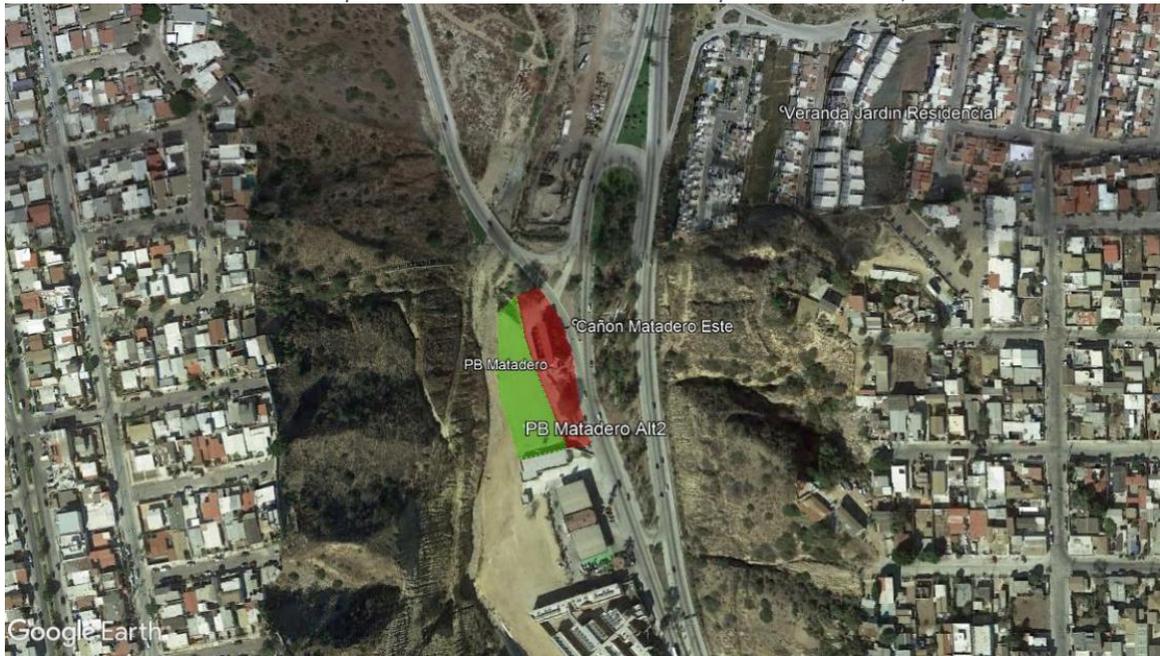
Alternativa 2. Uso del predio aledaño, propiedad del organismo operador, además de hacer modificaciones a la infraestructura para conectar el afluente y efluente.

Consiste en la construcción de una planta de bombeo nueva, en un predio alterno, donde el proceso constructivo no afecte la operatividad de la instalación existente. Incluye un sistema de pretratamiento mecanizado a base de rejilla y desarenador tipo vortex; cisterna de concreto armado; sistema de bombeo 3+2; caseta de operación; grúa viajera; centro de control de motores y caseta; equipo de respaldo de energía y caseta; sistema de control de olores; muros y protecciones perimetrales y caseta de vigilancia. Además, las adecuaciones necesarias para conectar con la alimentación y descarga de la infraestructura.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 75. Ubicación para la construcción de una nueva planta Matadero, alternativa 2.



Alternativa 3. No acción.

Continuar con la operación de las instalaciones, donde se tiene detectada la necesidad de reemplazar equipos de bombeo; el sistema actual de pretratamiento no cuenta con capacidad suficiente para recibir las aguas residuales de la cuenca, además de las descargas de los camiones cisterna de fosas sépticas. La instalación esta propensa a paros de operación por fallas en el suministro de energía eléctrica, al no contar con un equipo generador.

Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I.

La planta de bombeo Los Laureles comenzó operaciones en 1993, con la finalidad de enviar los escurrimientos que se generan en la subcuenca Los Laureles a la colonia Lázaro Cárdenas, donde por gravedad son incorporados al sistema de alejamiento y tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tijuana; de no contar con esta infraestructura, las aguas residuales que se generan en la subcuenca de manera natural escurrirían a Estados Unidos, impactando el estuario del río Tijuana y sus costas. Para este proyecto se consideraron las siguientes alternativas:

Alternativa 1. Consiste en el suministro e instalación de equipo de respaldo de energía eléctrica de 300 kW; tres motores bomba sumergibles de 60 HP; tres motores bomba verticales de 60 HP, para formar un sistema de 2+1 con una bomba de cada tipo conectada en serie; tres rejillas mecánicas; sistema de desarenación tipo vortex; grúa viajera; dos medidores de flujo; centro de control de motores (CCM) para cuatro equipos con interruptor principal; construcción de sistema de pretratamiento; muro perimetral de concreto armado; caseta para protección de generador, y caseta de vigilancia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Continuar con la operación de las instalaciones, donde se tiene detectada la necesidad de reemplazar equipos de bombeo; el sistema actual de pretratamiento no está en operación y la rejilla mecánica no funciona. La instalación esta propensa a paros de operación por fallas en el suministro de energía eléctrica, al no contar con un equipo generador.

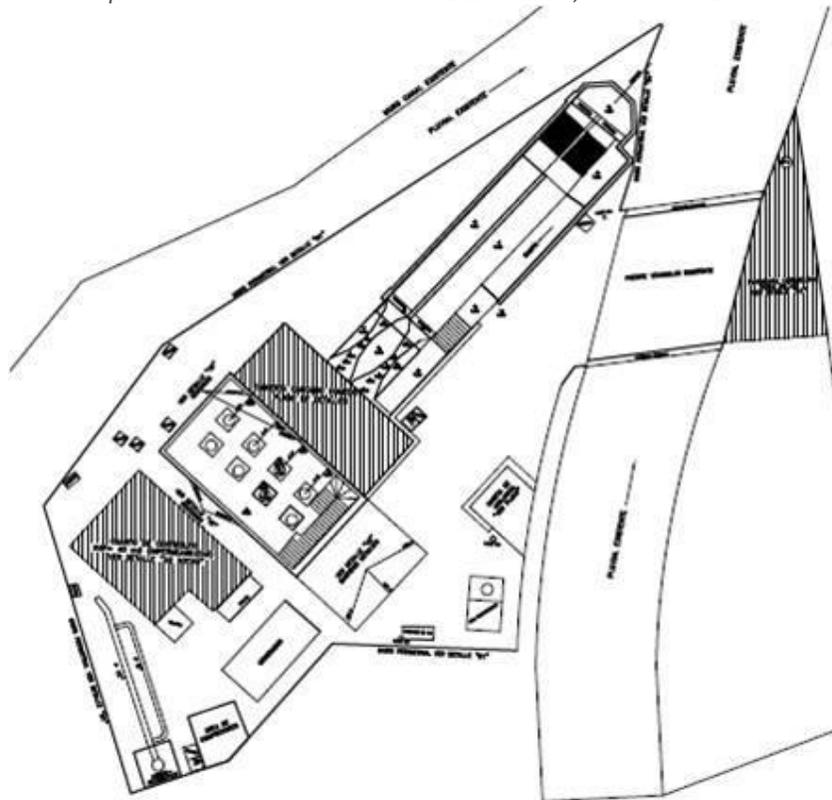
Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II.

La planta de bombeo Laureles II formó parte de las obras del contrato: BC-CESPT-TIJ-2001-P06T-A del crédito japonés, obras que fueron concluidas en el 2007. La intención de esta planta fue partir en dos partes la cuenca del Cañón Laureles y evitar que la planta Laureles I tuviera que seguir creciendo; de esta manera se interceptan las aguas generadas en la parte alta de la cuenca para ser bombeada directamente al emisor que conduce las aguas a la planta de tratamiento de San Antonio de Los Buenos.

Para este proyecto se consideraron las siguientes alternativas:

Alternativa 1. Consiste en el suministro e instalación de cuatro motores bomba de 125 HP 460 VAC, conectados en serie de dos, dos arrancadores tipo suave, dos rejillas mecánicas, dos cortinas eléctricas, dos medidores de flujo, mantenimiento a dos compresores y la construcción de la caseta de vigilancia y el muro perimetral de concreto armado.

Ilustración 78. Propuesta de rehabilitación de la PB Laureles II, alternativa 1.



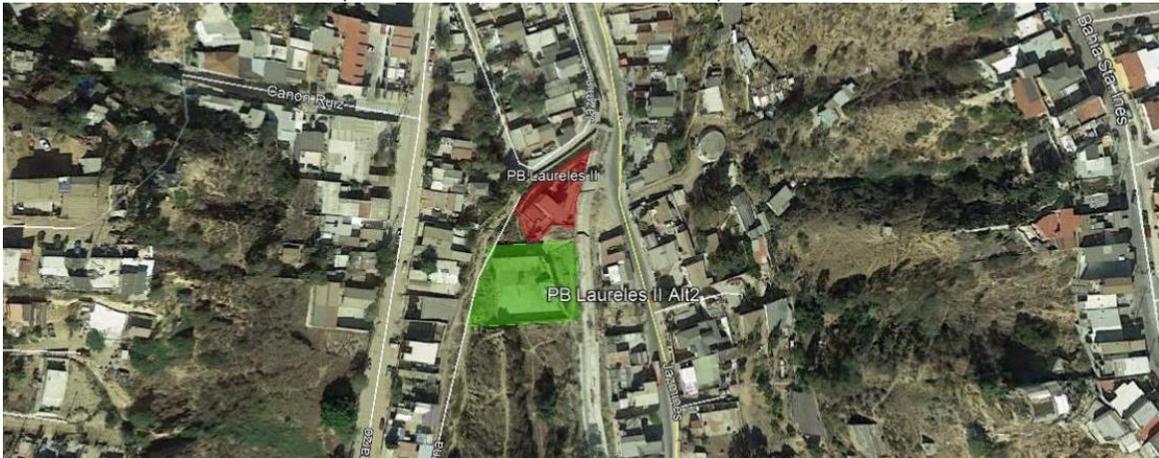
Fuente: CESPT.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 2. Consiste en la construcción de una planta de bombeo nueva, en un predio alterno con una superficie de 1700 metros cuadrados, donde el proceso constructivo no afecte la operatividad de la instalación. Incluye un sistema de pretratamiento mecanizado a base de rejilla y desarenador tipo vortex; cisterna de concreto armado; sistema de bombeo 3+1; caseta de operación; grúa viajera; centro de control de motores y caseta; equipo de respaldo de energía y caseta; sistema de control de olores; muros y protecciones perimetrales, y caseta de vigilancia. Además, las adecuaciones necesarias para conectar con la alimentación y descarga de la infraestructura.

Ilustración 79. Ubicación para la construcción de una nueva planta Laureles II, alternativa 2.



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Continuar con la operación de las instalaciones, donde se tiene detectada la necesidad de reemplazar equipos de bombeo; el sistema actual de pretratamiento no está en operación y la rejilla mecánica no funciona.

En este apartado se analizarán las alternativas de tratamiento de aguas residuales propuestas para atender la problemática de saneamiento en las subcuencas identificadas con necesidad de ampliación, construcción o sustitución, buscando el cumplimiento en la calidad, mitigando las afectaciones a la salud pública y los ecosistemas, sin dejar de mencionar los impactos transfronterizos. Se prestará especial atención a la capacidad de resiliencia del proceso seleccionado, para hacer frente a las variaciones en la calidad del afluente y elementos disruptores que pudieran dañar el proceso de tratamiento.

3.1.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

Alternativas PTAR SAB.

La planta de tratamiento de aguas residuales SAB comenzó operaciones en 1987, en un predio de aproximadamente 127 hectáreas con un proceso de tratamiento a base de lagunas aireadas facultativas, construidas en un área de 10 hectáreas. El 2003 se rehabilitó y amplió su capacidad a 1100 lps. Actualmente se encuentra fuera de operación descargando el 100 % del caudal sin



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

tratamiento o desinfección. El crecimiento de las subcuencas que atiende aportará para el año 2050 un gasto promedio de 1765 lps (se establece como objetivo una planta de 1800 lps en módulos de 600lps). Las alternativas para la primera etapa únicamente contemplan la construcción de dos módulos de 600 lps (1200 lps); el tercer módulo se prevé que se necesite a principios del 2030; por esta razón se sugiere no construir la PTAR a capacidad completa.

Alternativa 1. Construcción de una nueva planta en el sitio actual. Esta alternativa contempla la construcción de una planta de tratamiento de lodos activados en el sitio actual y no requiere de la compra de terreno, sólo de una ampliación al impacto ambiental; contempla las siguientes acciones: rehabilitación del sistema de pretratamiento que incluye suministro e instalación de rejillas de cribado grueso y fino en canales y desarenadores; rehabilitación del cárcamo de bombeo con suministro e instalación de seis motores bomba; ampliación de línea de impulsión y caja de distribución; sistema de tratamiento primario y secundario, con la construcción de dos módulos de sedimentación primaria, dos reactores biológicos y dos clarificadores secundarios intercomunicados; manejo de lodos, con dos módulos de espesado de lodos, cárcamo de lodos, tanque de digestión y equipo de desaguado; desinfección, que se realizará mediante la adición de cloro gas, por lo que se consideran tres evaporadores, tres cloradores, rehabilitación y ampliación del edificio, y suministro e instalación de lavador de gases.

Esta alternativa incluye el suministro e instalación de 6,864 metros de tubería de PEAD DR15 de 18" de diámetro para la interconexión de la planta de tratamiento inconclusa Tecolote La Gloria a la planta de tratamiento San Antonio de Los Buenos, el cual permitirá la conducción a gravedad hasta el actual sitio.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 81. Ubicación de nuevo sitio para la PTAR SAB, alternativa 2.



Fuente: elaboración propia con información del Proyecto de Construcción y Rehabilitación de la PTAR SAB (MAV).

Alternativa 3. Dar tratamiento a las aguas residuales en la planta internacional de tratamiento de aguas residuales.

Esta alternativa contempla que la estación de bombeo PB-1B deje de operar y que todas las aportaciones que se generen en las subcuencas sean tratadas en la PITAR, descargando el efluente en el emisor submarino en EE.UU.; las ventajas de esta alternativa serían la eliminación del riesgo de derrames por fallas en los equipos de bombeo de la PB-1B, ahorros en los costos de operación y mantenimiento (por bombeo y alejamiento), renovación de equipos, así como la construcción, operación y mantenimiento de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales para un gasto de 1078 lps, siendo este el resultado de las aportaciones de 24 subcuencas al 2050, sin incluir 1100 lps que actualmente son tratados en la planta binacional.

Alternativas PTAR La Morita.

Debido al aumento en los caudales se hace necesario incrementar la capacidad de tratamiento de la planta, ya que de acuerdo con lo descrito en el punto 2.1.5, para el año 2050 las cuencas estarán aportando un caudal aproximado de 423 lps, lo que se traduce en un déficit en tratamiento de 169 lps, por lo que se proponen las siguientes alternativas.

Alternativa 1. Consiste en la construcción de un módulo adicional en el actual predio de la PTAR La Morita con capacidad de 127 lps y con las mismas especificaciones de diseño que la actual planta de tratamiento La Morita, condición que favorecerá el intercambio de equipamiento y mantendrá el mismo stock de refacciones. La construcción de un módulo adicional en la actual planta conlleva continuar dependiendo de dos cárcamos de bombeo: La Encantada, que recibe las aguas residuales de la subcuenca El Matanuco, y que bombea hacia la PTAR La Morita, y el del Fideicomiso El Florido, que recibe las aguas residuales ubicadas al oeste de la citada planta de tratamiento y las envía a la PTAR Arturo Herrera. A continuación, se muestra las características del predio.

Tabla 92. Características del predio de la PTAR La Morita.

| Característica | Valor |
|-------------------------------------|---|
| Localización geográfica (centroide) | Latitud: 32°27'16.37", norte |
| | Longitud: 116°51'35.38", oeste |
| Altitud promedio | 122 msnm |
| Superficie libre aproximada | 5.88 hectáreas (total) |
| Geometría | Polígono irregular |
| Topografía | En su totalidad el predio es plano sin cambios en su topografía |
| Tipo de propiedad | Propia CESPT |
| Uso de suelo | Servicios públicos |
| Costo aproximado dls/m2 | No se requiere |
| Acceso | Por bulevar de Los Olivos o camino Ferrocarril |

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 82. Alternativa 1 en el actual predio de la PTAR La Morita.



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Consiste en la construcción de una nueva PTAR de 169 lps de capacidad, a un costado del Fideicomiso El Florido, del tipo lodos activados, con los mismos parámetros de diseño que la actual PTAR La Morita; su sembrado estaría en un predio con área aproximada de dos hectáreas. La construcción de esta planta permitiría dejar de depender de los bombeos La Encantada y Fideicomiso El Florido; al no trasvasar agua a la PTAR Arturo Herrera, se dejaría capacidad adicional a esta planta, que podría utilizarse para dar ser servicio a la subcuenca Cueros de Venado. Sin embargo, sumado a la adquisición de un nuevo predio se necesitaría construir 1.3 km de colector para conectar el cárcamo La Encantada hasta la nueva ubicación de la PTAR. A continuación, se muestra las características del predio.

Tabla 93. Características del nuevo predio propuesto para la PTAR La Morita.

| Característica | Valor |
|-------------------------------------|--|
| Localización geográfica (centroide) | Latitud: 32°26'48.58", norte |
| | Longitud: 116°53'23.52", oeste |
| Altitud promedio | 105 msnm |
| Superficie libre aproximada | 2.1 hectáreas |
| Geometría | Irregular |
| Topografía | En la parte oeste se suavizaron las pendientes, y en la parte este, se encuentran lomeríos que se tendrían que trabajar. |
| Tipo de propiedad | Fideicomiso Florido |
| Uso de suelo | Industrial |

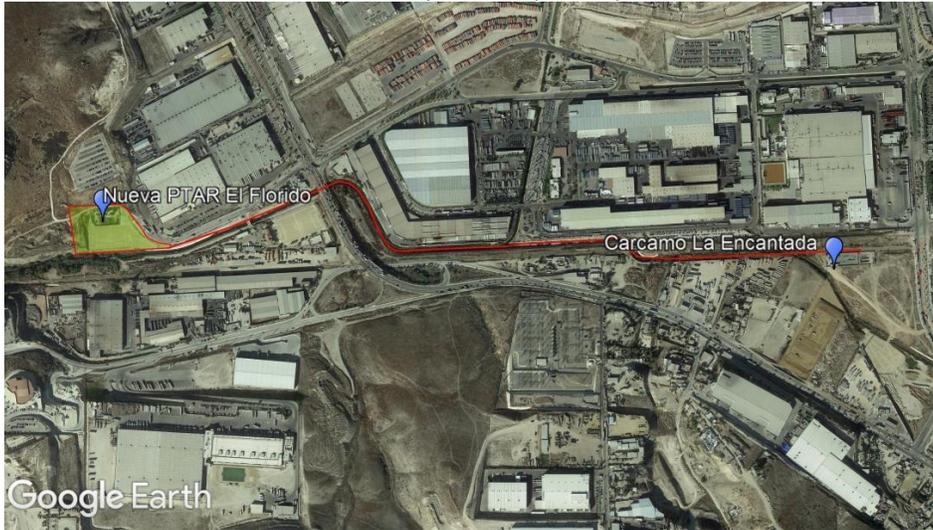


COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Característica | Valor |
|-------------------------------------|---|
| Costo aproximado dls/m ² | 200 |
| Acceso | Por bulevar de Los Insurgentes (carretera libre Tijuana-Tecate) |

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 83. Ubicación de la nueva PTAR y trazo requerido para conectar el colector Matanuco.



Fuente: elaboración propia.

Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

El reúso de las aguas residuales tratadas es de vital importancia para el desarrollo de la ciudad; por sus implicaciones, dejar de aprovechar este recurso tiene impactos transfronterizos. El aprovechamiento de las aguas tratadas representa una fuente hídrica adicional, por lo que seguir bajo las actuales políticas de aprovechamiento, como lo es proveer de aguas residuales a las industrias, o el riego de jardines, no asegura el equilibrio actual ni futuro oferta–demanda, sin dejar de mencionar los costos de implementación, dado que los posibles clientes se encuentran diseminados por toda la ciudad. Además, la industria local tiene como característica que los mayores consumos se dan en servicios (cocina y sanitarios).

Los factores, como la grave escasez de agua en la región, la dependencia de una sola fuente de agua potable, así como la infraestructura requerida como obras de defensa para que el agua tratada no cruce a EE.UU., obligan a contemplar el reúso de las aguas tratadas a gran escala en la recarga del acuífero de Valle de Las Palmas, esto es llevar agua residual de gran calidad de las PTAR Arturo Herrera y La Morita, y la nueva planta Matanuco, que se propuso para tratar el crecimiento de la zona hasta el 2050, hasta Valle de Las Palmas, para su infiltración en el acuífero. Son dos las alternativas que se proponen para lograr infiltrar agua residual en el arroyo Las Palmas, siendo estas las siguientes:

Alternativa 1. Se plantea el trazo siguiendo las vialidades existentes, los caminos vecinales (dentro del arroyo afluente a la presa Abelardo L. Rodríguez) y la topografía de la zona; contempla dos estaciones de bombeo y un tanque de regulación. El procedimiento constructivo es con zanja a cielo abierto.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 84. Trazo propuesto para la construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1.



Fuente: elaboración propia.

Las ventajas y desventajas de la implementación de este proyecto son las mismas para ambas alternativas; la diferencia estará en los costos de inversión y de operación y mantenimiento.

Tabla 94. Ventajas y desventajas de la construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1.

| Ventajas | Desventajas |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Se eliminará la descarga del efluente de las plantas de tratamiento La Morita y Arturo Herrera hacia el río Tijuana. El agua tendrá un proceso de depuración natural al infiltrarse al acuífero del Valle de las Palmas Se recargará el acuífero del Valle de Las Palmas, aumentando la disponibilidad de agua para uso urbano o agrícola. | <ul style="list-style-type: none"> Tramitología de permisos federales, como uso de predio en zona federal y cambio de permisos de descarga de las plantas de tratamiento. Se requiere liberar servidumbres de paso. Se necesita una inversión inicial alta. |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Se plantea el trazo siguiendo las vialidades existentes, los caminos vecinales y la topografía de la zona; contempla dos estaciones de bombeo y dos tanques de regulación. El procedimiento constructivo es con zanja a cielo abierto.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 85. Trazo propuesto para la construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 2.



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Seguir descargando el efluente de las plantas de tratamiento La Morita y Arturo Herrera hacia el río Tijuana, para posteriormente extraerlo por medio de la PB CILA y después rebombearlo por PB1 A y disponerlo en el océano Pacífico.

3.1.4 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA

Actualmente los escurrimientos que fluyen por el río Tijuana en temporada de estiaje son captados por la estación de bombeo PBCILA, en cumplimiento del Acta 283 de la CILA. El sistema de bombeo tiene una gran dependencia de los componentes electromecánicos, por lo que en caso de falla los escurrimientos se derivan al estuario del río Tijuana y al océano Pacífico, afectando las playas de Imperial Beach, Ca. EE. UU. Con esta obra se evita la dependencia del sistema de bombeo, trabajando a gravedad, por lo que se robustecerá la obra de defensa, al quedar PB-CILA como respaldo para operar en los casos de algún inconveniente de la línea a gravedad o ante un eventual aumento en el caudal de aguas en el río Tijuana provocado por fugas, tanto de agua potable como escurrimientos de aguas residuales, derivado de taponamientos o colapso de líneas de alcantarillado sanitario.

Alternativa 1. Construcción de obra de toma a gravedad con conexión a línea morada, tramo recto con PAD 48". Consiste en la construcción de obra de toma en el río Tijuana, 850 metros aguas arriba de la obra de toma actual, y el hincado de 77 metros lineales de tubería de acero de 48" para cruzar el bordo del río Tijuana.

Alternativa 2. Construcción de obra de toma a gravedad con conexión a línea morada, tramo recto con PVC FR 48". Consiste en la construcción de obra de toma en el río Tijuana instalando 80 metros lineales de tubería en la plantilla del río Tijuana para después, mediante el hincado de 77 metros



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

lineales de tubería de acero de 48", hacer el cruce del bordo del río Tijuana e instalación de 770 m PVC.

Construcción de sitio para la disposición de biosólidos de la PTAR.

El sitio de disposición de lodos actualmente se encuentra saturado, por lo que los residuos se están disponiendo en una empresa privada; sin embargo, este se encuentra muy cercano a la mancha urbana, por lo que se tienen impactos en la población, además de no garantizar la continuidad en la prestación del servicio; para esta problemática se presentan las siguientes alternativas:

Alternativa 1. Continuar con subcontratación de una empresa privada para la prestación del servicio de disposición final de los residuos generados a partir del tratamiento de las aguas residuales.

Alternativa 2. La alternativa es la construcción y puesta en marcha de un incinerador para la reducción del volumen de los lodos y manejo final mediante celdas de mono relleno; el sitio estudiado es un predio aldeaño al cárcamo Matadero. En esta opción se estudió la construcción de lodoductos para disminuir costos por el acarreo, de acuerdo con lo propuesto en el Plan Maestro de Lodos.

Alternativa 3. Consiste en la compra y habilitación de celdas de confinamiento para disponer de lodos y biosólidos generados por tratamiento de las aguas residuales en la PITAR.

Automatización y monitoreo de estaciones de bombeo.

Los sistemas que comprenden el saneamiento no cuentan con equipamiento de control o mediciones para su operación automática a través de un sistema remoto tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, por sus siglas en inglés); es decir, el régimen de operación actual es de forma manual y el personal debe acudir a cada uno de los sitios para realizar actividades de supervisión, paros, arranques, o modificaciones al proceso, por lo que se recomienda la implementación de un sistema remoto que permita realizar labores de medición, supervisión y control de los principales parámetros de operación. Para atender esta problemática se proponen las siguientes alternativas:

Alternativa 1. Continuar operando de manera manual todos los sistemas, así como seguir con la contratación del servicio de seguridad.

Alternativa 2. Se propone como mejora la implementación de un sistema de telemetría para los principales cárcamos de bombeo de la ciudad, como son PB-CILA, PB1 (Ay B), Matadero, Laureles I y el cárcamo de la PTAR de SAB.

OBSERVACIONES

- Las alternativas planteadas contribuyen a conocer opciones viables para la resolución de la problemática de saneamiento de Tijuana.

CONCLUSIONES

- Con base en la demanda detectada, las alternativas analizadas contribuirían de manera significativa al manejo sustentable del saneamiento en Tijuana.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2 Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia.

La disponibilidad de agua potable y saneamiento es crítica en las etapas inmediatas a la ocurrencia de un evento adverso, tanto para brindar atención a los enfermos, como para el consumo humano y el mantenimiento de las condiciones mínimas de higiene. Este elemento vital es un derecho humano básico que supone una responsabilidad que va más allá de la protección a las inversiones, y es sobre todo una responsabilidad de salud pública y ética.

Una actitud comprometida con la reducción sistemática de la vulnerabilidad es clave para asegurar la resiliencia de las comunidades y poblaciones al impacto de las amenazas naturales y antropogénicas.

En infraestructura, como los sistemas de agua potable y saneamiento, la resiliencia se refiere a la capacidad de un sistema para soportar eventos extraordinarios (eventos disruptivos naturales y antropogénicos) que causan que al menos una parte del sistema falle. La resiliencia se manifiesta en la infraestructura cuando esta mantiene un nivel mínimo de funcionalidad ante una situación adversa, y se recupera en un tiempo corto y con un costo razonable (Gay Alanís, 2017).

Para que estos sistemas tengan un buen nivel de servicio requieren de atención constante: en primer lugar, todos los sistemas de infraestructura están sujetos a deterioro natural; con el paso del tiempo estos sistemas empezarán a fallar si no tienen mantenimiento regular, lo cual les permite alcanzar su vida útil esperada. En segundo lugar, el funcionamiento de la infraestructura puede ser afectado, además, por eventos disruptivos naturales o antropogénicos, tales como accidentes, ataques deliberados, huracanes o sismos. Los efectos de estos eventos se contrarrestan con reparación y reemplazo de secciones del sistema⁵. En la totalidad de las alternativas, que son analizadas en el presente documento, fueron consideradas los principales criterios de resiliencia, entre los cuales se encuentran los siguientes:

Emplazamiento en zonas seguras. Para este criterio se revisaron las ubicaciones de cada una de las instalaciones, entre las que se encuentran: zonas de deslizamiento de taludes, zonas de inundaciones, fallas geológicas cercanas, que se ubique en un área de afectación por maremotos, que pueda ser afectado por incendios forestales, riesgo químico o riesgos sinérgicos por actividades cercanas, y si el predio puede ser afectado por la erosión de la costa.

Redundancia en el sistema. En este caso se revisó que los sistemas cuenten con generadores de energía y redundancia de los equipos indispensables, como bombas y arrancadores; además se verificó que los sistemas de colección se encuentren interconectados con otros colectores o subcolectores. En las PTAR se dimensionaron para que los diferentes procesos, como reactores, clarificadores y desinfección se encuentran interconectados entre sí, con la finalidad de que en los casos de presentarse algún daño o descompensación se permita desviar el caudal hacia otro proceso; además se seleccionaron aquellos procesos de tratamiento que puedan tolerar variaciones de cargas orgánicas y que sean de fácil operación.

⁵<http://entretextos.leon.uia.mx/num/24/PDF/ENT24-7.pdf>



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Dependencia a sistemas electromecánicos. Se seleccionaron aquellas alternativas que contribuyan a la disminución de la dependencia de equipos electromecánicos, y se da preferencia a los sistemas por gravedad.

3.2.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.

Interceptor Internacional.

Para el análisis hidráulico fueron tomados los datos estimados de las proyecciones de población y generación de agua residual del capítulo 2, tomando como horizonte el año 2050. Para el interceptor Internacional se determinó un gasto medio de 1867 l/s y un gasto máximo previsto de 5042 l/s. Para la alternativa 1 se consideró una tubería de hierro dúctil de 183 cm de diámetro, con un coeficiente de rugosidad n de Manning de 0.010, resultando satisfactorio de acuerdo con la corrida hidráulica siguiente.

Tabla 95. Cálculo hidráulico del interceptor Internacional, alternativa 1.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ Déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 2,470.00 | 183 | 1.2 | 5,410 | 1,867 | 5,042 | 368 |

Fuente: elaboración propia.

En la alternativa 2 se consideró introducir una manga de fibra para la rehabilitación del interceptor, reduciendo con esto el diámetro de la tubería a 177 cm; sin embargo, para los tubos estructurales de rehabilitación de tuberías curadas in situ, dado que su revestimiento interno es de un polímero termoplástico con lisura similar al material de PVC, la literatura sugiere una rugosidad n de Manning de 0.0098. A pesar de la disminución del diámetro, los resultados siguen siendo satisfactorios.

Tabla 96. Cálculo hidráulico del interceptor Internacional, alternativa 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ Déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 2,470.00 | 177 | 1.2 | 5,050 | 1,867 | 5,042 | 8 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Insurgentes.

Para la propuesta de rehabilitación del colector Insurgentes fueron tomadas en cuenta las sugerencias del diagnóstico donde se establece que: “se recomienda que en los tramos donde la tubería tiene un diámetro menor a 91 cm (36”) se incremente para tener la capacidad de conducción necesaria para no derramar al canal del río Tijuana cuando la planta de tratamiento Arturo Herrera requiera mantenimiento preventivo, correctivo o presente fallas en su operación”. Por ello los 906 m y 2165 m de los tramos 1 y 2, con diámetros actuales de 53 y 61 cm, serán reemplazados con tubería de 91 cm de diámetro.

Derivado de lo anterior se observa que el colector quedaría con un superávit de capacidad alto, lo cual permitirá hacer frente a una contingencia en la operación de la planta indicada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 97. Cálculo hidráulico del colector Insurgentes, alternativa 1.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ Déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 906.00 | 91 | 8.8 | 2,279 | 86 | 294 | 1,985 |
| 2 | 2,165.00 | 91 | 6.4 | 1,943 | 156 | 508 | 1,436 |
| 3 | 2,349.00 | 107 | 5.7 | 2,814 | 287 | 934 | 1,881 |

Fuente: elaboración propia.

En la alternativa 2 se consideró cambiar el trazo, tratando de utilizar, en lo posible, las vialidades secundarias; además se extendieron las dos conexiones de los subcolectores Cochimies (C-1) y Gato Bronco (C-2). De la misma manera, en esta alternativa se tomaron en cuenta las recomendaciones del diagnóstico referido.

Tabla 98. Cálculo hidráulico del colector Insurgentes, alternativa 2

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 3,570.00 | 91 | 9.7 | 2,387 | 86 | 294 | 2,093 |
| 2 | 942.00 | 91 | 2.0 | 1,084 | 156 | 508 | 576 |
| 3 | 1,515.00 | 107 | 2.0 | 1,670 | 287 | 934 | 736 |
| C-1 | 419.00 | 45 | 21.4 | 542 | 70 | 247 | 295 |
| C-2 | 318.00 | 61 | 7.6 | 727 | 131 | 426 | 301 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Oriente.

En el análisis hidráulico fueron tomados los datos estimados de las proyecciones de población y generación de agua residual del capítulo 2, tomando como horizonte el año 2050. Para el colector Oriente se determinó un gasto medio de 1051 l/s y un gasto máximo previsto de 2836 l/s.

Tabla 99. Cálculo hidráulico del colector Oriente, alternativa 1.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/-l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| 1 | 1,436.00 | 76 | 1.9 | 654 | 146 | 474 | 180 |
| 2 | 1,120.00 | 91 | 2.3 | 1,156 | 146 | 474 | 682 |
| 3 | 1,162.00 | 107 | 4.2 | 2,430 | 236 | 767 | 1,663 |
| 4 | 104.20 | 122 | 11.8 | - | 0 | 0 | - |
| 5 | 1,963.62 | 122 | 3.1 | 2,925 | 706 | 1,906 | 1,019 |
| 6 | 272.03 | 183 | 3.7 | 9,468 | 1,051 | 2,836 | 6,632 |
| 7 | 729.06 | 183 | 2.0 | 6,940 | 1,051 | 2,836 | 4,104 |

Fuente: elaboración propia.

En la alternativa 2 se consideró cambiar el trazo, usando el carril de baja velocidad del arroyo Alamar Oriente; además se extendieron las dos conexiones del subcolector Industrial (C-1) y (C-2).

Tabla 100. Cálculo hidráulico del colector Oriente, alternativa 2

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/-l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| 1 | 1,802.00 | 76 | 3.4 | 874 | 146 | 474 | 400 |
| 2 | 994.00 | 91 | 3.4 | 1,413 | 146 | 474 | 939 |
| 3 | 1,462.00 | 107 | 3.4 | 2,177 | 236 | 767 | 1,410 |
| 4 | 104.20 | 122 | 11.8 | - | 0 | 0 | - |
| 5 | 1,963.62 | 122 | 3.1 | 2,925 | 706 | 1,906 | 1,019 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/-l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| 6 | 272.03 | 183 | 3.7 | 9,468 | 1,051 | 2,836 | 6,632 |
| 7 | 729.06 | 183 | 2.0 | 6,940 | 1,051 | 2,836 | 4,104 |
| C-1 | 682.00 | 61 | 2.0 | 373 | 90 | 304 | 69 |
| C-2 | 405.00 | 61 | 5.3 | 607 | 65 | 233 | 374 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Poniente.

El análisis hidráulico del colector Poniente es el mismo para ambas alternativas, ya que la diferencia estriba en el procedimiento constructivo y no en las características técnicas de las propuestas. Los diámetros planteados son iguales a los existentes, ya que, de acuerdo con los flujos esperados en el 2050, el colector seguiría teniendo la capacidad de conducirlos.

Tabla 101. Cálculo hidráulico del colector Poniente, alternativa 1 y 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/-l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| 1 | 349.00 | 107 | 3.1 | 2,066 | 595 | 1,606 | 460 |
| 2 | 297.00 | 122 | 4.4 | 3,524 | 595 | 1,606 | 1,918 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Rosario Castellanos.

El análisis hidráulico del colector Rosario Castellanos es el mismo para ambas alternativas, ya que la diferencia estriba en el procedimiento constructivo y no en las características técnicas de las propuestas. Los diámetros planteados son iguales a los existentes, ya que, de acuerdo con los flujos esperados en el 2050, el colector seguiría teniendo la capacidad de conducirlos.

Tabla 102. Cálculo hidráulico del colector Rosario Castellanos, alternativa 1 y 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 1,450.12 | 38 | 34.9 | 441 | 98 | 328 | 113 |
| 2 | 499.06 | 45 | 26.0 | 597 | 98 | 328 | 270 |
| 3 | 495.21 | 45 | 39.1 | 733 | 98 | 328 | 405 |
| 4 | 44.49 | 45 | 10.4 | 377 | 98 | 328 | 50 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Poniente Viejo.

El análisis hidráulico del colector Poniente Viejo es el mismo para ambas alternativas, ya que la diferencia estriba en el procedimiento constructivo y no en las características técnicas de las propuestas. Los diámetros planteados son iguales a los existentes, ya que, de acuerdo con los flujos esperados en el 2050, el colector seguiría teniendo la capacidad de conducirlos.

Tabla 103. Cálculo hidráulico del colector Poniente Viejo, alternativa 1 y 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 49.16 | 25 | 0.8 | 22 | 2 | 11 | 11 |
| 2 | 991.62 | 30 | 3.7 | 77 | 10 | 49 | 28 |
| 3 | 375.19 | 38 | 2.1 | 108 | 15 | 69 | 39 |
| 4 | 797.92 | 45 | 5.5 | 275 | 20 | 88 | 187 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 5 | 222.66 | 45 | 2.9 | 199 | 30 | 123 | 76 |
| 6 | 131.73 | 61 | 2.3 | 398 | 47 | 178 | 220 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Sánchez Taboada.

El análisis hidráulico del colector Sánchez Taboada es el mismo para ambas alternativas, ya que la diferencia estriba en el procedimiento constructivo y no en las características técnicas de las propuestas. Los diámetros planteados son iguales a los existentes, ya que, de acuerdo con los flujos esperados en el 2050, el colector seguiría teniendo la capacidad de conducirlos.

Tabla 104. Cálculo hidráulico del colector Sánchez Taboada, alternativa 1 y 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | 2050 Qmed (l/s) | 2050 Qmp (l/s) | Superávit/ Déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 1 | 129.00 | 107 | 1.4 | 1394 | 281 | 913 | 481 |

Fuente: elaboración propia.

Colector Costero 2.

De acuerdo con el anteproyecto del colector Costero, el gasto medio de proyecto es de 293 litros por segundo, capacidad que está muy por arriba del gasto medio estimado para el 2050, de 112 litros por segundo, por lo que los diámetros planteados en el proyecto son adecuados para ambas alternativas. Cabe aclarar que el diseño de este colector fue realizado para una capacidad de saturación de la cuenca, la cual tiene un potencial de crecimiento importante al encontrarse localizada frente a mar.

Tabla 105. Cálculo hidráulico del colector Costero 2, alternativa 1.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | Saturación Qmed (l/s) | Saturación Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 670 | 61 | 54.2 | 1,942 | 97 | 324 | 1,618 |
| 2 | 1,519 | 76 | 8.1 | 1,351 | 119 | 387 | 965 |
| 3 | 2,061 | 91 | 4.4 | 1,599 | 154 | 500 | 1,099 |
| 4 | 679 | 38 | 41.3 | 480 | 48 | 182 | 297 |
| 5 | 1,089 | 45 | 17.9 | 496 | 54 | 201 | 295 |
| 6 | 1,519 | 61 | 2.8 | 444 | 54 | 201 | 243 |
| 7 | 1,033 | 91 | 36.0 | 4,600 | 253 | 825 | 3,775 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 106. Cálculo hidráulico del colector Costero 2, alternativa 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | Saturación Qmed (l/s) | Saturación Qmp (l/s) | Superávit/ déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 670 | 61 | 54.2 | 1,942 | 97 | 324 | 1,618 |
| 2 | 3,167 | 76 | 3.9 | 936 | 119 | 387 | 549 |
| 3 | 2,909 | 91 | 3.1 | 1,346 | 154 | 500 | 846 |
| 4 | 679 | 38 | 41.3 | 480 | 48 | 182 | 297 |
| 5 | 517 | 45 | 37.8 | 721 | 54 | 201 | 519 |
| 6 | 1,668 | 91 | 22.3 | 3,620 | 253 | 825 | 2,795 |

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Emisor Líneas Cuatas.

El gasto determinado para este proyecto se acumula en dos etapas: en la primera toma en cuenta el flujo bombeado por la planta Matadero, además del gasto generado por parte de la cuenca Cañón del Sol; en la segunda se agrega el gasto bombeado por Laureles I. De esta manera se estimó un flujo de diseño de 1080 litros por segundo al año 2050. El proyecto elaborado por el organismo operador estimó un gasto de 558 l/s, el cual se considera insuficiente para las condiciones futuras de la zona.

Tabla 107. Cálculo hidráulico del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1.

| Tramo | Gasto (l/s) | Long. Tubería (m) | Diámetro (m) | Velocidad (m/s) | Perdidas (m) |
|----------|-------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Matadero | 958 | 1,640 | 0.914 | 1.459 | 3.54 |
| Laureles | 1,080 | 238 | 0.914 | 1.646 | 0.64 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 108. Cálculo hidráulico del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2.

| Tramo | Gasto (l/s) | Long. Tubería (m) | Diámetro (m) | Velocidad (m/s) | Perdidas (m) |
|----------|-------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Matadero | 958 | 1,073 | 0.914 | 1.459 | 2.32 |
| Laureles | 1,080 | 297 | 0.914 | 1.646 | 0.80 |

Fuente: elaboración propia.

Bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera.

Se contempló desviar un gasto de 100 l/s del colector Poniente, a la altura del cañón del Sainz, y aprovechar parte de la capacidad no utilizada de la planta de tratamiento Arturo Herrera.

Tabla 109. Cálculo hidráulico de línea impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 1.

| Tramo | Gasto (l/s) | Long. Tubería (m) | Diámetro (m) | Velocidad (m/s) | Perdidas (m) | Carga Total (m) | Potencia calculada (HP) | Potencia (HP) |
|-----------------|-------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------|---------------|
| Línea impulsión | 100 | 1,753 | 0.305 | 1.371 | 12.13 | 47.13 | 88.60 | 100 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 110. Cálculo hidráulico de línea impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2.

| Tramo | Gasto (l/s) | Long. Tubería (m) | Diámetro (m) | Velocidad (m/s) | Perdidas (m) | Carga Total (m) | Potencia calculada (HP) | Potencia (HP) |
|-----------------|-------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------|---------------|
| Línea Impulsión | 100 | 1,872 | 0.305 | 1.371 | 12.96 | 41.96 | 78.87 | 100 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 111. Cálculo hidráulico del colector alimentador al cárcamo de bombeo de línea impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2.

| Tramo | Longitud (m) | Diámetro (cm) | Pendiente (milésimas) | Capacidad Max (l/s) | Qmed (l/s) | Qmp (l/s) | Superávit/déficit (+/- l/s) |
|-------|--------------|---------------|-----------------------|---------------------|------------|-----------|-----------------------------|
| 1 | 129 | 38 | 5.0 | 167 | 24 | 100 | 67 |

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

Para el análisis hidráulico fueron tomados los datos de proyecto originales de las plantas respectivas, ya que en todos los casos se trata de rehabilitaciones de las mismas. Asimismo, se revisó y comparó estos datos con los estimados de las proyecciones de población y generación de agua residual del capítulo 2, tomando como horizonte el año 2050.

Planta de bombeo PB1 (A y B).

Alternativa 1. Enviar las aguas residuales excedentes a tratamiento en la PITAR. Para la implementación de esta alternativa se requiere la construcción de una nueva planta de tratamiento en Estados Unidos con las mismas características que la existente (espejo de la existente) por cumplir con las necesidades de gasto a tratar para el 2050, que será de 1078 l/s adicionales a los 1095 l/s (25MGD) ya convenidos en actas. La planta binacional tiene una capacidad instalada actual de 25 MG o 1095 l/s y con la ampliación propuesta deberá alcanzar 50 MGD o 2190 l/s; los componentes principales de la planta constan de los siguientes elementos: sistema de pretratamiento, integrado por rejillas y desarenadores automáticos; clarificadores primarios equipados para la edición de coagulante (cloruro férrico); reactores biológicos; clarificadores secundarios, así como área de manejo de lodos, misma que contará con tanques espesadores, sistema de desaguado a base de filtros banda sistema para adición de polímero y cal edificio para el llenado de camiones sistema lavador de gases. La disposición de los residuos se propone que se realice en México.

Alternativa 2. Mezclar los escurrimientos del río Tijuana con las aguas residuales y enviarlas a tratamiento a San Antonio de Los Buenos. Esta alternativa tendría como resultado ingresar a tratamiento los escurrimientos del río Tijuana, del orden de 1024 l/s, por la imposibilidad de la PB1-A de manejar las aportaciones del río, haciéndose la mezcla ya sea en el colector Internacional o en las instalaciones de la PB1; esta condición hará necesaria la construcción y ampliación de la planta de tratamiento en San Antonio de Los Buenos hasta para un gasto de 2874 l/s. Para la implementación de esta alternativa se plantea la construcción de una planta de tratamiento de lodos activados convencional, integrada por cinco módulos de 600 l/s.

Alternativa 3. Rehabilitación de las plantas de bombeo PB1-A y PB1-B. Esta alternativa contempla de manera general el equipamiento de la estación de bombeo PB1-A, con dos trenes de bombeo con capacidad de 550 l/s, cada uno, adicionales a los dos trenes existentes, para permitir la operación independiente a la PB1-B, donde también se contempla la reposición de dos trenes de bombeo de 550 l/s, cada uno. La implementación de esta alternativa permitirá tener una capacidad de bombeo en la PB1-B de 1650 l/s con un equipo de respaldo suficiente para hacer frente al incremento de aportaciones del río Tijuana hasta el año 2050, estimadas en 1024 l/s; el reemplazo de los trenes de bombeo de la PB1-B permitirá mantener de manera segura la capacidad de bombeo de 1650 l/s para hacer frente a las aportaciones de las cuencas que atiende, estimada en 1286 l/s para el año 2050.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Planta de bombeo PB3, Matadero.

La planta de bombeo fue construida en 1987 por la Unidad Ejecutora de Proyectos con el programa BID-Banobras, para colectar parte de las aportaciones del antiguo colector INV, colonias Manuel Paredes y Cañón del Matadero, fraccionamiento Miramar y áreas circunvecinas, y bombearlas hacia el emisor Líneas Cuatas, para integrarlas al sistema de alejamiento y a la planta de tratamiento de Punta Bandera. La planta entró en operación en 1992, con un gasto promedio de diseño de 310.10 l/s y un máximo previsto de 729.50 l/s; actualmente colecta las aguas negras de las colonias que drenan al Cañón del Matadero, provenientes del nuevo colector INV (PVC de 91 cm de diámetro) y el subcolector Linda Vista (PVC de 38 cm de diámetro), de acuerdo con gasto aforado al afluente de la planta el Matadero, que es de 194 l/s, en promedio.

Alternativa 1. De acuerdo con la proyección de población y generación de aguas residuales, se estima que para el 2050 se presente un gasto máximo extraordinario de 772.2 l/s, que sería similar al gasto de diseño original. Las bombas propuestas vencen una carga dinámica de 85.34 metros (280 pies), a razón de 150 l/s (2,377.5 galones por minuto), de 250 HP, siendo similares a las que operan actualmente; además el sistema de pretratamiento está considerado para 1000 l/s, suficientes para atender el gasto de proyecto con una holgura adicional para la época de lluvias.

Alternativa 2. Para el caso de la alternativa 2, se consideró el gasto máximo extraordinario de 772.7 l/s y la carga dinámica de 85.85 metros, dando una potencia requerida de 1,246.19 HP. Se propuso un sistema 4+1, con bombas comerciales de 350 HP, cada una, resultando en una potencia total requerida de 1400 HP.

Planta de bombeo Laureles I.

Alternativa 1. El dimensionamiento se basa en el proyecto ejecutivo de la rehabilitación de la planta de bombeo PB Laureles, elaborado por el organismo operador; el sistema de pretratamiento es de doble canal con doble desarenador, tipo vórtice de un diámetro de 3.05 m (10 pies), y rejillas inatascables de 0.91 m (3 pies) y 1.22 m (4 pies) de ancho, anteponiéndose al desarenador, al cual se le dará mantenimiento cambiando su rejilla por una nueva inatascable; entremedio de ambos sistemas se colocará una canaleta Parshall y nuevos sistemas de medición. Se construirá un cuarto de bombas con grúa viajera donde se ubican las bombas, las cuales serán reemplazadas por seis nuevas bombas (tres bombas sumergibles y tres bombas verticales de 60 HP, cada una) de 45 l/s con un arreglo 2+1, donde cada tren contará con dos bombas en serie: una sumergible y una vertical. Dicho cuarto incluirá un generador eléctrico, como parte de la planta de emergencia, y un pequeño almacén. Se cambiará la subestación eléctrica, así como el cableado eléctrico y luminarias; se pintará tanto la edificación, como la tubería expuesta. Se reemplazarán compuertas, rejillas, la caseta de vigilancia, el cerco perimetral y puertas de acceso para construirlas nuevas y pavimentar algunos espacios en el interior, así como la calle de acceso, denominada Paseo de la Montaña, misma que será pavimentada con concreto hidráulico MR-38.

Para poder introducir las aguas negras al nuevo pretratamiento es necesario desinstalar 63 metros lineales de tubería de PVC de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro entre los pozos de visita DT136-030 y DT145-094, con el fin de reinstalarlos a menor profundidad, construyendo un pozo de visita común, el cual servirá para derivar el flujo hacia el pretratamiento donde se requiere la instalación



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de 24 metros lineales de tubería de PVC de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro; como línea de emergencia se instalarán 15 metros lineales de tubería de PVC de 61 cm (24 pulgadas) de diámetro, que desfogará en el canal pluvial. El gasto de diseño es de 90 l/s, mientras que el gasto máximo previsto para el año 2050 es de 122.5 l/s.

Alternativa 2. Para la nueva planta de bombeo se contempló el gasto máximo previsto de 122.5 l/s y una carga de 82.15 metros, resultando una potencia requerida de 192.15 HP. Se propuso un sistema 2+1, con bombas comerciales de 125 HP, cada una, resultando en una potencia total requerida de 250 HP.

Planta de bombeo Laureles II.

Alternativa 1. Al igual que en las dos plantas anteriores, en la alternativa 1 el dimensionamiento se basa en el proyecto ejecutivo de la rehabilitación de la planta de bombeo PB Laureles II, elaborado por la CESPT; comprende dos rejillas inatascables y se reemplazarán cuatro bombas (dos bombas conectadas en serie, por cada tren) de 125 HP, cada una, para un arreglo 3+1, con una capacidad de 200 l/s. El gasto de diseño es de 200 l/s, mientras que el gasto máximo previsto para el año 2050 es de 130.6 l/s, quedando con una reserva de 70 l/s.

Alternativa 2. Para la alternativa 2 se contempló el gasto máximo de 130.6 l/s y una carga de 133.62 metros, resultando una potencia requerida de 328.02 HP. Se propuso un sistema 3+1, con bombas comerciales de 150 HP, cada una, resultando en una potencia total requerida de 450 HP.

3.2.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

En la elaboración de los nuevos proyectos para la construcción de la PTAR, es importante y primordial realizar una planeación detallada, que no omita algún aspecto relevante en las fases del diseño; que la información base utilizada se revise y valide, buscando con esto que los nuevos proyectos consideren las variaciones reales que deberán soportar, principalmente en términos de cantidad y calidad del agua residual que ingresa al tratamiento. Con el estricto cumplimiento de lo anterior, será posible producir un efluente con la calidad establecida y acorde al tipo de reúso y aprovechamiento considerado en las normas oficiales mexicanas. La implementación sistemática de estos procedimientos garantizará que los nuevos proyectos sean exitosos. En las alternativas propuestas se utilizaron los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 112. Parámetros de diseño en PTAR.

| Parámetro | Valor |
|---|-------|
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | 475 |
| DBO Soluble (DBOs) | 207 |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | 1,000 |
| DQO soluble (DQOs) | 542 |
| Sólidos suspendidos totales (SST) | 500 |
| Sólidos suspendidos volátiles (SSV) | 400 |
| Sólidos sedimentables (SS) | 10 |
| Nitrógeno total (NT) | 113 |
| Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) | 109 |
| Fósforo total (FT) | 20 |
| Alcalinidad | 375 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Parámetro | Valor |
|---------------------------------|----------|
| Grasas y aceites | 110 |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) | 1.00E+06 |

Fuente: CESPT, Proyecto de Construcción y Rehabilitación de La PTAR SAB, -Estudio De Ingeniería Básica, 2019.

PTAR SAB.

Alternativa 1. Construcción de nueva planta en el sitio actual, la cual considera una planta de tratamiento en tres módulos de 600 l/s intercomunicados, a fin de aumentar la resiliencia ante posibles agentes disruptores, por lo que ante una eventualidad será más rápida su estabilización; la capacidad total de la PTAR será de 1800 l/s, suficiente para atender el saneamiento hasta el año 2050. A fin de no tener infraestructura ociosa se hace el planteamiento de construir en dos etapas; la primera consiste en la construcción de dos módulos de 600 l/s, que tendrán capacidad para atender el saneamiento hasta el año 2030; es de mencionar que el sistema de pretratamiento será proyectado para el gasto total. A continuación, se presentan los principales valores arrojados por el análisis de dimensionamiento.

Tabla 113. Gastos de diseño de PTAR SAB, en un horizonte de 30 años.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------------|-------|--------|
| Gasto medio | 1,800 | l/s |
| Gasto mínimo | 900 | l/s |
| Gasto máximo | 3,600 | l/s |
| Módulos de tratamiento | 3 | - |
| Gasto medio por módulo | 600 | l/s |
| Qmax por módulo | 1,200 | l/s |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 114. Tabla resumen de diseño de la PTAR SAB.

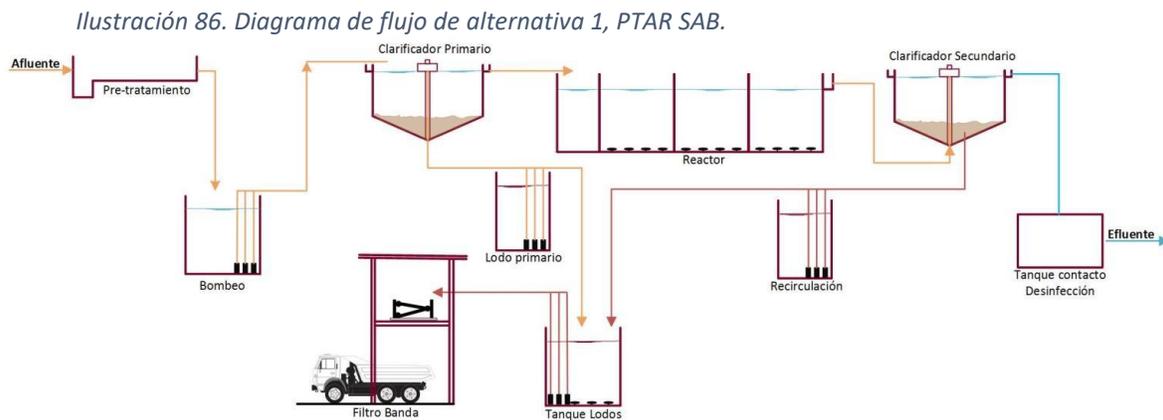
| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|-----------------|----------------|
| PRETRATAMIENTO | | |
| Caudal medio para pretratamiento | 1,800 | l/s |
| Canal desarenador (altura, ancho, largo) | 1.06 x 2.8 x 18 | m |
| Desbaste fino, limpieza mecánica (criba escalonada 3.0 mm) | 3 | unidades |
| SEDIMENTADOR PRIMARIO | | |
| Número de sedimentadores | 2 | unidades |
| Caudal de entrada | 626.5 | l/s |
| Área superficial | 1,595 | m ² |
| Profundidad útil | 3 | m |
| Diámetro | 45 | m |
| Altura central espejo de agua | 4.6 | m |
| Tiempo de retención hidráulica Qmed | 1.58 | h |
| REACTOR BIOLÓGICO | | |
| Número de reactores | 2 | unidades |
| Qmed | 626.5 | l/s |
| Volumen | 10,140 | m ³ |
| Altura | 5 | m |
| Largo | 78 | m |
| Ancho | 26 | m |
| Tiempo de retención hidráulica | 4.7 | h |
| Producción de lodos | 39,433 | Kg/d |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

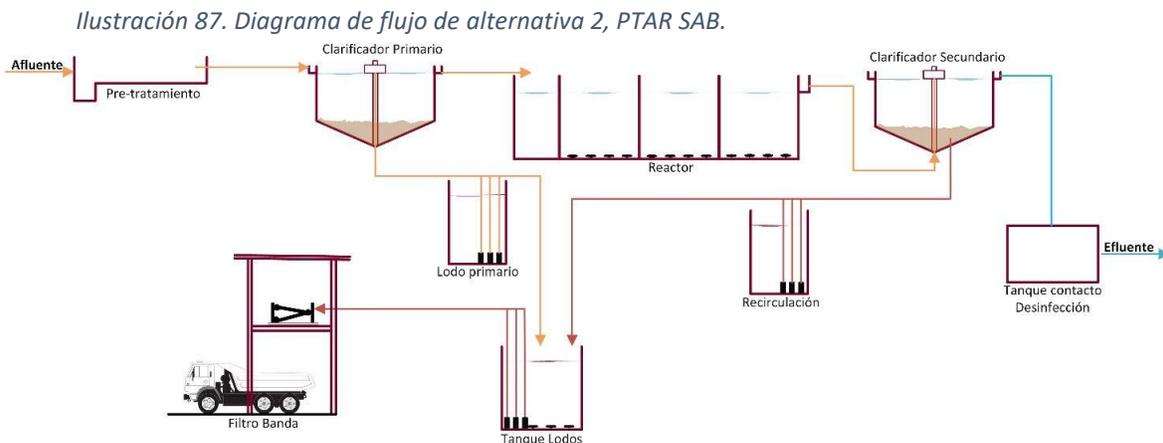
| Parámetro | Valor | Unidad |
|--------------------------------|--------|----------------|
| Potencia (aireación) | 700 | HP |
| SEDIMENTADOR SECUNDARIO | | |
| Gasto medio con recirculación | 960 | l/s |
| Área superficial | 2073.6 | m ² |
| Profundidad útil | 3.5 | m |
| Diámetro | 51.38 | m |
| Volumen | 4941 | m ³ |

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Construcción de una planta de lodos activados en un nuevo sitio. Esta alternativa requiere la compra de al menos 10 hectáreas de terreno en una zona baja en el cañón de San Antonio de Los Buenos; tendrá las mismas características que la alternativa 1, a excepción de no contar con cárcamo de bombeo, lo que permite disminuir la dependencia de equipos electromecánicos; asimismo, permite tener mayor certeza en el tratamiento del agua que escurre de la subcuenca San Antonio de Los Buenos (Tecolote La Gloria), debido a que el sitio seleccionado es el punto más bajo de esta subcuenca.



Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 3. Dar tratamiento a las aguas residuales en la planta internacional de tratamiento de aguas residuales. Esta alternativa presenta la ventaja de eliminar la dependencia del bombeo de las aguas residuales de la PB1-B, con lo que se elimina el riesgo de derrame con impacto transfronterizo por fallas en el sistema de alejamiento (bombeos y línea de impulsión y conducción). El gasto considerado para atender las necesidades de tratamiento será de 25 MG o 1095 l/s adicionales a los ya convenidos. Esta alternativa tiene la desventaja de dejar de atender las subcuencas Matadero Laureles y Playas.

PTAR La Morita.

Alternativa 1. Esta alternativa se refiere a la construcción de un módulo adicional en el actual predio de la PTAR La Morita que, de acuerdo con el análisis realizado por cuenca para el año 2050, se requiere tratar un caudal adicional de 127 l/s. La alternativa incluye la construcción de un sistema de tratamiento de lodos activados en su modalidad aireación extendida, tipo carrusel, con remoción de nutrientes (fósforo y nitrógeno), y un acondicionamiento de los biosólidos mediante la digestión aerobia y deshidratación mecánica.

Esta alternativa depende de la continuidad de la operación de los cárcamos de bombeo La Encantada y Fideicomiso El Florido; este último envía sus aguas a la PTAR Arturo Herrera. Al continuar operando este cárcamo no se tendría capacidad para tratar las aguas residuales de la subcuenca Cueros de Venado, por lo que esta agua deberá trasvasarse a la PTAR SAB. A continuación, se presentan los principales valores arrojados por el análisis de dimensionamiento.

Tabla 115. Gastos de diseño de PTAR La Morita en un horizonte de 30 años.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------------|-------|--------|
| Gasto medio | 127 | l/s |
| Gasto mínimo | 63.5 | l/s |
| Gasto máximo | 228.6 | l/s |
| Módulos de tratamiento | 1 | - |
| Gasto medio por módulo | 127 | l/s |
| Qmex | 342.9 | l/s |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 116. Tabla resumen de diseño de la PTAR La Morita.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|---------------------|---------------------|
| PRETRATAMIENTO | | |
| Canal desarenador (altura, ancho, largo) | 1.06 x 1.08 x 16.57 | m |
| Desbaste fino, limpieza mecánica (criba escalonada 3.0 mm) | 2 | unidades |
| REACTOR BIOLÓGICO | | |
| Qmed | 130.2 | l/s |
| Qmax | 351.5 | l/s |
| Qmin | 65.1 | l/s |
| Volumen | 9856.5 | m ³ |
| Requerimientos de agitación | 8.8 | HP |
| Tiempo de retención celular | 12.5 | d |
| Requerimiento de aire nominal | 38.15 | m ³ /min |
| Volumen reactor anaerobio | 273.4 | m ³ |
| Potencia requerida para mezcla, tanque anaerobio | 14 | HP |
| Volumen reactor anóxico | 571.5 | m ³ |



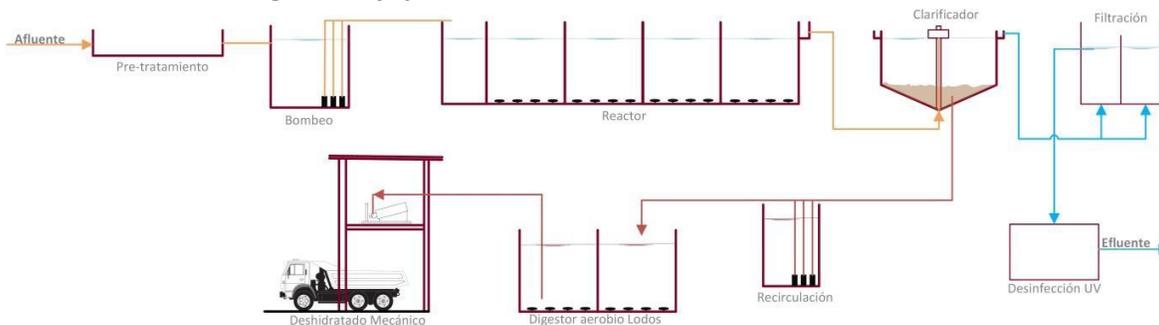
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Parámetro | Valor | Unidad |
|---|--------|------------------------------------|
| Potencia requerida para mezcla tanque anaerobio | 13.4 | HP |
| SEDIMENTADOR SECUNDARIO | | |
| Área superficial | 12 | m ³ / m ² -d |
| Diámetro | 35 | M |
| Altura | 4.3 | M |
| Volumen | 4,134 | m ³ |
| FILTRACIÓN | | |
| Filtración número de módulos | 2 | módulos |
| Espesor del medio | 1.5 | M |
| Caudal de retrolavado | 183.1 | l/s |
| Potencia de sopladores retrolavados | 100 | HP |
| DESINFECCIÓN | | |
| Número de lámparas UV | 48 | lámparas |
| MANEJO DE LODOS | | |
| Caudal de lodos a espesar | 367 | m ³ /d |
| Purga de lodo | 97.8 | m ³ /d |
| Volumen digestor aerobio de lodos | 1272.5 | m ³ |
| Oxígeno requerido | 1722.4 | kg/d |
| Capacidad del soplador de digestor | 957 | lcfm |
| Tanque-cárcamo-espesador de manejo de lodos | 195 | m ³ |
| Producción de lodo | 176.9 | m ³ /d |

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra el diagrama en el cual se ilustran las relaciones entre los diferentes procesos.

Ilustración 88. Diagrama de flujo de la alternativa 1, PTAR La Morita



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Esta alternativa se refiere a la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales en el predio aledaño al cárcamo de bombeo Fideicomiso El Florido, para un caudal promedio de 169 l/s, del tipo lodos activados en su modalidad aireación extendida, carrusel, con remoción de nutrientes (fósforo y nitrógeno) y un acondicionamiento de los biosólidos, mediante la digestión aerobia y deshidratación mecánica.

Esta alternativa presenta mayor resiliencia al dejar de operar varios cárcamos de bombeo: La Encantada, Fideicomiso El Florido y los ubicados en la subcuenca Cueros de Venado, al construir el colector correspondiente. A continuación, se muestran los principales valores arrojados por el análisis de dimensionamiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 117. Gastos de diseño en un horizonte de 30 años.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------------|-------|--------|
| Gasto medio | 169 | l/s |
| Gasto mínimo | 84.5 | l/s |
| Gasto máximo | 473 | l/s |
| Módulos de tratamiento | 1 | - |

Fuente: elaboración propia.

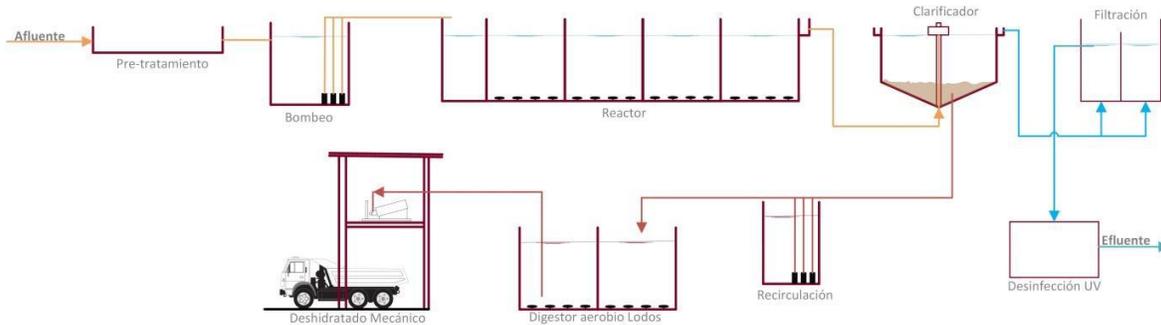
Tabla 118. Tabla resumen de diseño de la PTAR

| Parámetro | Valor | Unidad |
|--|---------------------|-----------------------------------|
| PRETRATAMIENTO | | |
| Canal desarenador (altura, ancho, largo) | 1.06 x 1.08 x 16.57 | M |
| Desbaste fino, limpieza mecánica (criba escalonada 3.0 mm) | 2 | unidades |
| REACTOR BIOLÓGICO | | |
| Qmed | 130.2 | l/s |
| Qmex | 351.5 | l/s |
| Qmin | 65.1 | l/s |
| Volumen | 9856.5 | m ³ |
| Requerimientos de agitación | 8.8 | HP |
| Tiempo de retención celular | 12.5 | D |
| Requerimiento de aire nominal | 38.15 | m ³ /min |
| Volumen reactor anaerobio | 273.4 | m ³ |
| Potencia requerida para mezcla, tanque anaerobio | 14 | HP |
| Volumen reactor anóxico | 571.5 | m ³ |
| Potencia requerida para mezcla, tanque anaerobio | 13.4 | HP |
| SEDIMENTADOR SECUNDARIO | | |
| Área superficial | 12 | m ³ /m ² -d |
| Diámetro | 35 | M |
| Altura | 4.3 | M |
| Volumen | 4,134 | m ³ |
| Filtración | | |
| Filtración número de módulos | 2 | módulos |
| Espesor del medio | 1.5 | M |
| Caudal de retrolavado | 183.1 | l/s |
| Potencia de sopladores retrolavados | 100 | HP |
| DESINFECCIÓN | | |
| Numero de lámparas UV | 48 | lámparas |
| MANEJO DE LODOS | | |
| Caudal de lodos a espesar | 367 | m ³ /d |
| Purga de lodo | 97.8 | m ³ /d |
| Volumen digestor aerobio de lodos | 1272.5 | m ³ |
| Oxígeno requerido | 1722.4 | kg/d |
| Capacidad del soplador de digestor | 957 | lcfm |
| Tanque-cárcamo-espesador de manejo de lodos | 195 | m ³ |
| Producción de lodo | 176.9 | m ³ /d |

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran el diagrama en el cual se ilustran las relaciones entre los diferentes procesos.

Ilustración 89. Diagrama de flujo de alternativa 1, PTAR La Morita.



Fuente: elaboración propia.

3.2.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

Sistema de infiltración en Valle de Las Palmas.

Para la línea de impulsión del efluente de la planta de tratamiento Arturo Herrera se consideraron los 291 l/s generados en su cuenca, más 100 l/s trasvasados del colector Poniente, a través del sistema de bombeo propuesto en el cañón del Sainz, y 79 l/s trasvasados de la cuenca Cueros de Venado, resultando en un flujo medio de 470 l/s que, de acuerdo con la experiencia de operación en esta planta, se considera que llega a tener picos del 50 % por arriba del gasto medio, lo que da un gasto de 705 l/s.

De manera similar el gasto estimado en las cuencas Matanuco y Matanuco Sur fue de 423 l/s. Se consideró que la planta La Morita tratará 254 l/s, mientras el diferencial de 169 l/s será tratado en la planta propuesta Matanuco, más el factor pico del 50 %, resultando en 634 l/s. La acumulación de ambos flujos suma un gasto de 1339.5 l/s, tomándose como base de diseño el gasto redondeado de 1340 l/s. Para poder unir el efluente de la planta La Morita con la nueva planta, se consideró la construcción de un colector de 76 cm de diámetro.

Tabla 119. Cálculo hidráulico del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1

| Tramo | Gasto (l/s) | Long. Tubería (m) | Diámetro (m) | Velocidad (m/s) | Perdidas (m) | Carga Total (m) | Potencia calculada (HP) | Potencia (HP) |
|----------|-------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------|---------------|
| PB AH | 705 | 2,469 | 0.760 | 1.546 | 7.34 | 202.3 | 2,682 | 3,750 |
| PB LM | 635 | 1,066 | 0.210 | 2.174 | 7.72 | 174.7 | 2,083.87 | 3,000 |
| AH-LM | 1,340 | 30,359 | 1.220 | 1.147 | 30.06 | | | |
| Colector | 826.8 | 3,045 | 0.760 | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 120. Cálculo hidráulico del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 2.

| Tramo | Gasto (l/s) | Long. Tubería (m) | Diámetro (m) | Velocidad (m/s) | Perdidas (m) | Carga Total (m) | Potencia calculada (HP) | Potencia (HP) |
|----------|-------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|-------------------------|---------------|
| PB AH | 705 | 1,383 | 0.610 | 2.416 | 12.18 | 96.18 | 1,275 | 1,800 |
| PB LM | 1,340 | 17,414 | 1.067 | 1.499 | 33.02 | 342 | 8,612 | 12,500 |
| AH | 705 | 2,539 | 0.762 | 1.546 | 7.43 | | | |
| AH-LM | 1,340 | 9,210 | 0.914 | 2.040 | 36.97 | | | |
| Colector | 826.8 | 3,045 | 0.760 | | | | | |

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA

Los escurrimientos que fluyen por el río Tijuana en temporada de estiaje son captados por la estación de bombeo PBCILA, en cumplimiento del Acta 283 de la CILA. El sistema de bombeo tiene una gran dependencia de los componentes electromecánicos, por lo que en caso de falla los escurrimientos se derivan al estuario del río Tijuana y al océano Pacífico, afectando las playas de Imperial Beach, Ca. EE. UU. Buscando tener obras con mayor resiliencia, se propone evitar la dependencia del sistema de bombeo, trabajando a gravedad, por lo que se robustecerá la obra de defensa, al quedarla PB-CILA como respaldo para operar en los casos de algún inconveniente de la línea a gravedad o ante un eventual aumento en el caudal de aguas en el río Tijuana, provocado por fugas, tanto de agua potable como el colapso del alcantarillado sanitario. Con esta obra se contará con un sistema redundante para evitar los flujos transfronterizos.

Alternativa 1. Construcción de obra de toma a gravedad con conexión a línea morada, tramo recto con PEAD 48". Consiste en la construcción de una obra de toma en el río Tijuana, mediante el hincado de 77 metros lineales de tubería de acero de 48", suministro e instalación de 850 m PEAD corrugado de 48" de diámetro, conexión de la obra de toma con línea de morada en PB-CILA, así como la construcción de caja derivadora, a fin de tener capacidad de enviar agua al colector Internacional; incluye la construcción de obra de toma, rejillas de limpieza manual en el río y el suministro e instalación de válvula tipo cuchilla, de 48", fabricada en cuerpo en acero al carbón, cuchilla, asiento y vástago en acero inoxidable T-304, con actuador manual de engranes y volante de hierro; incluye el proyecto ejecutivo. Con esta obra se contará con un sistema redundante para evitar los flujos transfronterizos.

Ilustración 90. Trazo propuesto para la construcción de la nueva obra de toma a gravedad PB-CILA.



Fuente: elaboración propia.

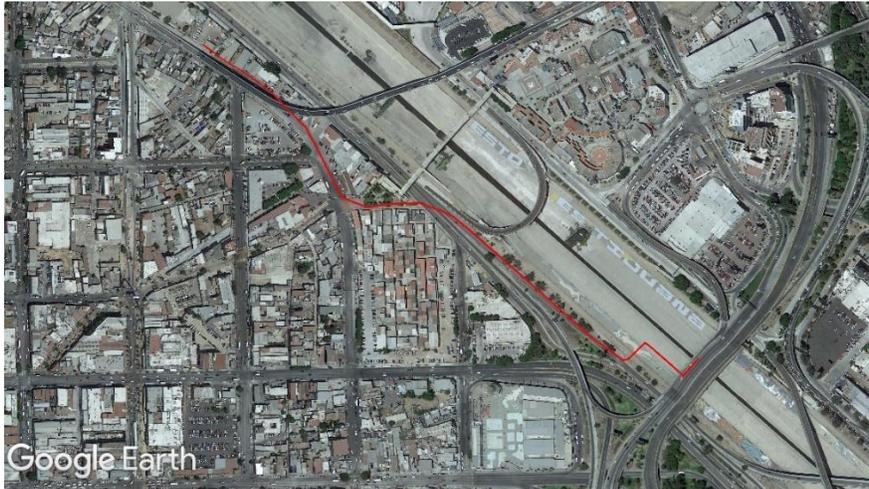
Alternativa 2. Construcción de obra de toma a gravedad con conexión a línea morada, tramo recto con PVC FR 48". Consiste en la construcción de obra de toma en el río Tijuana instalando 80 metros lineales de tubería por debajo de la plantilla del río Tijuana para después, mediante el hincado de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

77 metros lineales de tubería de acero de 48", hacer el cruce del bordo del río Tijuana. Y suministro e instalación de 770 m PVC FR de 48" de diámetro, conexión de la obra de toma con línea morada en PB-CILA, así como la construcción de caja derivadora, a fin de tener capacidad de enviar agua al colector Internacional; abarca la construcción de la obra de toma, rejillas de limpieza manual en el río, y el suministro e instalación de válvula tipo cuchilla de 48", fabricada en cuerpo en acero al carbón, cuchilla, asiento y vástago en acero inoxidable T-304, con actuador manual de engranes con volante de hierro; incluye el proyecto ejecutivo. Con esta obra se contará con un sistema de respaldo para evitar los flujos transfronterizos. Esta alternativa tiene la ventaja de poder instalar en la rampa de acceso al río Tijuana la válvula tipo cuchilla, sin afectar el tránsito vehicular.

Ilustración 91. Trazo propuesto para la construcción de la nueva obra de toma a gravedad PB-CILA.



Fuente: elaboración propia.

Construcción de sitio para la disposición de biosólidos de la PTAR.

El sitio de disposición de lodos se encuentra saturado, por lo que los residuos se están colocando con una empresa privada; sin embargo, estos se encuentran muy cercanos a la mancha urbana, por lo que tienen impactos en la población, además de que no está garantizada la continuidad en la prestación del servicio. Para esta problemática se presentan las siguientes alternativas.

Alternativa 1. Continuar con subcontratación de una empresa para la prestación del servicio de disposición final de los residuos generados a partir del tratamiento de las aguas residuales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 92. Ubicación de la empresa donde se disponen los biosólidos.



Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. La alternativa es la construcción y puesta en marcha de un incinerador para la reducción del volumen de los lodos y su manejo final, mediante celdas de mono relleno; el sitio estudiado es un predio aledaño al cárcamo Matadero; en esta opción se estudió la construcción de lodoductos para disminuir costos por el acarreo, de acuerdo con lo propuesto en el Plan Maestro de Lodos.

Ilustración 93. Ubicación del sitio estudiado para la instalación del incinerador.



Fuente: Plan Maestro de Lodos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 3. Consiste en la compra y habilitación de celdas de confinamiento, en un terreno de 142 hectáreas, para un horizonte de vida de 30 años. Este sitio alcanzará para disponer de lodos y biosólidos generados por tratamiento de aguas residuales en la PITAR.

Ilustración 94. Ubicación del sitio privado utilizado para disponer biosólidos.



Fuente: elaboración propia, con información de Plan Maestro de Lodos.

Sistema de telemetría

Para que los sistemas de bombeo trabajen de forma remota, es necesario realizar modificaciones a los sistemas, con el fin de determinar a detalle los requerimientos para la implementación del Sistema SCADA. A continuación, se presentan los objetivos generales que debe contener el sistema.

Centro de Control. Se requiere una base donde se concentre tanto el personal como la información; este centro de control deberá contar con equipo de cómputo y software de monitoreo en tiempo real, así como con un video muro y un sistema redundante consistente en dos servidores de idénticas características, de forma que en caso de que uno falle el respaldo entre en funcionamiento, a fin de no interrumpir la operación del sistema de telemetría.

Actualización de equipos, sistemas de control (UTR) y sensores en los principales centros, como son PB-CILA, PB1 (A y B), Matadero, Laureles (I y II), cárcamo Playas, PTAR SAB, PTAR La Morita, PTAR Arturo Herrera, entre otras.

Video vigilancia. El sistema deberá tener capacidad para la comunicación de alta velocidad, por lo que tendrá que ser capaz de transmitir video en tiempo real.

El sistema de telemetría deberá tener capacidad para seguir creciendo, así como para absorber nuevos centros de trabajo, por lo que será necesario que los equipos de comunicación tengan uso libre de licencias o, en caso contrario, el proveedor deberá dar los permisos correspondientes, con sus respectivos certificados de homologación.

Con la finalidad de mejorar la operación, se presentan con fines comparativos las siguientes alternativas.

Alternativa 1. Continuar operando de manera manual los cárcamos, considerando que todas las instalaciones cuenten las 24 horas con operador o guardia, según las dimensiones y labores que



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

desempeñan; para el cálculo del número de operadores se tomó como base que estos laboran 35 h. a la semana y los guardias 45 h; de igual manera, se consideró la adquisición de dos unidades para el traslado de los rondines.

Alternativa 2. La implementación de un sistema de control remoto, el cual será contralado desde las instalaciones de la PB1. Es de mencionar que con esta medida no se deja de tener operadores; sin embargo, tampoco se contempla la contratación de nuevo personal. Otra ventaja que ofrece este sistema es el histórico de la instalación; es decir, la bitácora electrónica, en la cual de manera automática se anotarán, entre otras cosas, las horas de operación, los caudales recibidos y bombeados y temperaturas de los equipos, así como sistema de video vigilancia.

OBSERVACIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en este programa, se dimensionó la infraestructura necesaria para cubrir la demanda al 2050, de forma que en algunos proyectos pudiera parecer sobrada.

CONCLUSIONES

Con la implementación de una infraestructura con las dimensiones propuestas se resolverían, en gran medida, los compromisos binacionales.

3.3 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.

En los siguientes subcapítulos se presentan, tanto los costos de inversión, como los de operación y mantenimiento de las alternativas propuestas para los sistemas de saneamiento; estos costos se estimaron con base en las condiciones actuales de operación de la CESPT de una manera reservada (antepresupuesto).

Resulta relevante para el análisis de inversión del recurso público el análisis de los indicadores expuestos, sobre todo el del valor presente de los costos, ya que, además de considerar el monto de inversión, se incluyen los costos de operación y mantenimiento, lo que ayuda a la mejor toma de decisiones para coadyuvar al éxito de la implementación del sistema y que es un tema en el que se ha adolecido en los últimos años.

3.3.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los costos de inversión, operación y mantenimiento de las distintas alternativas planteadas.

Tabla 121. Resumen de la comparativa de costos de alternativas de colectores.

| Proyecto | Indicador | Alternativa 1 | Alternativa 2 |
|--|------------------------|---------------|---------------|
| Rehabilitación del interceptor Internacional | Inversión total | 467,637,313 | 395,000,000 |
| | Año 1 | 123,818,656 | 110,757,040 |
| | Año 2 | 123,818,656 | 110,757,040 |
| | VPC | 483,798,329 | 458,642,623 |
| | Costos medios de O & M | 2,373 | 2,373 |
| | Inversión total | 115'600,000 | 152,490,960 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Proyecto | Indicador | Alternativa 1 | Alternativa 2 |
|--|------------------------|---------------|---------------|
| Rehabilitación del colector Insurgentes | Año 1 | 65,342,862 | 76,245,480 |
| | Año 2 | 65,342,862 | 76,245,480 |
| | VPC | 150,957,983 | 176,145,695 |
| | Costos medios de O & M | 8,551 | 21,860 |
| Rehabilitación del colector Oriente | Inversión total | 314'240,000 | 320'000,000 |
| | Año 1 | 89,037,640 | 99,600,651 |
| | Año 2 | 89,037,640 | 99,600,651 |
| | Año 3 | 89,037,640 | 99,600,651 |
| | VPC | 324,842,956 | 329,821,751 |
| | Costos medios de O & M | 5,536 | 6,193 |
| Rehabilitación del colector Poniente | Inversión total | 28'174,000 | 35,359,702 |
| | Año 1 | 20,299,752 | 24,359,702 |
| | VPC | 28,553,515 | 38,613,465 |
| | Costos medios de O & M | 641 | 641 |
| Rehabilitación del colector Poniente Viejo | Inversión total | 50,990,000 | 55,111,105 |
| | Año 1 | 20,930,000 | 25,111,105 |
| | VPC | 55,310,896 | 59,496,080 |
| | Costos medios de O & M | 8,361 | 8,361 |
| Rehabilitación del colector Rosario Castellanos | Inversión total | 37,170,000 | 39,768,403 |
| | Año 1 | 24,810,000 | 29,768,403 |
| | VPC | 40,005,248 | 44,966,649 |
| | Costos medios de O & M | 4,754 | 4,754 |
| Rehabilitación del colector Industrial | Inversión total | 108,260,000 | 179'580,000 |
| | Año 1 | 77'000,000 | 79'580,000 |
| | VPC | 110'519,512 | 184'597,587 |
| | Costos medios de O & M | 5780 | 6964 |
| Rehabilitación línea de impulsión de cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | Inversión total | 17'240,000 | 22'587,000 |
| | Año 1 | 17'240,000 | 22'587,000 |
| | VPC | 19'780,000 | 25'832,560 |
| | Costos medios de O & M | 4650 | 5890 |
| Rehabilitación del colector Sánchez Taboada | Inversión total | 11,870,000 | 13,447,691 |
| | Año 1 | 11,870,000 | 13,447,691 |
| | VPC | 12,870,725 | 15,795,966 |
| | Costos medios de O & M | 749 | 749 |
| Rehabilitación emisor Líneas Cuatas | Inversión total | 31'830,000 | 32,515,480 |
| | Año 1 | 31'830,000 | 32,515,480 |
| | VPC | 50,839,928 | 38,119,471 |
| | Costos medios de O & M | 751 | 548 |
| Construcción colector Costero 2 | Inversión total | 152'560,000 | 186'200,928 |
| | Año 1 | 120'390,580 | 145'126,140 |
| | VPC | 171'482,000 | 192'259,352 |
| | Costos medios de O & M | 8950 | 9750 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Rehabilitación del interceptor Internacional

Alternativa 1. Sustitución de los tramos a cielo abierto, mediante instalación de tubería de hierro dúctil a zanja abierta.

Tabla 122. Presupuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 1

| Conceptos | Importe |
|---|---------------|
| Corte de concreto asfáltico y concreto hidráulico | 3,059,945.13 |
| Demoliciones | 5,910,256.20 |
| Acarreos | 11,090,218.07 |
| Excavaciones | 37,567,039.24 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Conceptos | Importe |
|---|-----------------------|
| Desmantelamiento de infraestructura | 9,084,965.00 |
| Bypass de colector | 82,283,441.44 |
| Suministro e instalación de tubería de hierro dúctil de 72" | 136,969,798.42 |
| Suministro e instalación de protección catódica faltante | 67,830,598.96 |
| Reposición de equipo de transporte para personal, con el fin de realizar las actividades inherentes al departamento de mantenimiento Protección Catódica. | 1,631,016.49 |
| Desazolve y sellado de pozos y cajas | 3,829,064.48 |
| Construcción de cajas | 23,694,821.43 |
| Obras de protección entre túneles | 4,516,822.90 |
| Construcción de cunetas y alcantarillas para protección del camino | 12,591,865.39 |
| Rellenos | 49,685,051.87 |
| Concreto prefabricado | 1,936,916.97 |
| Carpeta de concreto asfáltico | 5,268,514.50 |
| Obra civil | 8,864,296.89 |
| Limpieza general y desazolve | 1,822,679.61 |
| INVERSIÓN | 467,637,313.00 |
| Operación | 1,107,570.40 |
| Mantenimiento | 3,322,711.20 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 4,430,281.60 |

Fuente: Evaluación Socioeconómica, Soluciones en Administración y Evaluación, S.C.

Alternativa 2. Rehabilitación de los tramos con manga de material fibra poliéster.

Tabla 123. Presupuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 2

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| Terracerías | 544,065.81 |
| Reparaciones y reposiciones | 5,885.36 |
| Rupturas y desinstalaciones | 2,106,663.24 |
| Albañilería | 415,110.10 |
| Acarreos | 202,255.25 |
| Señalamientos | 869,128.08 |
| Ademes | 56,462.68 |
| Suministro e instalación | 389,822,495.89 |
| Impermeabilización y rehabilitación | 977,933.59 |
| INVERSIÓN | 395,000,000.00 |
| Operación | 1,107,570.40 |
| Mantenimiento | 3,322,711.20 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 4,430,281.60 |

Fuente: Proyecto ejecutivo, CESPT.

Alternativa 3. No acción

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo de colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$1,107,570.40, y los de mantenimiento en \$6,645,422.40, para un total de \$7,752,882.80 pesos anuales.

Rehabilitación del colector Insurgentes.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo paralelo al existente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 124. Presupuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| Terracerías | 31,732,853.39 |
| Reparaciones y reposiciones | 43,175.19 |
| Suministro e instalación | 52,446,708.85 |
| Albañilería | 1,205,086.53 |
| Acarreos | 4,160,871.56 |
| Señalamientos | 233,487.68 |
| Ademes | 7,907,006.70 |
| Reparaciones y reposiciones | 652,157.29 |
| Protecciones y registros | 9,475,844.94 |
| Sobreacarreos | 687,408.80 |
| Estudios y proyectos | 7,055,399.06 |
| INVERSIÓN | 115,600,000.00 |
| Operación | 613,548.00 |
| Mantenimiento | 1,840,644.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 2,454,192.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo alterno por vialidades secundarias.

Tabla 125. Presupuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| Terracerías | 41,859,630.43 |
| Reparaciones y reposiciones | 56,953.51 |
| Suministro e instalación | 69,183,814.73 |
| Albañilería | 1,589,660.91 |
| Acarreos | 5,488,713.66 |
| Señalamientos | 307,999.66 |
| Ademes | 10,430,337.73 |
| Reparaciones y reposiciones | 860,277.60 |
| Protecciones y registros | 12,499,832.97 |
| Sobreacarreos | 906,778.79 |
| Estudios y proyectos | 9,306,960.00 |
| INVERSIÓN | 152,490,960.00 |
| Operación | 715,920.00 |
| Mantenimiento | 2,147,760.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 2,863,680.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo de colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$613,548.00, y los de mantenimiento en \$3,681,288.00, para un total de \$4,294,836.00 anuales.

Rehabilitación del colector Oriente.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 126. Presupuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------|--|
| Terracerías | 86,260,656.15 |
| Reparaciones y reposiciones | 117,364.80 |
| Suministro e instalación | 142,567,939.36 |
| Albañilería | 3,275,833.84 |
| Acarreos | 11,310,659.87 |
| Señalamientos | 634,698.69 |
| Ademes | 21,493,925.47 |
| Reparaciones y reposiciones | 1,772,784.67 |
| Protecciones y registros | 25,758,559.81 |
| Sobreacarreos | 1,868,610.22 |
| Estudios y proyectos | 19,178,967.13 |
| | INVERSIÓN |
| | 314,240,000.00 |
| Operación | 1,254,051.27 |
| Mantenimiento | 3,762,153.81 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 5,016,205.08 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de una sección de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en un trazo alterno por vialidades secundarias, y otra sección utilizando el mismo procedimiento por el trazo actual del colector.

Tabla 127. Presupuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------|--|
| Terracerías | 47,665,405.04 |
| Reparaciones y reposiciones | 107,418.21 |
| Suministro e instalación | 196,964,608.43 |
| Albañilería | 2,998,209.09 |
| Acarreos | 6,249,977.77 |
| Señalamientos | 580,908.40 |
| Ademes | 19,672,329.62 |
| Reparaciones y reposiciones | 1,622,542.34 |
| Protecciones y registros | 23,575,539.04 |
| Sobreacarreos | 1,032,545.63 |
| Estudios y proyectos | 19,530,516.43 |
| | INVERSIÓN |
| | 320,000,000 |
| Operación | 1,402,826.07 |
| Mantenimiento | 4,208,478.21 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 5,611,304.28 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo a colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$1,254,051.27, y los de mantenimiento en \$7,524,307.62, para un total de \$8,778,358.89 anuales.

Rehabilitación del colector Poniente.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 128. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 1

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Terracerías | 7,733,922.24 |
| Reparaciones y reposiciones | 10,522.65 |
| Suministro e instalación | 12,782,297.36 |
| Albañilería | 293,703.35 |
| Acarreos | 1,014,086.47 |
| Señalamientos | 56,905.55 |
| Ademes | 1,927,093.49 |
| Reparaciones y reposiciones | 158,943.60 |
| Protecciones y registros | 2,309,450.30 |
| Sobreacarreos | 167,535.08 |
| Estudios y proyectos | 1,719,539.92 |
| INVERSIÓN | 28,174,000.00 |
| Operación | 95,304.00 |
| Mantenimiento | 285,912.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | \$ 381,216.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Tabla 129. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Terracerías | 2,428,729.17 |
| Reparaciones y reposiciones | 11,014.96 |
| Suministro e instalación | 25,422,634.21 |
| Albañilería | 307,444.65 |
| Acarreos | 318,459.53 |
| Señalamientos | 59,567.95 |
| Ademes | 2,017,255.07 |
| Reparaciones y reposiciones | 166,379.98 |
| Protecciones y registros | 2,417,500.94 |
| Sobreacarreos | 52,612.03 |
| Estudios y proyectos | 2,158,103.90 |
| INVERSIÓN | 25,359,702.40 |
| Operación | 95,304.00 |
| Mantenimiento | 285,912.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | \$ 381,216.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo a colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$95,304.00, y los de mantenimiento en \$571,824.00, para un total de \$667,128.00 anuales.

Rehabilitación del colector Rosario Castellanos.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 130. Presupuesto para la rehabilitación del colector Rosario Castellanos, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Terracerías | 10,203,375.09 |
| Reparaciones y reposiciones | 13,882.54 |
| Suministro e instalación | 16,863,703.87 |
| Albañilería | 387,483.27 |
| Acarreos | 1,337,885.79 |
| Señalamientos | 75,075.58 |
| Ademes | 2,542,417.30 |
| Reparaciones y reposiciones | 209,694.52 |
| Protecciones y registros | 3,046,861.21 |
| Sobreacarreo | 221,029.28 |
| Estudios y proyectos | 2,268,591.55 |
| INVERSIÓN | 37,170,000.00 |
| Operación | 116,464.80 |
| Mantenimiento | 349,394.40 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 465,859.20 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Tabla 131. Presupuesto para la rehabilitación del colector Rosario Castellanos, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Terracerías | 2,731,546.74 |
| Reparaciones y reposiciones | 12,388.33 |
| Suministro e instalación | 28,592,366.28 |
| Albañilería | 345,777.31 |
| Acarreos | 358,165.56 |
| Señalamientos | 66,994.97 |
| Ademes | 2,268,769.44 |
| Reparaciones y reposiciones | 187,124.48 |
| Protecciones y registros | 2,718,918.59 |
| Sobreacarreo | 59,171.77 |
| Estudios y proyectos | 2,427,179.53 |
| INVERSIÓN | 39,768,403.00 |
| Operación | 116,464.80 |
| Mantenimiento | 349,394.40 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 465,859.20 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo a colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$116,464.80, y los de mantenimiento en \$698,788.80, para un total de \$815,253.60 anuales.

Rehabilitación del colector Poniente Viejo.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo del colector existente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 132. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente Viejo, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Terracerías | 13,997,043.20 |
| Reparaciones y reposiciones | 19,044.14 |
| Suministro e instalación | 23,133,717.00 |
| Albañilería | 531,551.58 |
| Acarreos | 1,835,318.69 |
| Señalamientos | 102,989.08 |
| Ademes | 3,487,701.31 |
| Reparaciones y reposiciones | 287,660.02 |
| Protecciones y registros | 4,179,700.12 |
| Sobreacarreos | 303,209.12 |
| Estudios y proyectos | 3,112,065.73 |
| INVERSIÓN | 50,990,000.00 |
| Operación | 98,243.76 |
| Mantenimiento | 294,731.28 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 392,975.04 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de estallamiento o perforación direccional.

Tabla 133. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente Viejo, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Terracerías | 3,785,381.06 |
| Reparaciones y reposiciones | 17,167.75 |
| Suministro e instalación | 39,623,338.67 |
| Albañilería | 479,178.64 |
| Acarreos | 496,346.30 |
| Señalamientos | 92,841.73 |
| Ademes | 3,144,063.67 |
| Reparaciones y reposiciones | 259,317.35 |
| Protecciones y registros | 3,767,880.93 |
| Sobreacarreos | 82,000.33 |
| Estudios y proyectos | 3,363,588.58 |
| INVERSIÓN | 55,111,105.00 |
| Operación | 98,243.76 |
| Mantenimiento | 294,731.28 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 392,975.04 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo de colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$98,243.76, y los de mantenimiento en \$589,462.56, para un total de \$687,706.32 anuales.

Rehabilitación del colector Sánchez Taboada.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo paralelo del colector existente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 134. Presupuesto para la rehabilitación del colector Sánchez Taboada, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------|---|
| Terracerías | 3,470,176.92 |
| Reparaciones y reposiciones | 4,721.47 |
| Suministro e instalación | 5,735,360.66 |
| Albañilería | 131,783.40 |
| Acarreos | 455,016.14 |
| Señalamientos | 25,533.27 |
| Ademes | 864,678.38 |
| Reparaciones y reposiciones | 71,317.28 |
| Protecciones y registros | 1,036,240.20 |
| Sobreacarreos | 75,172.27 |
| Estudios y proyectos | 0.00 |
| | INVERSIÓN 11,870,000.00 |
| Operación | 52,612.25 |
| Mantenimiento | 157,836.74 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) 210,448.99 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PEAD con el método de perforación direccional.

Tabla 135. Presupuesto para la rehabilitación del colector Sánchez Taboada, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------|---|
| Terracerías | 923,672.88 |
| Reparaciones y reposiciones | 4,189.11 |
| Suministro e instalación | 9,668,512.28 |
| Albañilería | 116,924.64 |
| Acarreos | 121,113.73 |
| Señalamientos | 22,654.36 |
| Ademes | 767,184.67 |
| Reparaciones y reposiciones | 63,276.17 |
| Protecciones y registros | 919,402.66 |
| Sobre acarreos | 20,008.94 |
| Estudios y proyectos | 820,751.06 |
| | INVERSIÓN 13,447,690.51 |
| Operación | 52,612.25 |
| Mantenimiento | 157,836.74 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) 210,448.99 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran azolvadas con riesgo de colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$52,612.25, y los de mantenimiento en \$315,673.48, para un total de \$368,285.73 anuales.

Construcción del colector Costero 2.

El trazo de ambas alternativas atraviesa por caminos vecinales y propiedad privada, pero para efectos prácticos todo el trazo es en propiedad privada, ya que los caminos vecinales no se consideran vías públicas. En este sentido, y derivado de que la ubicación del trazo es en predios con vista hacia el mar, se prevé que el costo por metro cuadrado sea por lo menos de 200 dólares, por



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

lo cual, para una servidumbre legal de paso, de acuerdo con las normas vigentes de proyectos, se estima una inversión de más de 308 mdp para la alternativa 1, y de más de 345 mdp para la alternativa 2, lo que triplicaría la inversión identificada para la construcción del proyecto. Por esto el análisis de costos no contempla la compra de las servidumbres; sin embargo, el organismo operador deberá liberar las servidumbres legales de paso, con base en la posibilidad de otorgar el servicio de alcantarillado sanitario para los predios afectados, dado que la infraestructura proyectada contempla las aportaciones del desarrollo urbano de esos predios y sus alrededores.

Alternativa 1. Suministro e instalación de tubería de PVC a zanja abierta en caminos vecinales y propiedad privada; incluye puente y sifón para cruce de dos arroyos.

Tabla 136. Presupuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| Terracerías | 43,301,640.92 |
| Reparaciones y reposiciones | 58,915.49 |
| Suministro e instalación | 71,567,108.27 |
| Albañilería | 1,644,422.69 |
| Acarreos | 5,677,792.79 |
| Señalamientos | 318,609.85 |
| Ademes | 10,789,649.47 |
| Reparaciones y reposiciones | 889,913.06 |
| Protecciones y registros | 12,930,436.16 |
| Sobreacarreos | 938,016.16 |
| Estudios y proyectos | 4,443,495.15 |
| INVERSIÓN | 152,560,000.00 |
| Operación | 740,568.00 |
| Mantenimiento | 2,221,704.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 2,962,272.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Suministro e instalación de tubería de PVC a zanja abierta en caminos vecinales y propiedad privada.

Tabla 137. Presupuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| Terracerías | 52,850,063.74 |
| Reparaciones y reposiciones | 71,906.91 |
| Suministro e instalación | 87,348,334.90 |
| Albañilería | 2,007,033.50 |
| Acarreos | 6,929,800.00 |
| Señalamientos | 388,866.34 |
| Ademes | 13,168,869.58 |
| Reparaciones y reposiciones | 1,086,147.34 |
| Protecciones y registros | 15,781,720.06 |
| Sobreacarreos | 1,144,857.62 |
| Estudios y proyectos | 5,423,328.00 |
| INVERSIÓN | 186,200,928.00 |
| Operación | 903,888.00 |
| Mantenimiento | 2,711,664.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 3,615,552.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Seguir operando las cinco plantas de tratamiento, las cuales cuentan con un área de influencia para sanear 12,058 viviendas de 12 fraccionamientos. Estas viviendas producirían un volumen de agua residual de 2,475,576 metros cúbicos, lo cual genera costos de operación por \$20,794,838.40, y de mantenimiento por \$8,912.073.60, para un total de \$29,706,912.00 anuales.

Rehabilitación del emisor Líneas Cuatas.

Alternativa 1. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta en el trazo por la carretera a Playas de Tijuana.

Tabla 138. Presupuesto de la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------|--|
| Terracerías | 9,034,420.75 |
| Reparaciones y reposiciones | 12,292.08 |
| Suministro e instalación | 14,931,705.93 |
| Albañilería | 343,091.08 |
| Acarreos | 1,184,610.28 |
| Señalamientos | 66,474.51 |
| Ademes | 2,251,144.09 |
| Reparaciones y reposiciones | 185,670.77 |
| Protecciones y registros | 2,697,796.17 |
| Sobreacarreo | 195,706.96 |
| Estudios y proyectos | 927,087.38 |
| | INVERSIÓN |
| | 31,830,000 |
| Operación | 202,845.60 |
| Mantenimiento | 608,536.80 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 811,382.40 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Sustitución de los tramos mediante la instalación de tubería de PVC a zanja abierta, en trazo paralelo al emisor existente.

Tabla 139. Presupuesto para la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------|--|
| Terracerías | 8,925,683.04 |
| Reparaciones y reposiciones | 12,144.14 |
| Suministro e instalación | 14,751,988.86 |
| Albañilería | 338,961.65 |
| Acarreos | 1,170,352.39 |
| Señalamientos | 65,674.43 |
| Ademes | 2,224,049.46 |
| Reparaciones y reposiciones | 183,436.04 |
| Protecciones y registros | 2,665,325.67 |
| Sobreacarreo | 193,351.45 |
| Estudios y proyectos | 1,984,512.87 |
| | INVERSIÓN |
| | 32,515,480 |
| Operación | 147,960.00 |
| Mantenimiento | 443,880.00 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 591,840.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que las tuberías se encuentran inaccesibles a la maquinaria necesaria; además tienen riesgo de colapsarse en cualquier momento; para este caso los costos de operación se estiman en \$202,845.60, y los de mantenimiento en \$1,217,073.60, para un total de \$1,419,919.20 anuales.

3.3.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los costos de inversión, operación y mantenimiento de las distintas alternativas planteadas.

Tabla 140. Comparativa de costos de plantas de bombeo.

| Proyecto | Indicador | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|--|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Rehabilitación PB1 A y B | Inversión total | 2,061,551,724 | 1,237,118,793 | 226,000,000 |
| | Año 1 | 824,620,690 | 494,847,517 | 65,518,800 |
| | Año 2 | 618,465,517 | 371,135,638 | 49,139,100 |
| | Año 3 | 618,465,517 | 371,135,638 | 49,139,100 |
| | VPC | 4,060,782,770 | 3,282,545,146 | 533,585,308 |
| | Costos medios de O & M | 207,804 | 108,082 | 19,342 |
| Rehabilitación de la planta de bombeo PB3 (Matadero) | Inversión total | 73,430,000 | 210,129,047 | - |
| | Año 1 | 33,976,578 | 73,545,166 | - |
| | Año 2 | 27,799,018 | 105,064,524 | - |
| | Año 3 | | 31,519,357 | - |
| | VPC | 102,523,706 | 378,750,241 | - |
| | Costos medios de O & M | 23,260 | 24,988 | - |
| Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I | Inversión total | 53,980,000 | 94,724,782 | - |
| | Año 1 | 40,573,038 | 75,779,825 | - |
| | Año 2 | 10,143,259 | 18,944,956 | - |
| | VPC | 86,591,928 | 130,912,725 | - |
| | Costos medios de O & M | 39,246 | 29,990 | - |
| | Consumo de energía | 1,720,855 | 1,789,837 | - |
| Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II | Inversión total | 23,260,000 | 99,851,728 | - |
| | Año 1 | 23,260,000 | 59,911,037 | - |
| | Año 2 | | 39,940,691 | - |
| | VPC | 27,043,769 | 163,093,985 | - |
| | Costos medios de O & M | 35,802 | 49,538 | - |
| | Consumo de energía | 3,488,551 | 3,152,026 | - |
| Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera | Inversión total | 38,720,000 | 97,560,890 | - |
| | Inversión por periodos | | | - |
| | Año 1 | 38,720,000 | 97,560,890 | - |
| | VPC | 47,580,153 | 99,780,960 | - |
| | Costos medios de O & M | 16,046 | 16,289 | - |
| Consumo de energía | 740,759 | 740,759 | - | |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Rehabilitación de la planta de bombeo PB1 (A y B).

Alternativa 1. Se refiere a dejar fuera de operación la PB1-B y enviar las aguas residuales a una nueva PTAR en EE. UU.

Tabla 141. Presupuesto para la alternativa 1

| Conceptos | Importe |
|----------------|------------------|
| Rehabilitación | 2,061,551,724.14 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Conceptos | Importe |
|---------------|--|
| | INVERSIÓN |
| | 2,061,551,724.14 |
| Operación | 182,036,666.38 |
| Mantenimiento | 45,509,166.38 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 227,545,832.76 |

Fuente: elaboración propia con datos CESPT.

Alternativa 2. En esta alternativa se plantea la mezcla de las aguas residuales tratadas que son recolectadas en el río Tijuana con las aguas residuales sin tratar, para ser enviadas y tratadas en una nueva PTAR en SAB.

Tabla 142. Presupuesto para alternativa 2

| Conceptos | Importe |
|----------------|--|
| Rehabilitación | 1,237,118,793.10 |
| | INVERSIÓN |
| | 1,237,118,793.10 |
| Operación | 202,013,090.52 |
| Mantenimiento | 24,742,375.86 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 226,755,466.38 |

Fuente: elaboración propia con datos CESPT.

Alternativa 3. En esta alternativa se plantea la rehabilitación de la PB1, tanto A como B; los costos por dicha rehabilitación se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 143. Presupuesto para rehabilitación de la PB1-A, alternativa 3.

| Conceptos | Importe |
|------------------------------|----------------------|
| 2 trenes motor-bomba 700HP | 55,104,031.21 |
| Centro de control de motores | 1,175,552.67 |
| Obra civil y arquitectónica | 7,347,204.16 |
| Obra de protección lluvia | 14,694,408.32 |
| | INVERSIÓN |
| | 78,321,196.36 |

Fuente: elaboración propia con datos CESPT.

Tabla 144. Presupuesto para rehabilitación de la PB1-B, alternativa 3.

| Conceptos | Importe |
|------------------------------|-----------------------|
| 2 trenes motor-bomba 700HP | 55,104,031.21 |
| Desarenador tipo vortex | 29,388,816.64 |
| Centro de control de motores | 11,755,526.66 |
| Obra civil y arquitectónica | 7,347,204.16 |
| Subestación eléctrica | 44,083,224.97 |
| | INVERSIÓN |
| | 147,678,803.64 |

Fuente: elaboración propia con datos CESPT.

Tabla 145. Costos de operación y mantenimiento de PB1, alternativa 3.

| Conceptos | Importe |
|------------------------------------|--|
| Costos por la Operación de PB1 | 37,303,553.45 |
| Costos por el Mantenimiento de PB1 | 3,275,940.00 |
| | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) |
| | 40,579,493.45 |

Fuente: elaboración propia con datos CESPT.

Rehabilitación de la planta de bombeo PB3 (Matadero).

Alternativa 1. Utilizar el predio actual, modificando las instalaciones existentes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 146. Presupuesto para la rehabilitación de la planta de bombeo Matadero, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Sistema eléctrico | 17,980,405.03 |
| Sistema mecánico | 25,471,021.27 |
| Obra civil | 29,978,573.70 |
| INVERSIÓN | 73,430,000.00 |
| Operación | 9,769,391.87 |
| Mantenimiento | 4,186,882.23 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 13,956,274.10 |

Fuente: CESPT.

Alternativa 2. Uso del predio aledaño, propiedad del organismo operador, para la construcción de una nueva planta de bombeo y para hacer modificaciones a la infraestructura, con el fin de conectar el afluente y efluente.

Tabla 147. Presupuesto para construcción de una nueva planta de bombeo Matadero, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| Sistema eléctrico | 39,288,440.11 |
| Sistema mecánico | 88,398,990.24 |
| Obra civil | 68,754,770.18 |
| Interconexiones | 862,068.97 |
| Estudios y proyectos | 12,824,777.52 |
| INVERSIÓN | 210,129,047.01 |
| Operación | 13,507,021.87 |
| Mantenimiento | 5,788,723.66 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 19,295,745.53 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a la alternativa 1, pero inferiores a la alternativa 2; el equipamiento electromecánico actual es deficiente: el sistema de pretratamiento no está operando correctamente ni está adecuado para las descargas de los camiones cisterna con aguas provenientes de fosas sépticas; para este caso los costos de operación se estiman en \$9,769,391.87, y los de mantenimiento en \$8,373,764.46, para un total de \$18,143,156.33 anuales.

Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I.

Alternativa 1. Utilizar el predio actual, modificando las instalaciones existentes.

Tabla 148. Presupuesto para la rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Obra civil y sistema electromecánico | 34,184,236.08 |
| Sistema bombeo | 19,795,763.92 |
| INVERSIÓN | 53,980,000.00 |
| Operación | 2,472,492.10 |
| Mantenimiento | 1,059,639.47 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 3,532,131.59 |

Fuente: CESPT.

Alternativa 2. Uso del predio aledaño para la construcción de una nueva planta de bombeo y para hacer modificaciones a la infraestructura, con el fin de conectar el afluente y efluente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 149. Presupuesto para construcción de una nueva planta de bombeo Laureles I, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Sistema eléctrico | 12,617,786.19 |
| Sistema mecánico | 28,390,018.94 |
| Obra civil | 22,081,125.84 |
| Interconexiones | 862,068.97 |
| Adquisición de predio 2,577 m ² | 24,992,456.90 |
| Estudios y proyectos | 5,781,324.69 |
| INVERSIÓN | 94,724,781.53 |
| Operación | 2,571,604.47 |
| Mantenimiento | 1,102,116.20 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 3,673,720.66 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que el equipamiento electromecánico actual es deficiente y no se cuenta con equipo de respaldo de energía; para este caso los costos de operación se estiman en \$2,472,492.10, y los de mantenimiento en \$2,119,278.95, para un total de \$4,591,771.06 anuales.

Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II.

Alternativa 1. Utilizar el predio actual, modificando las instalaciones existentes.

Tabla 150. Presupuesto para la rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II, alternativa 1

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Sistema electromecánico | 21,306,215.68 |
| Obra civil | 1,953,784.32 |
| INVERSIÓN | 23,260,000.00 |
| Operación | 5,012,286.08 |
| Mantenimiento | 2,148,122.60 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 7,160,408.68 |

Fuente: CESPT.

Alternativa 2. Uso del predio aledaño para la construcción de una nueva planta de bombeo y para hacer modificaciones a la infraestructura, con el fin de conectar el afluente y efluente.

Tabla 151. Presupuesto para construcción de una nueva planta de bombeo Laureles II, alternativa 2

| Conceptos | Importe |
|---|----------------------|
| Sistema eléctrico | 15,281,670.71 |
| Sistema mecánico | 34,383,759.11 |
| Obra civil | 26,742,923.75 |
| Interconexiones | 862,068.97 |
| Adquisición de predio 1700 m ² | 16,487,068.97 |
| Estudios y proyectos | 6,094,236.95 |
| INVERSIÓN | 99,851,728.45 |
| Operación | 4,528,772.85 |
| Mantenimiento | 1,940,902.66 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 6,469,675.51 |

Fuente: elaboración propia

Alternativa 3. No acción.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los costos de operación y mantenimiento para esta alternativa serán superiores a cualquier proyecto de implementación, ya que el equipamiento electromecánico actual es deficiente y la rejilla mecánica no funciona en el sistema de pretratamiento; para este caso los costos de operación se estiman en \$5,012,286.08, y los de mantenimiento en \$4,296,245.21, para un total de \$9,308,531.29 anuales.

Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera.

Alternativa 1. Se plantea la adquisición de terreno privado (750 m²) para el cárcamo de bombeo cerca de la fuente de agua residual, que es la conexión al colector Poniente.

Tabla 152. Presupuesto para la construcción del bombeo y línea de impulsión Sainz, alternativa 1

| Conceptos | Importe |
|---|----------------------|
| Terracerías | 2,753,627.97 |
| Reparaciones y reposiciones | 3,746.54 |
| Suministro e instalación | 4,551,079.06 |
| Albañilería | 104,571.75 |
| Acarreos | 361,060.89 |
| Señalamientos | 20,260.96 |
| Ademes | 686,132.90 |
| Reparaciones y reposiciones | 56,591.15 |
| Protecciones y registros | 822,269.32 |
| Sobreacarreo | 59,650.10 |
| Planta de Bombeo | 23,390,455.92 |
| Adquisición de predio de 750 m ² | 3,777,939.41 |
| Estudios y proyectos | 2,132,614.02 |
| INVERSIÓN | 38,720,000.00 |
| Operación | 1,085,344.50 |
| Mantenimiento | 519,240.22 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 1,604,584.72 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Se plantea la adquisición de un terreno privado (500 m²) para el cárcamo de bombeo a 130 metros de la fuente de agua residual.

Tabla 153. Presupuesto para la construcción del bombeo y línea de impulsión cañón del Sainz, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|---|----------------------|
| Terracerías | 8,064,857.23 |
| Reparaciones y reposiciones | 10,972.92 |
| Suministro e instalación | 13,329,252.64 |
| Albañilería | 306,270.93 |
| Acarreos | 1,057,479.28 |
| Señalamientos | 59,340.55 |
| Ademes | 2,009,553.93 |
| Reparaciones y reposiciones | 165,744.79 |
| Protecciones y registros | 2,408,271.81 |
| Sobreacarreo | 174,703.93 |
| Planta de bombeo | 58,141,579.19 |
| Adquisición de predio de 500 m ² | 6,260,541.03 |
| Estudios y proyectos | 5,572,321.76 |
| INVERSIÓN | 97,560,890.00 |
| Operación | 1,091,416.50 |
| Mantenimiento | 537,456.22 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Conceptos | Importe |
|-----------------------------------|--------------|
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 1,628,872.72 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Alternativa 3. No acción.

Prevalecen las condiciones actuales; se sigue enviando el agua residual colectada en el cañón del Sainz al colector Poniente, desaprovechándose la capacidad de tratamiento de la planta Arturo Herrera, la cual actualmente se encuentra subutilizada. Los costos de esta alternativa resultan de seguir bombeando los 100 l/s del proyecto, a través del sistema PB1 B-PB SAB-Océano Pacífico; los costos de operación se estiman en \$2,256,455.17, y de mantenimiento en \$967,052.22, para un total de \$3,223,507.39 anuales.

3.3.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

Alternativas PTAR SAB.

Alternativa 1. Construcción de nueva planta en el sitio actual, la cual considera una planta de tratamiento en dos módulos de 600 l/s, intercomunicados entre sí. A continuación, se presentan los principales valores arrojados por el análisis de dimensionamiento.

Tabla 154. Presupuesto para construcción de la PTAR en el actual sitio, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|-----------------------|
| PTAR lodos activados convencional, 1200 l/s | 482,603,760.39 |
| Construcción de colector Tecolote-La Gloria (6.2 km) | 110,106,239.61 |
| INVERSIÓN | 592,710,000.00 |
| Costos por la operación del nuevo módulo de 1200 l/s | 114,834,537.93 |
| Costos por el mantenimiento del nuevo módulo de 1200 l/s | 11,720,689.66 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 126,555,227.59 |

Fuente: elaboración propia.

En caso de que se optara por la construcción de tres módulos de 600 l/s, aprovechando la economía de escala, el importe de una planta de 1800 l/s sería por el equivalente de \$1,079.61

Alternativa 2. Construcción de una nueva PTAR en un predio que se ubica a un costado del arroyo San Antonio de Los Buenos, con capacidad de 1200 l/s; los cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 155. Presupuesto para construcción de nueva PTAR, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|--|-------------------------|
| PTAR lodos activados convencional, 1200 l/s | 557,586,206.90 |
| Adquisición de terreno 10,000 m ² | 379,310,344.83 |
| Construcción de colector Tecolote-La Gloria (3.6 Km) | 79,056,000.00 |
| INVERSIÓN | 1,015,952,551.72 |
| Costos por la operación del nuevo módulo de 1200 l/s | 108,375,095.17 |
| Costos por el mantenimiento del nuevo módulo de 1200 l/s | 11,151,724.14 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 119,526,819.31 |

Fuente: elaboración propia.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativas PTAR La Morita.

Alternativa 1. Construcción de una nueva PTAR en el predio actual de La Morita, con capacidad de 127 l/s; para esta alternativa se consideraron los siguientes costos:

Tabla 156. Presupuesto para construcción de la nueva PTAR, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| PTAR lodos activados aireación extendida, 127 l/s | 20,651,205.07 |
| Rehabilitación de cárcamos (Encantada y Florido) | 3,348,794.93 |
| INVERSIÓN | 24,000,000.00 |
| Costos por la operación del nuevo módulo de 127 l/s | 5,820,360.00 |
| Costos por el mantenimiento del nuevo módulo de 127 l/s | 1,729,906.90 |
| Operación y mantenimiento de los cárcamos (La Encantada, Fideicomiso, Los Venados y PB1) | 7,830,590.00 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 15,380,856.90 |

Fuente: elaboración propia.

Los costos de operación y mantenimiento del nuevo módulo de la PTAR La Morita se verán afectados por la operación de los cárcamos de bombeo (La Encantada, Fideicomiso El Florido y Cueros de Venado y PB1-B).

Alternativa 2. Construcción de una nueva PTAR en un predio que se ubica a un costado del cárcamo de bombeo Fideicomiso El Florido, con capacidad de 169 l/s; esta alternativa requiere la construcción del colector La Encantada hacia el actual colector El Florido, el cual cuenta con capacidad suficiente para operar con ese caudal; los cálculos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 157. Presupuesto para construcción de la nueva PTAR, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|---|-----------------------|
| PTAR lodos activados aireación extendida, 169 l/s | 99,039,827.59 |
| Adquisición de predio de 20,000m ² | 75,862,068.97 |
| Colector La Encantada Florido (1.3Km) | 13,008,000.00 |
| INVERSIÓN | 187,909,896.55 |
| Costos por la operación de la nueva PTAR de 169l/s | 14,242,853.45 |
| Costos por el mantenimiento de la nueva PTAR de 169 l/s | 1,980,796.55 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 16,223,650.00 |

Fuente: elaboración propia.

Los costos de operación y mantenimiento de la PTAR en el nuevo sitio disminuirán, debido a que quedarán fuera dos cárcamos de bombeo (La Encantada y Fideicomiso El Florido).

3.3.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

Construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas.

Parte del trazo de ambas alternativas atraviesa por caminos vecinales, propiedad privada y zona federal. En este sentido, se prevé que el costo para la adquisición de las servidumbres de paso requiera de inversiones por cientos de millones de pesos; por ello el análisis de costos no contempla la compra de las servidumbres; sin embargo, el organismo operador deberá liberar las servidumbres legales de paso, con base en la posibilidad de otorgar el servicio de entrega de agua residual tratada para los predios afectados. Sólo se contempló la compra de los predios donde se construirán los tanques de regulación y las lagunas de infiltración.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 1. Se plantea el trazo siguiendo las vialidades existentes, los caminos vecinales (dentro del arroyo afluente de la presa Abelardo L. Rodríguez) y topografía de la zona; contempla dos estaciones de bombeo y tres tanques de regulación. El procedimiento constructivo es con zanja a cielo abierto.

Tabla 158. Presupuesto para construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|-------------------------|
| Línea de impulsión Arturo Herrera | 24,357,081.03 |
| Línea de impulsión Matanuco | 7,149,392.29 |
| Colector La Morita | 67,800,196.77 |
| Línea de gravedad a lagunas de infiltración | 707,393,079.07 |
| Planta de bombeo Arturo Herrera | 262,954,046.09 |
| Planta de bombeo Matanuco | 217,567,271.68 |
| Tanque Matanuco (5,000m ³) | 17,395,370.68 |
| Lagunas de infiltración | 4,638,765.52 |
| Adquisición de predio para tanque (3250 m ²) | 8,480,243.21 |
| Adquisición de predio para lagunas (24 ha) | 139,162,965.46 |
| Estudios y proyectos | 85,101,588.20 |
| INVERSIÓN | 1,542,000,000.00 |
| Operación | 66,388,933.09 |
| Mantenimiento | 37,135,935.82 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 103,524,868.91 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Se plantea el trazo siguiendo las vialidades existentes, los caminos vecinales y la topografía de la zona; contempla dos estaciones de bombeo y dos tanques de regulación. El procedimiento constructivo es con zanja a cielo abierto.

Tabla 159. Presupuesto para construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|---|-------------------------|
| Línea de impulsión Arturo Herrera | 9,095,219.52 |
| Línea de impulsión Matanuco | 310,132,567.13 |
| Colector La Morita | 66,482,912.39 |
| Línea de gravedad Arturo Herrera | 24,560,993.70 |
| Línea de gravedad a lagunas de infiltración | 123,577,975.64 |
| Planta de bombeo Arturo Herrera | 138,261,375.84 |
| Planta de bombeo Matanuco | 716,696,497.69 |
| Tanque Arturo Herrera (1,000m ³) | 9,097,278.65 |
| Tanque Valle de Las Palmas (5,000 m ³) | 17,057,397.47 |
| Lagunas de infiltración | 4,548,639.33 |
| Adquisición de predio para tanques (3875 m ²) | 9,914,612.28 |
| Adquisición de predio para lagunas (24 ha) | 136,459,179.79 |
| Estudios y proyectos | 92,268,205.73 |
| INVERSIÓN | 1,658,152,855.16 |
| Operación | 129,714,389.46 |
| Mantenimiento | 59,047,072.28 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 188,761,461.74 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. No acción.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los costos de esta alternativa resultan de seguir bombeando 498 l/s de los efluentes actuales de las plantas de tratamiento Arturo Herrera y La Morita, a través del sistema PB CILA- PB1 A-Océano Pacífico. Los costos de operación se estiman en \$11,507,921.38, y los de mantenimiento en \$4,931,966.30, para un total de \$16,439,887.68 anuales.

3.3.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los costos de inversión, operación y mantenimiento de las distintas alternativas planteadas.

Tabla 160. Comparativa de costos de proyectos complementarios.

| Proyecto | Indicador | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA | Inversión total | 37,930,000 | 43,103,448 | |
| | Año 1 | 37,930,000 | 43,103,448 | |
| | VPC | 47,499,348 | 52,476,509 | |
| | Costos medios de O & M | 493 | 560 | |
| Construcción de sitio para la disposición de biosólidos de PTAR | Inversión total | 0 | 1,456,896,552 | 348,280,000 |
| | Año 1 | 0 | 582,758,621 | 348,280,000 |
| | Año 2 | 0 | 437,068,966 | |
| | Año 3 | 0 | 437,068,966 | |
| | VPC | 1,453,829,240 | 2,689,343,730 | 971,532,992 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA.

Alternativa 1. Construcción de nueva obra de toma de PEAD 48"; los costos por la construcción de esta obra se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 161. Presupuesto para la construcción de obra toma PEAD 48", alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|---|----------------------|
| Hincado 77 m | 12,996,136.36 |
| Suministro e instalación PEAD 48" | 55,697,727.28 |
| Otros elementos constructivos (rejillas, desarenadores, válvulas, etcétera) | 12,996,136.36 |
| INVERSIÓN | 81,690,000.00 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Construcción de nueva obra de toma de PVC FR 48"; los costos por la construcción de esta obra se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 162. Presupuesto para la construcción de obra toma PVC 48", alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|---|----------------------|
| Hincado 77 m | 13,034,482.76 |
| Suministro e instalación PVC FR 48" | 67,034,482.76 |
| Otros elementos constructivos (rejillas, desarenadores, válvulas, etcétera) | 13,034,482.76 |
| INVERSIÓN | 93,103,448.28 |

Fuente: elaboración propia.

Construcción de sitio para la disposición de biosólidos de PTAR.

Alternativa 1. Se refiere a la subcontratación de una empresa para la disposición de lodos y biosólidos; los costos por esta alternativa se presentan en la siguiente tabla.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 163. Presupuesto para la disposición final mediante un tercero, alternativa 1

| Conceptos | Importe |
|---|-----------------------|
| Costo por disposición en sitio particular | 103,081,034.48 |
| INVERSIÓN | 103,081,034.48 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. En esta alternativa se evaluó la adquisición y puesta en marcha de un incinerador de lodos y biosólidos; los costos por esta alternativa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 164. Costos por incinerador, alternativa 2.

| Conceptos | Importe |
|---|-------------------------|
| Adquisición e instalación de incinerador | 1,418,965,517.24 |
| Terreno 10,000 m ² | 37,931,034.48 |
| INVERSIÓN | 1,456,896,551.72 |
| Costos por la operación del incinerador | 113,250,597.02 |
| Costos por el mantenimiento del incinerador | 28,312,649.26 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 141,563,246.28 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 3. Esta alternativa consiste en la adquisición de un terreno y su habilitación de celdas de confinamiento; los costos por esta alternativa se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 165. Costos por nuevo sitio de disposición, alternativa 3

| Conceptos | Importe |
|---|-----------------------|
| Terreno 142,000 m ² | 253,451,287.13 |
| Acondicionamiento | 94,828,712.87 |
| INVERSIÓN | 348,280,000.00 |
| Costos por la operación del nuevo sitio | 27,873,111.72 |
| Costos por el mantenimiento del nuevo sitio | 6,968,277.93 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 34,841,389.66 |

Fuente: elaboración propia.

Sistema de telemetría.

Alternativa 1. Se refiere a continuar operando de forma manual los principales cárcamos de bombeo de la ciudad (PB-CILA, PB1-A, PB1-B, Matadero, Laureles I, Laureles II y el cárcamo de la PTAR SAB); los costos asociados a esta alternativa se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 166. Costos asociados a la alternativa 1.

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| 2- unidades nuevas tipo pick up | 689,655.17 |
| INVERSIÓN | 689,655.17 |
| 50 operadores | 10,344,827.59 |
| Gasolina | 191,793.10 |
| 36 guardias | 5,864,206.90 |
| Mantenimiento de unidades nuevas | 38,793.10 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 16,439,620.69 |

Fuente: elaboración propia.

Alternativa 2. Los costos por la implementación de telemetría en los principales cárcamos de bombeo, como son PB-CILA, PB1-A, PB1-B, Matadero, Laureles I, Laureles II y el cárcamo de la PTAR SAB, se estimaron en lo siguiente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 167. Costos del sistema de telemetría de la alternativa 2

| Conceptos | Importe |
|--|----------------------|
| Sensores para cada instalación (vibración, temperatura, presión, nivel y caudal) | 6,866,167.39 |
| Actuadores eléctricos | 4,719,067.53 |
| Tablero de control (PCL, pantallas, relevadores, interruptores) | 3,983,135.78 |
| Servidor de aplicación SCADA | 1,915,698.64 |
| Software de aplicación | 1,744,992.82 |
| Estación de telecomunicaciones microondas | 2,276,077.59 |
| 1- unidades nuevas tipo pick up | 344,860.24 |
| INVERSIÓN | 21,850,000.00 |
| 36 operadores | 7,448,275.86 |
| Gasolina | 115,075.86 |
| 18 guardias | 2,793,103.45 |
| Mantenimiento del sistema y unidad | 436,206.90 |
| OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (ANUAL) | 10,792,662.07 |

Fuente: elaboración propia.

3.4 Selección de las alternativas más convenientes.

Para la selección de la alternativa más convenientes se consideraron los aspectos técnico y económico, previamente analizados, así como una metodología basada en cinco criterios generales, que permiten evaluar los proyectos, considerando: la ejecución de la obra, la operación del proyecto, el impacto ambiental, el factor económico y su nivel de resiliencia. El ejercicio metodológico propuesto dio como resultado la tabla siguiente, quedando abierta la propuesta para enriquecerla y, en su momento, hacer partícipe a quien se considere necesario.

Tabla 168. Criterios propuestos para la evaluación de alternativas.

| Criterio general | Criterios particulares | Valor de la ponderación |
|--------------------------|--|-------------------------|
| Ejecución de obra | Plazo para obtener permisos | 2 |
| | Disponibilidad del predio y servidumbres de paso | 7 |
| | Posibilidad de imprevistos en la obra | 4 |
| | Factibilidad en los servicios | 3 |
| | Tiempo de ejecución de la obra | 5 |
| Operación | Facilidad de operación | 6 |
| | Versatilidad de operación | 3 |
| | Subtotal | 30 |
| Ambiental | Riesgos de contaminación a cuerpos nacionales | 10 |
| | Impactos transfronterizos | 10 |
| | Impactos en el ecosistema, especies y hábitat | 3 |
| | Percepción social | 2 |
| | Interferencia del tránsito durante las obras | 2 |
| | Salud pública | 3 |
| | Subtotal | 30 |
| Económico | Valor presente de los costos | 30 |
| | Subtotal | 30 |
| Resiliencia | Resistencia | 5 |
| | Redundancia | 5 |
| | Subtotal | 10 |
| Gran total | | 100 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Tras la evaluación de cada uno de los proyectos con un equipo multidisciplinario, y analizando cada uno de los criterios particulares en el proceso de ejecución de la obra, la operación, el ámbito



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

ambiental, el aspecto económico y la resiliencia, se asignó un valor y se promedió el resultado de todos los participantes, los cuales arrojan los resultados que a continuación se describen.

Tabla 169. Valoración de alternativas.

| Proyecto | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---|---------------|---------------|---------------|
| Construcción del colector Costero 2 | 40.1 | 36.1 | |
| Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera | 42.4 | 41.9 | |
| Rehabilitación de la PB 1 A y B | 21.2 | 46.9 | 51.8 |
| Construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas | 55.5 | 47.7 | |
| Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II | 34.6 | 41 | |
| Rehabilitación de la planta de bombeo PB3 (Matadero) | 37.3 | 44.4 | |
| Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I | 37.3 | 46.4 | |
| PTAR SAB | 37.8 | 44.4 | 38.7 |
| PTAR La Morita | 37.4 | 41 | |
| Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA | 53.9 | 53.9 | |
| Construcción de sitio para la disposición de biosólidos de PTAR | 31.9 | 42.3 | 41.8 |
| Sistema de telemetría | 7.4 | 40.7 | |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Construcción del colector Costero 2. Resultó mejor calificada la alternativa 1, que propone un trazo siguiendo los caminos vecinales y propiedad privada, de acuerdo con la topografía de la zona, considerando un puente y un sifón para cruce de arroyos, con un procedimiento constructivo a zanja abierta y el material del tubo de PVC.

Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera. La alternativa 1 resultó la mejor evaluada, la cual plantea la adquisición de un terreno privado para el cárcamo de bombeo cerca de la fuente de agua residual, que es la conexión al colector Poniente, con un procedimiento constructivo a zanja abierta y el material del tubo a instalar de PVC. El trazo propuesto es sobre el camino lateral de la vía rápida Oriente, con cruce en el río Tijuana.

Rehabilitación de la PB 1 A y B. La alternativa 3 fue la mejor evaluada, que consiste para la PB 1B en suministro e instalación de dos trenes motor bomba de 1400 hp, 4160 VAC (cuarto de motores eléctricos de 700 hp, cada uno con cuatro bombas); incluye dos válvulas de succión dos de descarga, dos válvulas check y un centro de control de motores para cada tren de bombeo CCM). También mantenimiento civil a instalaciones (edificios desarenadores tanques de regulación y accesos), así como el suministro e instalación de cubierta de fibra de vidrio a cárcamos de regulación y desarenadores, suministro e instalación de dos rejillas automáticas y sistema de medición. Y para PB 1A suministro e instalación de dos trenes motor bomba de 1400 hp, 4160 VAC (cuarto de motores eléctricos de 700 hp, cada uno con cuatro bombas); incluye dos válvulas de succión, dos de descarga, dos válvulas check y un centro de control de motores para cada tren de bombeo CCM). Asimismo, la rehabilitación de la subestación eléctrica para estar en condiciones de operar simultáneamente a máxima capacidad la PB 1A y PB 1B; la reposición de compuertas, construcción de muros perimetrales, para evitar inundaciones, e instalación de rejas de fibra de vidrio en andadores que comunican las áreas de pretratamiento e instalación de sistema de señalización remota.

Construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas. La alternativa 1 resultó ser la mejor evaluada; se plantea el trazo siguiendo las vialidades existentes, los caminos vecinales (dentro del arroyo afluente de la presa Abelardo L. Rodríguez) y la topografía de la zona; contempla dos



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

estaciones de bombeo y un tanque de regulación. El procedimiento constructivo es con zanja a cielo abierto.

Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II. Resultó con mejor evaluación la Alternativa 2, que consiste en la construcción de una planta de bombeo nueva, en un predio alternativo, con una superficie de 1700 m², donde el proceso constructivo no afecte la operatividad de la instalación existente; incluye un sistema de pretratamiento mecanizado a base de rejilla y desarenador tipo vortex, cisterna de concreto armado, sistema de bombeo 3+1, caseta de operación, grúa viajera, centro de control de motores y caseta, así como equipo de respaldo de energía y caseta, sistema de control de olores, muros y protecciones perimetrales y caseta de vigilancia. Además, las adecuaciones necesarias para conectar con la alimentación y descarga de la infraestructura.

Rehabilitación de la planta de bombeo PB3 (Matadero). La mejor evaluada fue la alternativa 2, que contempla la construcción de una planta de bombeo nueva en el uso del predio aledaño (propiedad del organismo operador), y modificar la infraestructura existente para conectar el afluente y efluente. El proceso constructivo no afectará la operatividad de la instalación; incluye un sistema de pretratamiento mecanizado a base de rejilla y desarenador tipo vortex, cisterna de concreto armado, sistema de bombeo 3+2, caseta de operación, grúa viajera, centro de control de motores y caseta, equipo de respaldo de energía y caseta, sistema de control de olores, muros y protecciones perimetrales y caseta de vigilancia.

Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I. Resultó mejor calificada la alternativa 2, que consiste en la construcción de una planta de bombeo nueva, en un predio alternativo (2577 m²), donde el proceso constructivo no afecte la operatividad de la instalación. Incluye un sistema de pretratamiento mecanizado a base de rejilla y desarenador tipo vortex, cisterna de concreto armado, sistema de bombeo 2+1, caseta de operación, grúa viajera, centro de control de motores y caseta, equipo de respaldo de energía y caseta, sistema de control de olores, muros y protecciones perimetrales y caseta de vigilancia; además, las adecuaciones necesarias para conectar con la alimentación y descarga de la infraestructura.

Planta de tratamiento San Antonio de Los Buenos. La alternativa 2 fue la mejor evaluada; contempla la construcción de la planta a base de lodos activados en el arroyo San Antonio de Los Buenos, en una primera etapa, y dos módulos de 600 l/s; la segunda etapa, en el año 2030, con un módulo de 600 l/s. El sistema de tratamiento primario y secundario es la construcción de dos módulos de sedimentación primaria, dos reactores biológicos y dos clarificadores secundarios intercomunicados. Para el manejo de lodos dos módulos de espesado de lodos, cárcamo de lodos, tanque de digestión y equipo de desaguado. La desinfección se realizará mediante la adición de cloro gas con tres evaporadores, tres cloradores, rehabilitación y ampliación del edificio, suministro e instalación de lavador de gases.

PTAR La Morita. La mejor evaluada resultó ser la alternativa 2, construcción de una nueva PTAR de 169 l/s de capacidad, a un costado del Fideicomiso El Florido; de tipo lodos activados, con los mismos parámetros de diseño que la actual PTAR La Morita; su sembrado estaría en un predio con área aproximada de dos hectáreas. Con esta PTAR se eliminan dos bombeos para no trasvasar agua a la PTAR Arturo Herrera. Adicionalmente tendría capacidad para dar servicio a la subcuenca Cueros de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Venado. El proyecto incluye la compra de un predio y la construcción de 1.3 km de colector para conectar el cárcamo La Encantada.

Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA. La mejor evaluada resultó la alternativa 1, con conexión a línea morada tramo recto con PAD 48". Consiste en la construcción de obra de toma en el río Tijuana, 850 metros aguas arriba de la obra de toma actual y el hincado de 77 metros de tubería de acero de 48" para cruzar el bordo del río Tijuana.

Construcción de sitio para la disposición de biosólidos de la PTAR. Resultó con mejor evaluación la alternativa 2, con la construcción y puesta en marcha de un incinerador para la reducción de volumen de los lodos y manejo final mediante celdas de mono relleno; el sitio es un predio aledaño al cárcamo Matadero; esta opción incluye la construcción de loductos para disminuir costos por el acarreo, de acuerdo con lo propuesto en el Plan Maestro de Lodos.

Sistema de telemetría la mejor evaluada fue la alternativa 2, con la implementación de un sistema de telemetría para los principales cárcamos de bombeo de la ciudad, como son PB-CILA, PB 1 (A y B), Matadero, Laureles I y el cárcamo de la PTAR de SAB.

3.5 Integración de la cartera de acciones y proyectos.

Una vez que se haya consensuado la metodología propuesta, y se hayan realizado los talleres con actores involucrados y dependencias del sector, se integraría una cartera de proyectos para atender la demanda de saneamiento de los próximos 30 años, que garantice el cumplimiento de los acuerdos binacionales. Las tablas siguientes son una propuesta de la evaluación realizada; para efectos ilustrativos en la sumatoria del total de acciones se considera la alternativa mejor evaluada.

3.5.1 Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción.

La cartera de proyectos para atender las necesidades de recolección y conducción de agua negra se indican en la tabla siguiente, con el monto estimado para cada una de las alternativas propuestas.

Tabla 170. Acciones y proyectos para colectores principales y obras de conducción.

| Proyecto | Inversión total (mdp) |
|--|-----------------------|
| Rehabilitación del interceptor Internacional | 395.00 |
| Rehabilitación del colector Insurgentes | 115.60 |
| Rehabilitación del colector Oriente | 314.24 |
| Rehabilitación del colector Poniente | 28.17 |
| Rehabilitación del colector Rosario Castellanos | 37.17 |
| Rehabilitación del colector Poniente Viejo | 50.99 |
| Rehabilitación del colector Sánchez Taboada | 11.87 |
| Construcción del colector Costero 2 | 152.56 |
| Rehabilitación del emisor Líneas Cuatas | 31.83 |
| Rehabilitación de la línea de impulsión de cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | 17.24 |
| Rehabilitación del colector Industrial | 108.26 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

3.5.2 Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.

La cartera de proyectos para atender las necesidades de bombeo se indica en la siguiente tabla, con el monto estimado para cada una de las alternativas propuestas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 171. Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.

| Proyecto | Inversión total (mdp) |
|---|-----------------------|
| Rehabilitación de la PB 1 A y B | 226.00 |
| Rehabilitación de la planta de bombeo PB3 (Matadero) | 73.43 |
| Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I | 53.98 |
| Rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II | 23.26 |
| Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera | 38.72 |
| Rehabilitación del Cárcamo La Encantada (pretratamiento nuevo) | 9.00 |
| Rehabilitación de los Cárcamos San Pedro Sur y Norte | 8.00 |
| Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Playas (3 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 2+1) | 5.00 |
| Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Fideicomiso El Florido (de 2 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 1+1) | 7.00 |
| Rehabilitación Cárcamo Centro Recreativo (cambio de lugar y adecuaciones para el pretratamiento- | 8.00 |
| Rehabilitación del Cárcamo Emiliano Zapata | 11.00 |
| Rehabilitación del Cárcamo El Soler | 6.00 |
| Rehabilitación del Cárcamo Puerto Nuevo (instalación de pretratamiento para G&ADAF) | 9.00 |
| Rehabilitación del Cárcamo Santa Mónica # 1 y 2 | 8.00 |
| Rehabilitación del Cárcamos Papas and Beer | 6.00 |
| Rehabilitación del cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | 67.00 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

3.5.3 Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.

La cartera de proyectos para atender las necesidades de las plantas de tratamiento de aguas residuales se indica en la siguiente tabla, con el monto estimado para cada una de las alternativas propuestas.

Tabla 172. Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.

| Proyecto | Inversión total (mdp) |
|--|-----------------------|
| Construcción de nueva PTAR SAB | 592.71 |
| PTAR La Morita | 24.00 |
| Rehabilitación de la PTAR Arturo Herrera | 34.00 |
| Rehabilitación de la PTAR Villas del Prado | 38.00 |
| Rehabilitación de la PTAR Rosarito Norte | 60.00 |
| Rehabilitación de la PTAR Rosarito I | 62.00 |
| Construcción de planta de tratamiento Matanuco | 255.00 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

3.5.4 Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.

La cartera de proyectos para atender las necesidades de reúso de agua se indica en la tabla siguiente, con el monto estimado para cada una de las alternativas propuestas.

Tabla 173. Acciones y proyectos para infraestructura de reúso de agua.

| Proyecto | Inversión total (mdp) |
|---|-----------------------|
| Construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas | 1542.00 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

3.5.5 Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación.

La cartera de proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación se indica en la tabla siguiente, con el monto estimado para cada una de las alternativas propuestas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 174. Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación.

| Proyecto | Inversión total (mdp) |
|--|-----------------------|
| Construcción de sitio para disposición de biosólidos de las PTAR | 348.28 |
| Implementación de un sistema de telemetría | 21.85 |
| Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA | 81.69 |
| Rehabilitación de la red en Lázaro Cárdenas | 39.18 |
| Rehabilitación de la red en Lomas Misión | 11.39 |
| Rehabilitación de la red en Unión | 7.65 |
| Rehabilitación de la red en Dávila | 6.67 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Adicionalmente, se ha identificado una serie de acciones y proyectos esenciales para el funcionamiento de los sistemas de saneamiento, ya descritos en el apartado 2.2 de este documento. Se trata de obras y proyectos de redes de captación y conducción secundarias. Lo mismo ocurre por la carencia de redes de alcantarillado sanitario en las colonias de la periferia, por lo que se integran proyectos para ampliar dichas redes.

Tabla 175. Acciones y proyectos de mediano y largo plazos (2025-2050).

| Tipo de infraestructura | Número de acciones | Total (MDP) |
|--|--------------------|-----------------|
| Colectores y emisores | 63 | 6,377.59 |
| Rehabilitación Sustitución Reequipamiento | 61 | 1,487.76 |
| Ampliación Reforzamiento Construcción Equipamiento | 2 | 4,889.83 |
| Estudios y proyectos Otros | | |
| Infraestructura complementaria | 229 | 3,216.92 |
| Rehabilitación Sustitución Reequipamiento | 162 | 1,848.50 |
| Ampliación Reforzamiento Construcción Equipamiento | 66 | 1,364.11 |
| Estudios y proyectos Otros | 1 | 4.31 |
| Total | 292 | 9,594.51 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

El monto requerido para atender la demanda de infraestructura para el mediano y largo plazos es por 9,594.51 mdp.

En resumen, para atender la demanda de saneamiento para Tijuana, en el periodo 2021-2050, se estima un monto total de 14,555 mdp, como se desglosa en la tabla siguiente.

Tabla 176. Resumen de necesidades de infraestructura 2020-2050

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA | Número de acciones | GRAN TOTAL (MDP) | PLAZOS DE EJECUCIÓN | | | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | INMEDIATO | CORTO | MEDIANO | LARGO |
| | | | 2021 | 2022-2024 | 2025-2035 | 2036-2050 |
| Colectores y emisores | 75 | 7,643 | 853 | 412.51 | 1128.79 | 5,248.8 |
| Rehabilitación Sustitución | 71 | 2,598 | 853 | 257.36 | 1,024.04 | 463.72 |
| Ampliación Reforzamiento | 3 | 5,042 | | 152.56 | 104.75 | 4,785.08 |
| Estudios y proyectos Otros | 1 | 2.59 | | 2.59 | | |
| Plantas de bombeo y rebombeo | 17 | 570 | 376.67 | 194 | | |
| Rehabilitación Sustitución | 15 | 521 | 376.67 | 144.00 | | |
| Ampliación Reforzamiento | 1 | 39 | | 39 | | |
| Instrumentación y monitoreo | 1 | 11 | | 11.00 | | |
| Plantas de tratamiento | 7 | 1,066 | 593 | 473.00 | | |
| Rehabilitación Sustitución | 5 | 218 | | 218.00 | | |
| Ampliación Reforzamiento | 2 | 848 | 593 | 255.00 | | |
| Sistema de reúso | 1 | 1,542 | | 1,542.00 | | |
| Ampliación Reforzamiento | 1 | 1,542 | | 1,542.00 | | |



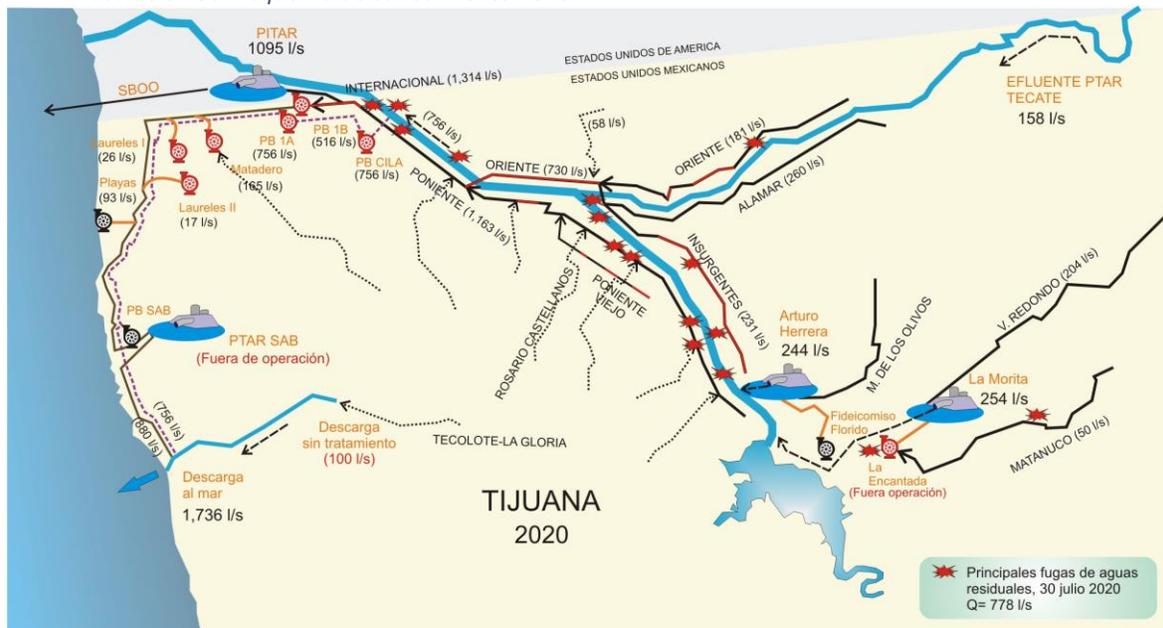
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA | Número de acciones | GRAN TOTAL (MDP) | PLAZOS DE EJECUCIÓN | | | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | INMEDIATO | CORTO | MEDIANO | LARGO |
| | | | 2021 | 2022-2024 | 2025-2035 | 2036-2050 |
| Infraestructura complementaria | 236 | 3,734 | | 516.87 | 1,769.98 | 1,446.97 |
| Rehabilitación Sustitución | 166 | 1,913 | | 64.90 | 1,189.94 | 658.56 |
| Ampliación Reforzamiento | 68 | 1,794 | | 429.97 | 575.72 | 788.41 |
| Instrumentación y monitoreo | 1 | 22 | | 22 | | |
| Estudios y proyectos Otros | 1 | 4 | | | 4 | |
| Total | 336 | 14,555 | 1,822.67 | 3,138.38 | 2,898.45 | 6,695.77 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

En el Anexo 1 se presentan las fichas técnicas de los proyectos de infraestructura 2021-2050.

Ilustración 95. Esquema de saneamiento 2020.

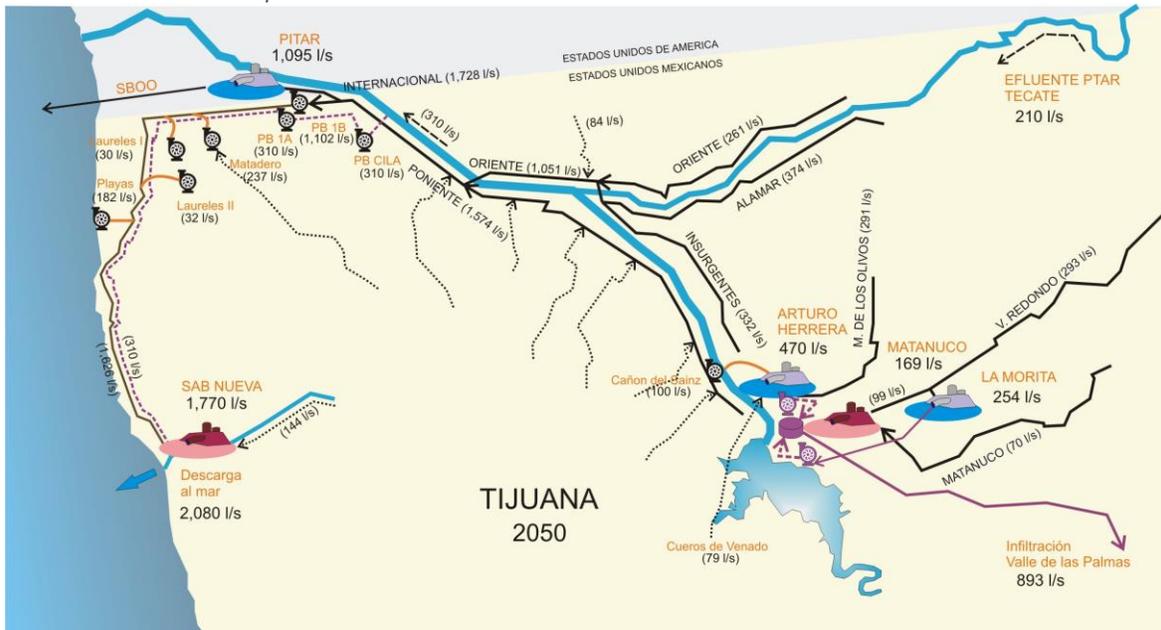


Fuente: elaboración propia, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 96. Esquema de saneamiento 2050.



Fuente: elaboración propia, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4 Organización y alternativas de financiamiento.

4.1 Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento.

Para la implementación del programa y ejecución de los proyectos, programas y estudios se requiere una suma de esfuerzos y mezcla de recursos. En este programa se identificaron dos tipos de acciones y proyectos, unos son los que tienen impacto transfronterizo directo, y otros son los que tienen impacto transfronterizo indirecto. Para la ejecución de ambos paquetes de obras se describe la factibilidad de una mezcla de recursos que se ilustra en la tabla siguiente.

Tabla 177. Modalidades de financiamiento para la infraestructura.

| TIPO DE INFRAESTRUCTURA | GRAN TOTAL (MDP) | Número de acciones | FUENTES DE FINANCIAMIENTO (MDP) | | | |
|---|------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------|------------|--------------|
| | | | FEDERAL | ESTATAL O MUNICIPAL | NAD BANK | PRIVADA |
| Colectores y emisores | 7,643 | 75 | 3,722 | 1,111 | 293 | 2,517 |
| Rehabilitación Sustitución Reequipamiento | 2,598 | 71 | 1,324 | 982 | 293 | |
| Ampliación Reforzamiento Construcción | 5,042 | 3 | 2,397 | 129 | | 2,517 |
| Estudios y proyectos Otros | 2.59 | 1 | 1.29 | 1.30 | | |
| Plantas de bombeo y rebombeo | 570 | 17 | 293 | 120 | 61 | 97 |
| Rehabilitación Sustitución Reequipamiento | 521 | 15 | 268.00 | 95.00 | 61 | 97 |
| Ampliación Reforzamiento Construcción | 39 | 1 | 19.5 | 19.5 | | |
| Instrumentación y monitoreo | 11 | 1 | 5.50 | 5.50 | | |
| Plantas de tratamiento | 1,066 | 7 | 237 | 237 | | 593 |
| Rehabilitación Sustitución Reequipamiento | 218 | 5 | 109.00 | 109.00 | | |
| Ampliación Reforzamiento Construcción | 848 | 2 | 127.50 | 127.50 | | 593 |
| Sistema de reúso | 1,542 | 1 | 308 | | | 1,234 |
| Ampliación Reforzamiento Construcción | 1,542 | 1 | 308 | | | 1,234 |
| Infraestructura complementaria | 3,734 | 236 | 1,904 | 1,652 | | 178 |
| Rehabilitación Sustitución Reequipamiento | 1,913 | 166 | 957 | 957 | | - |
| Ampliación Reforzamiento Construcción | 1,794 | 68 | 934 | 682 | | 178 |
| Instrumentación y monitoreo | 22 | 1 | 11 | 11 | | |
| Estudios y proyectos Otros | 4 | 1 | 2 | 2 | | |
| Total | 14,555 | 336 | 6,464 | 3,120 | 354 | 4,618 |

Fuente: elaboración propia, 2020.

El grave rezago de los sistemas se refleja en el gran monto requerido para su óptima operación, para lo cual se propone una mezcla de recursos liderada por aportaciones federales, seguida de participación de la iniciativa privada a través de APP, el Banco de América del Norte y, desde luego, el Gobierno del estado de Baja California a través del organismo operador.

Poco más de la mitad del recurso necesario (52.5 %) se destinará al rubro de colectores y emisores. El segundo rubro por montos requeridos es la denominada infraestructura complementaria, la cual representa el 26 % del presupuesto total, básicamente por el gran número de obras que incluye ese concepto (236 en total).

4.1.1 Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.

La realización de estudios y proyectos se ha visto relegada en los últimos años, lo que se ha convertido en un círculo vicioso, porque no pueden gestionarse o buscarse fondos para proyectos al no contar con los estudios respectivos. En tal virtud, existen diversas opciones a las que pueden



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

accederse para los estudios y proyectos de los diversos componentes de la infraestructura de saneamiento que componen este programa, los cuales se describen a continuación.

BANOBRAS

Fondo Nacional de Infraestructura (**FONADIN**) apoya en la planeación, diseño, construcción y transferencia de proyectos de infraestructura con impacto social o rentabilidad económica, en los que participe el sector público y privado. Los tipos de apoyo pueden ser: a) Apoyos recuperables, incluyen el financiamiento para estudios y asesorías, y, b) Apoyos no recuperables, pueden ser aportaciones o subvenciones; en el primer caso, podrán destinarse a estudios y asesorías, o a proyectos de infraestructura del sector público con alta rentabilidad social, en los que se tenga prevista la participación del sector privado y que cuenten con fuente de pago propia. En el caso de las subvenciones, para proveer equilibrio financiero a proyectos rentables socialmente, pero con baja rentabilidad financiera.

PROMAGUA, a través de apoyos no recuperables para el financiamiento parcial de estudios y proyectos; tiene como objetivo incentivar el desarrollo de proyectos bajo esquemas de Asociación Público-Privada que permitan a) Incrementar y mejorar la calidad de los servicios en materia de cobertura de agua potable y saneamiento, y b) Permitan la sostenibilidad operativa y financiera de los entes públicos relacionados con la prestación de los servicios.

CONAGUA

La CONAGUA, a través del Convenio Marco signado con el Gobierno del estado de Baja California (DOF 6 abril 2020), con vigencia al 31 de diciembre del 2024, menciona de forma enunciativa las acciones factibles a realizar en materia de alcantarillado y saneamiento a las que puede accederse para fondear parte de este programa, destacando los siguientes apartados:

Apartado urbano (**APAU**); entre las obras y acciones de primer orden de atención que considera son los proyectos ejecutivos.

Apartado plantas de tratamiento de aguas residuales (**APTAR**); las obras y acciones que considera de primer orden son: a) Estudios y proyectos para adecuación de plantas de tratamiento, para mejorar la calidad del efluente, para el reúso y para el ahorro de energía, b) Estudios y proyectos en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y de los lodos que generan, así como obras y equipamiento complementario, c) Desarrollo de proyectos piloto para saneamiento, incluyendo aquellos que consideren el suministro de energía a través de fuentes renovables (solar, eólica u otras) y, d) Estudios tarifarios.

CILA

En los últimos años la Comisión Internacional de Límites y Aguas, sección mexicana, preocupada por los efectos transfronterizos, generados por la infraestructura de saneamiento de la zona metropolitana de Tijuana ha liderado importantes estudios, y podrían replicarse dichos esfuerzos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN).

El Programa de Asistencia para el Desarrollo de Proyectos (**PDAP**) está orientado a apoyar el desarrollo de proyectos, programa de recursos no reembolsables financiado por el Congreso de Estados Unidos, por conducto de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), y administrados por el BDAN. Los proyectos seleccionados para recibir recursos del BEIF también son candidatos para obtener asistencia técnica a través del PDAP. El apoyo está disponible para realizar estudios de planeación, evaluaciones ambientales, proyectos ejecutivos, estudios de factibilidad financiera y actividades de participación comunitaria, entre otros.

USTDA Agencia para el comercio y desarrollo de Estados Unidos (US Trade and Development Agency, USTDA) organismo de promoción de exportaciones del Gobierno de Estados Unidos; cuenta con diversos fondos para asistencia técnica, desde estudios de factibilidad, capacitación y proyectos ejecutivos. El organismo operador tiene experiencia en trabajar proyectos conjuntos con dicha agencia.

4.1.2 Planteamiento de opciones de organización para la ejecución.

Entre algunas de las opciones para fondear la ejecución de las obras y proyectos derivados de este programa se identifican las descritas a continuación.

Comisión Nacional del Agua.

En las reglas de operación para el programa de agua potable, drenaje y tratamiento (**PROAGUA**, DOF 31 de diciembre de 2019), en el apartado 2.2.2 Priorización de obras y acciones, en el numeral 4 se refiere a “... *Obras y acciones que deriven de un acuerdo internacional...*”. Adicionalmente los programas factibles a aprovechar son los descritos a continuación.

Apartado Urbano (**APAUUR**). Orientado a incrementar o sostener la cobertura y mejorar la eficiencia en la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento básico. Consideran de primer orden de atención: incremento de cobertura de alcantarillado, saneamiento básico y rehabilitación de redes de alcantarillado.

Apartado plantas de tratamiento de aguas residuales (**APTAR**). Apoyo financiero y técnico a obras y acciones: a) Para modificar el sistema de tratamiento en la línea de agua o en la línea de lodo. También las destinadas a instalar o modificar infraestructura de reúso de agua o lodo, así como para ahorro o generación de energía, b) Construcción o ampliación de plantas de tratamiento de aguas residuales, y c) Adecuación de plantas de tratamiento para mejorar la calidad del efluente.

BANOBRAS

Banobras incentiva la participación de intermediarios financieros (IF), nacionales y extranjeros, otorgándoles fondeo de largo plazo con condiciones que les permitan participar en los esquemas de financiamiento a proyectos de infraestructura y servicios públicos, a través de líneas de crédito simple y revolvente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Banobras ofrece el refinanciamiento garantizado; es un producto que va dirigido a la banca comercial, con el objetivo de que participe en el financiamiento a inversión pública o privada en infraestructura y servicios públicos, que esté dentro de los campos de atención de Banobras.

Banco de Desarrollo de América del Norte.

A través del Fondo de Infraestructura Ambiental Fronteriza (**BEIF**) administra recursos no reembolsables, aportados por la agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), para la ejecución de proyectos de infraestructura municipal de alta prioridad en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, los cuales se ubican dentro de la franja de 300 kilómetros hacia el sur del límite internacional.

Programa de Apoyo a Comunidades (**PAC**). A través de este programa el BDAN brinda recursos no reembolsables para apoyar la ejecución de proyectos cruciales de infraestructura en poblaciones marginadas, cuyos promotores públicos tienen limitada capacidad de endeudamiento.

Financiamiento. El BDAN otorga financiamiento a entidades públicas y privadas para apoyar la ejecución de proyectos de infraestructura ambiental, ubicados dentro de la región fronteriza entre México y Estados Unidos, a través de créditos directos, líneas de crédito revolventes o participación en emisiones de bonos municipales.

4.1.3 Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento.

Para la operación y mantenimiento de las obras y acciones derivadas de este programa, se ajustará a lo dispuesto en el presupuesto de egresos del organismo operador; asimismo, para acciones de mantenimiento mayor se podría hacer una mezcla de recursos con la CONAGUA.

También es factible la concesión de operación y mantenimiento de alguna infraestructura, tal es el caso de las PTAR Arturo Herrera, La Morita y Natura I, que operan bajo esa modalidad. También puede aplicarse ese esquema en la operación y mantenimiento de plantas de bombeo.

4.2 Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos.

4.2.1 Identificación de riesgos (construcción de matriz).

Toda implementación de un proyecto conlleva asociado uno o varios riesgos que si se identifican y gestionan de forma apropiada no entorpecerán el éxito de dicha implementación. Para este programa se identifican riesgos técnicos, financieros, legales, sociales y políticos, mismos que se describen en la tabla siguiente.

Tabla 178. Riesgos potenciales para la ejecución de los proyectos.

| Tipo de riesgo | Descripción |
|----------------|---|
| Técnico | Demora en la adjudicación el contrato. Diseño de ingeniería deficiente. Que el caudal recibido sea menor que el estimado, con lo cual se tendría capacidad ociosa. Que el influente a las PTAR sea diferente a los parámetros establecidos en el contrato. Que el sistema de recolección y conducción presente fallas para conducir el agua a las PTAR. Obsolescencia del equipo y tecnología. Condiciones diferentes en campo a las especificaciones del proyecto. |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Tipo de riesgo | Descripción |
|----------------|---|
| Financiero | Retraso en cierres financieros del OO y de los concursantes. Aumento de precios de insumos de la construcción. Aumento en los costos fijos y variables. Que el volumen del influente a las PTAR sea menor al establecido por fallas en colectores; reduciría el ingreso por venta de agua. Incumplimiento en pagos por el servicio por parte del contratante. Reducción de ingresos estimados por dificultad de incremento a las tarifas de los servicios del OO. Falta de recursos del OO o de sus contrapartes. |
| Legal | Falta de facultades para entregar en comodato las instalaciones de los proyectos. Cambio en normatividad aplicable. Diferencias en la interpretación del contrato entre la empresa y el contratante. Dificultades para liberar derechos de paso. |
| Social | Descontento social al publicarse la licitación. Descontento de grupos de la sociedad civil y colonos vecinos al proyecto. Descontento de grupos organizados. |
| Político | Cambio de administración estatal (pueden cambiar las prioridades de la siguiente administración). Descontento de grupos gremiales de la construcción. Frenar o concluirlos los proyectos de forma anticipada al cambio de administración. Descontento de grupos políticos bajo el argumento de que se endeudará al OO. |
| Ambiental | Obtención de permisos para el emisor subacuático de la PTAR SAB. Descontento de grupos ambientales por la destrucción de hábitat natural. Interrupción parcial o continua de la operación de la infraestructura que implique incumplimiento de la normatividad ambiental. Retraso en la aprobación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental. |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Se evaluó el impacto de cada uno de los riesgos para cada proyecto del corto y mediano plazos, los cuales se ilustran en la tabla siguiente.

Tabla 179. Matriz de riesgos identificados.

| Periodo de ejecución | Proyecto | Tipo de riesgo | | | | | |
|----------------------|---|----------------|------------|-------|--------|----------|-----------|
| | | Técnico | Financiero | Legal | Social | Político | Ambiental |
| 2021 | Rehabilitación del interceptor Internacional | X | X | | X | X | |
| | Rehabilitación del colector Insurgentes | X | X | | X | | |
| | Rehabilitación del colector Oriente | X | X | | X | | |
| | Rehabilitación del colector Poniente | X | X | | X | | |
| | Rehabilitación de la PB 1 A y B | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de la PB Matadero | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de la PB Laureles I | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de la PB Laureles II | X | X | | | | |
| 2022-2024 | Construcción de nueva PTAR SAB | X | X | X | X | X | X |
| | Rehabilitación del colector Rosario Castellanos | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del colector Poniente Viejo | X | X | | | | |
| | Construcción del colector Costero 2 | X | X | X | X | X | X |
| | Rehabilitación emisor Líneas Cuatas | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del colector Sánchez Taboada (obra complementaria) | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del colector Industrial | X | X | | | | |
| | Cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamo La Encantada (pretratamiento nuevo) | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de los Cárcamos San Pedro Sur y Norte | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Playas (3 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 2+1) | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Fideicomiso El Florido (de 2 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 1+1) | X | X | | | | |
| | Rehabilitación Cárcamo Centro Recreativo (cambio de lugar y adecuaciones para el pretratamiento- | X | X | | | | |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| Periodo de ejecución | Proyecto | Tipo de riesgo | | | | | |
|----------------------|---|----------------|------------|-------|--------|----------|-----------|
| | | Técnico | Financiero | Legal | Social | Político | Ambiental |
| | Rehabilitación del Cárcamo Emiliano Zapata | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamo El Soler | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamo Puerto Nuevo (instalación de pretratamiento para G&ADAF) | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamo Santa Mónica # 1 y 2 | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del Cárcamos Papas and Beer | X | X | | | | |
| | Rehabilitación del cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | X | X | | | | |
| | Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera | X | X | X | | | |
| | Rehabilitación de la PTAR Arturo Herrera | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de la PTAR Villas del Prado | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de la PTAR La Morita | X | X | | | | |
| | Rehabilitación de la PTAR Rosarito Norte | X | X | | | | |
| | Construcción del sistema de infiltración en Valle de las Palmas | X | X | X | X | X | X |
| | PTAR Matanuco | X | X | X | X | | X |
| | Construcción de sitio para disposición de biosólidos de las PTAR | X | X | X | X | X | X |
| | Implementación de un sistema de telemetría | | X | | | | |
| | Línea de impulsión del cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | X | X | | | | |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Como se aprecia en la matriz, el mayor riesgo identificado es el financiero, por la inseguridad del flujo requerido para la mezcla de recursos para la ejecución del programa. En segundo término, se observa el riesgo técnico que puede hacerse presente en el desarrollo de los proyectos. El tema legal puede ocurrir particularmente por falta de certeza en la tenencia de la tierra y derechos de paso. Alguna inconformidad social podría darse principalmente con el proyecto de infiltración de agua tratada, con la disposición de biosólidos y con el colector Costero 2; y con esos mismos proyectos podrían presentarse también riesgos ambientales, además del emisor subacuático de la PTAR SAB.

4.2.2 Evaluación de riesgos.

Una vez identificados los posibles riesgos para la implementación de cada uno de los 22 proyectos contemplados al corto y mediano plazos, se procedió a evaluar el nivel de los posibles riesgos de cada uno de los proyectos, clasificando los riesgos en alto, medio y bajo (rojo, amarillo y verde, respectivamente).

Como puede observarse en la matriz de riesgos, los proyectos de rehabilitación de colectores y plantas de bombeo tendrían un menor riesgo para su implementación en los diferentes aspectos (técnicos, financieros, legales, sociales, políticos), principalmente porque ya se tiene experiencia en su construcción; se cuenta con los derechos de paso, que han tenido aceptación social y ya han impactado al medio ambiente de alguna forma. En tanto que la obra nueva es más susceptible de presentar algunos riesgos, particularmente en el aspecto legal, posible descontento social, algunos reclamos políticos y lentitud en aprobaciones ambientales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 180. Matriz de evaluación de riesgos por proyecto.

| Periodo de ejecución | Proyecto | Tipo de riesgo | | | | | |
|--|---|----------------|------------|-------|--------|----------|-----------|
| | | Técnico | Financiero | Legal | Social | Político | Ambiental |
| 2021 | Rehabilitación del interceptor Internacional | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Insurgentes | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Oriente | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Poniente | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PB 1 A y B | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PB Matadero | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PB Laureles I | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PB Laureles II | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| 2022-2024 | Construcción de nueva PTAR SAB | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Rosario Castellanos | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Poniente Viejo | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Construcción del colector Costero 2 | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación emisor Líneas Cuatas | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Sánchez Taboada (obra complementaria) | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del colector Industrial | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo La Encantada (pretratamiento nuevo) | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de los Cárcamos San Pedro Sur y Norte | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Playas (3 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 2+1) | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo de Bombeo Aguas Residuales Fideicomiso El Florido (de 2 Equipos Electromecánico (Motor, Bomba y CCM) en sistema 1+1) | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación Cárcamo Centro Recreativo (cambio de lugar y adecuaciones para el pretratamiento- | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo Emiliano Zapata | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo El Soler | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo Puerto Nuevo (instalación de pretratamiento para G&ADAF) | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamo Santa Mónica # 1 y 2 | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del Cárcamos Papas and Beer | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación del cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Construcción del bombeo Sainz-PTAR Arturo Herrera | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PTAR Arturo Herrera | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PTAR Villas del Prado | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PTAR La Morita | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Rehabilitación de la PTAR Rosarito Norte | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas | Alto | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Alto |
| | PTAR Matanuco | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Construcción de sitio para disposición de biosólidos de las PTAR | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| | Implementación de un sistema de telemetría | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo |
| Construcción de obra de toma a gravedad PB-CILA | Bajo | Alto | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | |
| Línea de impulsión del cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | |
| Cárcamo de bombeo Emisor Rosarito | Bajo | Alto | Bajo | Bajo | Bajo | Bajo | |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Simbología de riesgo

Alto

Medio

Bajo





COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.2.3 Propuesta de mecanismos de mitigación.

Se proponen diferentes mecanismos para la mitigación de riesgos asociados con la implementación de este programa; el desglose se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 181. Propuesta de mecanismos de mitigación de riesgos asociados.

| Tipo de riesgo | Sugerencia de mitigación |
|----------------|--|
| Técnico | Diseñar a detalle el programa de licitación, considerando todos los elementos que deben concurrir. Análisis detallado de las propuestas licitantes que cumplan con los requerimientos del proyecto. Considerar los proyectos de tratamiento y reúso como interdependientes en su operación, por lo que se planeará el inicio de operación de cada uno de ellos. Que el OO mantenga un programa constante de monitoreo de posibles fuentes emisoras de contaminantes, para evitar problemas en el influente de las PTAR. Implementar un programa de reposiciones y rehabilitaciones de colectores y subcolectores de forma paralela a este programa, para asegurar los volúmenes de agua en las PTAR Establecer las condiciones en el contrato para evitar obsolescencia del equipo y tecnología en el corto tiempo. |
| Financiero | Realizar con anticipación los cierres financieros para evitar demoras. Considerar los escenarios del sector construcción postcovid que han realizado diversos organismos internacionales para partir de un contexto realista. Ejecutar un programa de rehabilitación de colectores para asegurar los volúmenes de aguas negras en las PTAR, en caso de una APP, y obtener los ingresos estimados. Plantear un escenario alternativo, en caso de que no se logre captar el flujo requerido para hacer frente al pago de las obras o contrato de concesión. |
| Legal | Que el OO inicie las gestiones para la certeza de los derechos de propiedad sobre los predios de los proyectos. Establecer claramente las cláusulas contractuales. |
| Social | Previo a la licitación de las obras, comunicar a la sociedad hincapié en sus beneficios. Comunicar previamente a los grupos ambientalistas los proyectos para que se conviertan en promotores de los mismos. |
| Político | Comunicar el proyecto a los actores clave que lo promuevan más allá de un cambio de administración. Comunicar y difundir ampliamente el proyecto para lograr un respaldo al mismo. |
| Ambiental | Explorar con anticipación las entidades y tiempos requeridos para la infraestructura mar adentro. Asegurar los estándares de construcción, protocolos de operación y calificación del personal operativo |

Fuente: elaboración propia, 2020.

Como se aprecia en la tabla, existen diferentes mecanismos y estrategias para hacer una planeación de la ejecución del programa y detectar a tiempo los riesgos para poder mitigarlos o eliminarlos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Bibliografía

BANOBRAS, BDAN, CESPT, MAV (2019). Proyecto de construcción y rehabilitación de la PTAR San Antonio de Los Buenos. Estudio de ingeniería básica.

BDAN, ARCADIS (2019). Estudio de las obras de desvío del río Tijuana: Análisis de flujo, diagnóstico de infraestructura y desarrollo de alternativas. Reporte final.

BDAN, CEA, CESPT (2019). Estudio de tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

BDAN, CESPT (2020). Estudio de análisis de alternativas para la rehabilitación del interceptor internacional en la ciudad de Tijuana, BC.

BDAN, CESPT (2020). Propuesta de certificación de la rehabilitación del colector Oriente.

CEA BC, CONAGUA (2018). Programa hídrico del estado de Baja California, visión 2035.

CESPT (2003). Plan Maestro de agua potable y saneamiento en los municipios de Tijuana y Playas de Rosarito.

CESPT (2011). Plan Hídrico 2010-2030.

CESPT (2015-2020). Dictamen de estados financieros.

CESPT (2018). Plan integral de saneamiento y reúso del agua en Tijuana y Playas de Rosarito, en el estado de Baja California.

CESPT (2020). Indicadores gerenciales.

CESPT (2020). Tarifa de julio de 2020.

CESPT. Manual de procedimiento de diagnóstico de colectores (2001). Manual de procedimiento de inspección con unidad móvil para alcantarillado sanitario (2001). Manual de procedimiento de operación de la cámara de circuito cerrado de televisión para inspección de alcantarillado sanitario (2001). Manual de procedimiento de recopilación de información para realizar diagnósticos y propuestas de solución a las redes primarias y secundarias de alcantarillado sanitario (2001). Manual de procedimiento de diagnóstico de redes de alcantarillado sanitario (2001). Manual de procedimiento de inspección con cámara de inspección portátil en tubería de alcantarillado sanitario (2006). Manual de procedimiento de inspección de estructuras alcantarillado sanitario (2001). Manual de procedimiento de nivelación de pozos de visita (2001).

CESPT. Manual de procedimiento para la operación de emergencia en la PB Playas de Tijuana (2005). Manual de procedimiento para actividades y parámetros de operación normal en la PB Playas de Tijuana (2001). Manual de procedimiento para actividades de operación de emergencia de la PB de la Ave. Internacional (2001). Manual de procedimiento de actividades y parámetros de operación normal de la PB de la Ave. Internacional (2001). Manual de procedimiento de operación y mantenimiento PB 1B Ave. Internacional (2001).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CESPT, SI+I (2015) Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto: sitio de disposición para el manejo de lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito, BC.

CESPT, USTDA. Hazen and Sawyer (2008). Informe final combinado– final. Modernización del Sistema de Aguas Residuales de Tijuana.

CESTP. Manual de procedimientos operativos de la PTAR Punta Bandera (2009). Manual de procedimientos descriptivo de los procesos de operación de las PTAR (2019). Manual de procedimiento para el desfogue del sistema lagunar de la PTAR San Antonio de Los Buenos (2005): Manual de procedimiento para mantener el proceso de desinfección de la PTAR San Antonio del Mar (2005). Manual de procedimiento general para la operación de las PTAR lagunas de oxidación (2010). Manual de procedimiento para mantener el proceso de desinfección de la PTAR San Antonio de Los Buenos (2001). Manual de operaciones de la PTAR Monte de Los Olivos (sin fecha). Manual de procedimientos operativos de una PTAR con sistema de lodos activados (2009) Manual de operación de PTAR de Punta Bandera (2009). Manual de operación de PTAR por medio de lodos activados, Lagunas de Rosarito (2009). Manual de operación de la PTAR San Antonio del Mar (2009). Manual de procedimiento de operación de la PTAR Santa Fe (2009).

CILA (2012). Proyecto Piloto de infiltración con agua residual tratada en el acuífero del Valle de Las Palmas, Tijuana, BC.

CILA. Fundación Gonzalo Río Arronte. Fundación Internacional de la Comunidad (2020); Programa de Manejo Integral del Agua, Cuenca Río Tijuana.

CILA, Sección Mexicana. Actas 222, 320, 270, 283, 294, 298.

COCEF, CDM Smith (2013). Final report. Biosolids marketing and process assessment.

COCEF, CESPT (2013). Estudio Hidrogeológico para el Reúso en Valle de Las Palmas, B. C.

COCEF, CESPT, SI+I (2007). Estudio de factibilidad para el reúso de aguas residuales tratadas dentro de la zona urbana de Tijuana, BC.

EL COLEF. Fundación Río Arronte, Pro-Natura Noroeste; Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental, Abiso (2017); Diagnóstico socioambiental para el Programa del Manejo Integral del Agua de la Cuenca del Río Tijuana.

COCEF/NADBANK (2007). Proyecto de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario San isidro Chih.

EPA, BDAN, CESPT, CSI Ingenieros (2004). Identificación y evaluación de alternativas para la disposición del efluente tratado de las aguas residuales del municipio de Tijuana, BC.

Gobierno del Estado de BC. (2020) Plan Estatal de Desarrollo 2020-2024.

Gobierno del Estado de BC. (2019) Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Baja California.

Gobierno del Estado de BC. (2020) Ley que reglamenta el servicio de agua potable en el estado de Baja California.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

ODIS Asversa (2019), Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad regional. Sistema de Conducción de agua para el Valle de Guadalupe, localizado en los municipios de Tijuana, Rosarito y Ensenada, B. C.

Presidencia de la República (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.

SEMARNAT, CONAGUA (2012). Programa Hídrico Regional Visión 2030. Región Hidrológico-Administrativa I Península de Baja California.

SEMARNAT, IMTA, CESPT (2007). Estudio geohidrológico de la zona comprendida entre el rancho Santa Anita, presa Abelardo L. Rodríguez y el Valle de Las Palmas, BC.

XXIII Ayuntamiento de Tijuana (2020). Plan Municipal de Desarrollo 2020-2021.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Acrónimos

| | |
|-----------------|---|
| °C | Grados centígrados |
| ANC | Agua no contabilizada |
| BC | Baja California |
| BDAN | Banco de Desarrollo del Norte |
| CEA | Comisión Estatal del Agua de Baja California |
| CESPT | Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana |
| CILA | Comisión Internacional de Límites y Aguas |
| CONAGUA | Comisión Nacional del Agua |
| CPEUM | Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxígeno |
| DOF | Diario Oficial de la Federación |
| EE. UU. | Estados Unidos de América |
| ENIGH | Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares |
| EPA | Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos |
| hm ³ | Hectómetro cúbico / millones de metros cúbicos |
| HP | Caballos de Fuerza (Horse Power) |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| LAN | Ley de Aguas Nacionales |
| lps | Litros por segundo |
| NOM | Norma Oficial Mexicana |
| PB | Planta de bombeo |
| PEAD | Polietileno de alta densidad |
| PEH | Programa Estatal Hídrico |
| pH | Potencial de Hidrógeno |
| PITAR | Planta internacional de tratamiento de aguas residuales |
| PNH | Programa Nacional Hídrico |
| PHR | Programa Hídrico Regional |
| POE | Periódico Oficial del Estado de Baja California |
| PTAR | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales |
| PVC | Policloruro de Vinilo |
| REPDA | Registro Público de Derechos de Agua |
| RH | Región Hidrológica |
| SAB | San Antonio de Los Buenos |
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| SMN | Servicio Meteorológico Nacional |
| SSA | Secretaría de Salud |
| SST | Sólidos suspendidos totales |
| UN | Unidades económicas |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Resumen de problemática, solución e inversión, Tijuana, BC..... | 7 |
| Tabla 2. Subcuencas de aportación del sistema de alcantarillado del río Tijuana..... | 11 |
| Tabla 3. Subcuencas de aportación del sistema de alcantarillado de la zona costa..... | 11 |
| Tabla 4. Indicadores de gestión de Tijuana y Playas de Rosarito..... | 13 |
| Tabla 5. Principales colectores y subcolectores..... | 15 |
| Tabla 6. Relación de permisos de descarga de PTAR CESPT. | 16 |
| Tabla 7. Cárcamos de bombeo de aguas residuales en operación. | 17 |
| Tabla 8. Flujos de agua residual tratada en Tijuana..... | 23 |
| Tabla 9. Flujos de agua residual tratada en Playas de Rosarito. | 23 |
| Tabla 10. Parámetros de diseño para PTAR. | 23 |
| Tabla 11. Cobertura de tratamiento de agua residual en Tijuana | 25 |
| Tabla 12. Ubicación de las PTAR en el municipio de Tijuana. | 26 |
| Tabla 13. Ubicación de las PTAR en el municipio de Playas de Rosarito. | 26 |
| Tabla 14. Plantas de tratamiento de aguas residuales operadas por la CESPT. | 27 |
| Tabla 15. PTARs que operan en Tijuana..... | 29 |
| Tabla 16. PTARs que operan en Playas de Rosarito. | 30 |
| Tabla 17. Flujo de agua residual captada por el sistema de alcantarillado en Tijuana..... | 30 |
| Tabla 18. Flujo de agua residual captada por el sistema en Playas de Rosarito..... | 31 |
| Tabla 19. Volumen de agua residual tratada reusada en Tijuana y Playas de Rosarito..... | 33 |
| Tabla 20. Volumen de agua residual tratada y reusada en Tijuana..... | 33 |
| Tabla 21. Volumen de agua residual tratada y reusada en Playas de Rosarito. | 33 |
| Tabla 22. Tipos de reúso por PTAR. | 34 |
| Tabla 23. Costos de operación de las plantas de tratamiento de Tijuana (2020)..... | 39 |
| Tabla 24. Costos de operación de las PTAR de Playas de Rosarito (2020)..... | 39 |
| Tabla 25. Tarifa doméstica de agua potable en Tijuana, 2020. | 41 |
| Tabla 26. Tarifa comercial, industrial, gubernamental y otros usos no domésticos Tijuana 2020... 41 | |
| Tabla 27. Tarifa de aguas residuales en Tijuana, 2020..... | 42 |
| Tabla 28. Tarifa por la recepción y tratamiento de aguas residuales en Tijuana, 2020. | 42 |
| Tabla 29. Estado de los colectores y subcolectores..... | 48 |
| Tabla 30. Estado de los cárcamos de bombeo de aguas residuales. | 52 |
| Tabla 31. Relación de operadores por PTAR..... | 54 |
| Tabla 32. Estado de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales. | 55 |
| Tabla 33. Costos de funcionamiento..... | 66 |
| Tabla 34. Resultados del ejercicio..... | 67 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|--|----|
| Tabla 35. Cálculo de la aportación per cápita en Tijuana. | 68 |
| Tabla 36. PTARs que operan en Tijuana (2018). | 68 |
| Tabla 37. Población de proyecto. | 69 |
| Tabla 38. Población histórica. | 69 |
| Tabla 39. Cálculo de la aportación per cápita en Tijuana. | 70 |
| Tabla 40. Cálculo de la aportación per cápita en Playas de Rosarito. | 70 |
| Tabla 41. Cálculo de la aportación per cápita en Tijuana y Playas de Rosarito. | 70 |
| Tabla 42. Cálculo de la dotación per cápita en Tijuana. | 70 |
| Tabla 43. Cálculo de la dotación per cápita en Playas de Rosarito. | 70 |
| Tabla 44. Cálculo de la dotación per cápita en Tijuana y Playas de Rosarito. | 71 |
| Tabla 45. Generación de aguas residuales en Tijuana. | 71 |
| Tabla 46. Generación de aguas residuales en Playas de Rosarito. | 71 |
| Tabla 47. Generación de aguas residuales por subcuenca en Ips. | 71 |
| Tabla 48. Análisis de la capacidad del colector Valle Redondo. | 73 |
| Tabla 49. Análisis de la capacidad del colector Matanuco Sur. | 73 |
| Tabla 50. Análisis de la capacidad del colector Monte de los Olivos. | 74 |
| Tabla 51. Análisis de la capacidad del colector Fideicomiso Florido. | 74 |
| Tabla 52. Análisis de la capacidad del colector Insurgentes. | 74 |
| Tabla 53. Análisis de la capacidad del colector Alamar. | 74 |
| Tabla 54. Análisis de la capacidad del colector Oriente. | 75 |
| Tabla 55. Análisis de la capacidad del colector Oriente-Buena Vista. | 75 |
| Tabla 56. Análisis de la capacidad del colector Oriente Viejo. | 75 |
| Tabla 57. Análisis de la capacidad del colector Poniente. | 75 |
| Tabla 58. Análisis de la capacidad del colector Internacional. | 76 |
| Tabla 59. Análisis de la capacidad del colector INV. | 76 |
| Tabla 60. Análisis de la capacidad del colector Tecolote-La Gloria. | 76 |
| Tabla 61. Análisis de la capacidad del colector La Gloria-Rosarito. | 77 |
| Tabla 62. Análisis de la capacidad de las plantas de bombeo principales. | 77 |
| Tabla 63. Análisis de la capacidad de las plantas de tratamiento principales. | 78 |
| Tabla 64. Necesidades de rehabilitación de colectores y subcolectores. | 86 |
| Tabla 65. Necesidades de rehabilitación menor de colectores y subcolectores. | 87 |
| Tabla 66. Necesidades de rehabilitación de redes de alcantarillado sanitario. | 88 |
| Tabla 67. Obras complementarias de rehabilitación de redes de alcantarillado sanitario. | 89 |
| Tabla 68. Necesidades de rehabilitación de cárcamos de bombeo. | 93 |
| Tabla 69. Necesidades de infraestructura en la PTAR Rosarito Norte. | 93 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|--|-----|
| Tabla 70. Necesidades de infraestructura en la PTAR Rosarito I. | 93 |
| Tabla 71. Necesidades de Infraestructura en la PTAR Villas del Prado..... | 94 |
| Tabla 72. Necesidades de infraestructura en la PTAR La Morita | 94 |
| Tabla 73. Necesidades de infraestructura en la PTAR José Arturo Herrera Solís. | 94 |
| Tabla 74. Costos estimados de construcción del túnel Punta Bandera y obra complementaria. .. | 102 |
| Tabla 75. Costos estimados de construcción del túnel Arroyo SAB y obra complementaria. | 104 |
| Tabla 76. Costos estimados para la construcción del túnel cañón Matadero y obra complementaria. | 107 |
| Tabla 77. Necesidades de infraestructura de alcantarillado sanitario..... | 108 |
| Tabla 78. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 1. | 116 |
| Tabla 79. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 2. | 118 |
| Tabla 80. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 1. | 119 |
| Tabla 81. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 2. | 120 |
| Tabla 82. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 1..... | 121 |
| Tabla 83. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 2..... | 122 |
| Tabla 84. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 1..... | 123 |
| Tabla 85. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 2..... | 124 |
| Tabla 86. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1. | 128 |
| Tabla 87. Ventajas y desventajas de la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2. | 129 |
| Tabla 88. Ventajas y desventajas de la construcción del colector Costero 2, alternativa 1. | 130 |
| Tabla 89. Ventajas y desventajas de la construcción del colector Costero 2, alternativa 2. | 131 |
| Tabla 90. Ventajas y desventajas de la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 1..... | 131 |
| Tabla 91. Ventajas y desventajas de la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2..... | 132 |
| Tabla 92. Características del predio de la PTAR La Morita..... | 144 |
| Tabla 93. Características del nuevo predio propuesto para la PTAR La Morita..... | 144 |
| Tabla 94. Ventajas y desventajas de la construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1. | 146 |
| Tabla 95. Cálculo hidráulico del interceptor Internacional, alternativa 1..... | 150 |
| Tabla 96. Cálculo hidráulico del interceptor Internacional, alternativa 2..... | 150 |
| Tabla 97. Cálculo hidráulico del colector Insurgentes, alternativa 1. | 151 |
| Tabla 98. Cálculo hidráulico del colector Insurgentes, alternativa 2 | 151 |
| Tabla 99. Cálculo hidráulico del colector Oriente, alternativa 1..... | 151 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|---|-----|
| Tabla 100. Cálculo hidráulico del colector Oriente, alternativa 2..... | 151 |
| Tabla 101. Cálculo hidráulico del colector Poniente, alternativa 1 y 2..... | 152 |
| Tabla 102. Cálculo hidráulico del colector Rosario Castellanos, alternativa 1 y 2..... | 152 |
| Tabla 103. Cálculo hidráulico del colector Poniente Viejo, alternativa 1 y 2..... | 152 |
| Tabla 104. Cálculo hidráulico del colector Sánchez Taboada, alternativa 1 y 2..... | 153 |
| Tabla 105. Cálculo hidráulico del colector Costero 2, alternativa 1..... | 153 |
| Tabla 106. Cálculo hidráulico del colector Costero 2, alternativa 2..... | 153 |
| Tabla 107. Cálculo hidráulico del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1..... | 154 |
| Tabla 108. Cálculo hidráulico del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2..... | 154 |
| Tabla 109. Cálculo hidráulico de línea impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 1..... | 154 |
| Tabla 110. Cálculo hidráulico de línea impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2..... | 154 |
| Tabla 111. Cálculo hidráulico del colector alimentador al cárcamo de bombeo de línea impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2..... | 154 |
| Tabla 112. Parámetros de diseño en PTAR..... | 157 |
| Tabla 113. Gastos de diseño de PTAR SAB, en un horizonte de 30 años..... | 158 |
| Tabla 114. Tabla resumen de diseño de la PTAR SAB..... | 158 |
| Tabla 115. Gastos de diseño de PTAR La Morita en un horizonte de 30 años..... | 160 |
| Tabla 116. Tabla resumen de diseño de la PTAR La Morita..... | 160 |
| Tabla 117. Gastos de diseño en un horizonte de 30 años..... | 162 |
| Tabla 118. Tabla resumen de diseño de la PTAR..... | 162 |
| Tabla 119. Cálculo hidráulico del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1.... | 163 |
| Tabla 120. Cálculo hidráulico del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 2... .. | 163 |
| Tabla 121. Resumen de la comparativa de costos de alternativas de colectores..... | 168 |
| Tabla 122. Presupuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 1..... | 169 |
| Tabla 123. Presupuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 2..... | 170 |
| Tabla 124. Presupuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 1..... | 171 |
| Tabla 125. Presupuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 2..... | 171 |
| Tabla 126. Presupuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 1..... | 172 |
| Tabla 127. Presupuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 2..... | 172 |
| Tabla 128. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 1..... | 173 |
| Tabla 129. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 2..... | 173 |
| Tabla 130. Presupuesto para la rehabilitación del colector Rosario Castellanos, alternativa 1.... | 174 |
| Tabla 131. Presupuesto para la rehabilitación del colector Rosario Castellanos, alternativa 2.... | 174 |
| Tabla 132. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente Viejo, alternativa 1..... | 175 |
| Tabla 133. Presupuesto para la rehabilitación del colector Poniente Viejo, alternativa 2..... | 175 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|---|-----|
| Tabla 134. Presupuesto para la rehabilitación del colector Sánchez Taboada, alternativa 1..... | 176 |
| Tabla 135. Presupuesto para la rehabilitación del colector Sánchez Taboada, alternativa 2..... | 176 |
| Tabla 136. Presupuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 1..... | 177 |
| Tabla 137. Presupuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 2..... | 177 |
| Tabla 138. Presupuesto de la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1..... | 178 |
| Tabla 139. Presupuesto para la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2..... | 178 |
| Tabla 140. Comparativa de costos de plantas de bombeo..... | 179 |
| Tabla 141. Presupuesto para la alternativa 1..... | 179 |
| Tabla 142. Presupuesto para alternativa 2 | 180 |
| Tabla 143. Presupuesto para rehabilitación de la PB1-A, alternativa 3..... | 180 |
| Tabla 144. Presupuesto para rehabilitación de la PB1-B, alternativa 3..... | 180 |
| Tabla 145. Costos de operación y mantenimiento de PB1, alternativa 3..... | 180 |
| Tabla 146. Presupuesto para la rehabilitación de la planta de bombeo Matadero, alternativa 1. | 181 |
| Tabla 147. Presupuesto para construcción de una nueva planta de bombeo Matadero, alternativa 2. | 181 |
| Tabla 148. Presupuesto para la rehabilitación de la planta de bombeo Laureles I, alternativa 1.. | 181 |
| Tabla 149. Presupuesto para construcción de una nueva planta de bombeo Laureles I, | 182 |
| Tabla 150. Presupuesto para la rehabilitación de la planta de bombeo Laureles II, alternativa 1. | 182 |
| Tabla 151. Presupuesto para construcción de una nueva planta de bombeo Laureles II, alternativa 2 | 182 |
| Tabla 152. Presupuesto para la construcción del bombeo y línea de impulsión Sainz, alternativa 1 | 183 |
| Tabla 153. Presupuesto para la construcción del bombeo y línea de impulsión cañón del Sainz, alternativa 2. | 183 |
| Tabla 154. Presupuesto para construcción de la PTAR en el actual sitio, alternativa 1. | 184 |
| Tabla 155. Presupuesto para construcción de nueva PTAR, alternativa 2..... | 184 |
| Tabla 156. Presupuesto para construcción de la nueva PTAR, alternativa 1..... | 185 |
| Tabla 157. Presupuesto para construcción de la nueva PTAR, alternativa 2..... | 185 |
| Tabla 158. Presupuesto para construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1. | 186 |
| Tabla 159. Presupuesto para construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, | 186 |
| Tabla 160. Comparativa de costos de proyectos complementarios..... | 187 |
| Tabla 161. Presupuesto para la construcción de obra toma PEAD 48", alternativa 1..... | 187 |
| Tabla 162. Presupuesto para la construcción de obra toma PVC 48", alternativa 2. | 187 |
| Tabla 163. Presupuesto para la disposición final mediante un tercero, alternativa 1 | 188 |
| Tabla 164. Costos por incinerador, alternativa 2..... | 188 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|--|-----|
| Tabla 165. Costos por nuevo sitio de disposición, alternativa 3 | 188 |
| Tabla 166. Costos asociados a la alternativa 1..... | 188 |
| Tabla 167. Costos del sistema de telemetría de la alternativa 2 | 189 |
| Tabla 168. Criterios propuestos para la evaluación de alternativas. | 189 |
| Tabla 169. Valoración de alternativas..... | 190 |
| Tabla 170. Acciones y proyectos para colectores principales y obras de conducción..... | 192 |
| Tabla 171. Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales. | 193 |
| Tabla 172. Acciones y proyectos para plantas de tratamiento..... | 193 |
| Tabla 173. Acciones y proyectos para infraestructura de reúso de agua. | 193 |
| Tabla 174. Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación..... | 194 |
| Tabla 175. Acciones y proyectos de mediano y largo plazos (2025-2050). | 194 |
| Tabla 176. Resumen de necesidades de infraestructura 2020-2050..... | 194 |
| Tabla 177. Modalidades de financiamiento para la infraestructura..... | 197 |
| Tabla 178. Riesgos potenciales para la ejecución de los proyectos..... | 200 |
| Tabla 179. Matriz de riesgos identificados..... | 201 |
| Tabla 180. Matriz de evaluación de riesgos por proyecto. | 203 |
| Tabla 181. Propuesta de mecanismos de mitigación de riesgos asociados..... | 204 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Localización geográfica del municipio de Tijuana. | 8 |
| Ilustración 2. Regiones Hidrológico-Administrativas. | 9 |
| Ilustración 3. Plano de subcuencas de aportación del sistema de alcantarillado de Tijuana | 12 |
| Ilustración 4. Esquema del sistema de alejamiento de aguas residuales. | 14 |
| Ilustración 5. Plano de la red primaria de alcantarillado sanitario. | 16 |
| Ilustración 6. Cobertura del sistema de saneamiento. | 25 |
| Ilustración 7. Plano de ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales..... | 27 |
| Ilustración 8. Sistema principal de reúso de agua residual tratada. | 33 |
| Ilustración 9. Protocolo de arranque PB-CILA. | 36 |
| Ilustración 10. Protocolo de operativo en emergencias de PB-CILA..... | 37 |
| Ilustración 11. Resultados del ejercicio..... | 40 |
| Ilustración 12. Deuda a largo plazo. | 40 |
| Ilustración 13. Tarifa doméstica de 15 metros cúbicos. | 42 |
| Ilustración 14. Colapso del colector Poniente, bulevar Federico Benítez..... | 45 |
| Ilustración 15. Falta de protección en el colector Poniente, colonia Arboledas La Mesa. | 46 |
| Ilustración 16. Obra inconclusa, colector de refuerzo Los Reyes, parcela 53..... | 46 |
| Ilustración 17. Pozo deteriorado, colector Insurgentes, Alamar. | 46 |
| Ilustración 18. Colapso colector Insurgentes, camellón central del bulevar Insurgentes. | 47 |
| Ilustración 19. Colapso colector Oriente, avenida Murúa Martínez. | 47 |
| Ilustración 20. Plano de ubicación del estado actual de la red primaria de alcantarillado. | 48 |
| Ilustración 21. Cárcamo húmedo Laureles, sistema de pretratamiento fuera de operación..... | 51 |
| Ilustración 22. Cárcamo húmedo Laureles II, pretratamiento fuera de operación. | 51 |
| Ilustración 23 . Sobreequipamiento electromecánico PB CILA..... | 52 |
| Ilustración 24. Cárcamo húmedo deteriorado en PB Matadero, falta de techumbre. | 52 |
| Ilustración 25. Ubicación de los cárcamos de bombeo..... | 54 |
| Ilustración 26. Ubicación de la descarga de la PTAR SAB..... | 58 |
| Ilustración 27. Sitio de la descarga al arroyo SAB. | 58 |
| Ilustración 28. Recorrido de descarga de la PTAR JAHS. | 59 |
| Ilustración 29. Punto de descarga de la PTAR JAHS. | 59 |
| Ilustración 30. Recorrido del agua residual tratada de la PTAR La Morita-PB-CILA..... | 60 |
| Ilustración 31. Punto de descarga de la PTAR La Morita | 60 |
| Ilustración 32. Recorrido del agua residual de la PTAR Rosarito Norte. | 61 |
| Ilustración 33. Punto de descarga de la PTAR Rosarito Norte. | 61 |
| Ilustración 34. Recorrido de la descarga de la PTAR Rosarito I..... | 62 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|--|-----|
| Ilustración 35. Recorrido de la descarga de la PTAR Villas del Prado. | 62 |
| Ilustración 36. Punto de descarga de la PTAR Villas del Prado. | 63 |
| Ilustración 37. Recorrido del agua de la PTAR Natura I. | 63 |
| Ilustración 38. Descarga de la PTAR Natura I. | 64 |
| Ilustración 39. Recorrido del agua de la PTAR Pórticos de San Antonio. | 64 |
| Ilustración 40. Descarga de la PTAR Pórticos de San Antonio. | 65 |
| Ilustración 41. Recorrido del agua de la PTAR San Antonio del Mar. | 65 |
| Ilustración 42. Descarga de la PTAR San Antonio del Mar. | 66 |
| Ilustración 43. Plano de cuencas hidrológicas con los flujos medios estimados para 2050. | 73 |
| Ilustración 44. Caudales tratados por la PTAR La Morita. | 79 |
| Ilustración 45. Área de influencia del túnel Punta Bandera. | 100 |
| Ilustración 46. Planta y perfil del túnel Punta Bandera. | 101 |
| Ilustración 47. Planta de bombeo (PB1 C) y línea de impulsión en Punta Bandera. | 101 |
| Ilustración 48. Área de influencia del túnel arroyo SAB. | 102 |
| Ilustración 49. Planta y perfil del túnel Arroyo SAB. | 103 |
| Ilustración 50. Planta de bombeo (PB1 C) y línea de impulsión en arroyo SAB. | 104 |
| Ilustración 51. Área de influencia del túnel Matadero. | 105 |
| Ilustración 52. Planta y perfil del túnel Matadero. | 106 |
| Ilustración 53. Planta y perfil del túnel Playas de Tijuana. | 106 |
| Ilustración 54. Planta de bombeo y línea de impulsión en cañón Matadero. | 107 |
| Ilustración 55. Trazo propuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 1. | 114 |
| Ilustración 56. Trazo propuesto para la rehabilitación del interceptor Internacional, alternativa 2. | 116 |
| Ilustración 57. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 1. | 119 |
| Ilustración 58. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Insurgentes, alternativa 2. | 120 |
| Ilustración 59. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 1. | 121 |
| Ilustración 60. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Oriente, alternativa 2. | 122 |
| Ilustración 61. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Poniente, alternativa 1 y 2. | 123 |
| Ilustración 62. Trazo propuesto para rehabilitación del colector Rosario Castellanos, alternativas 1 y 2. | 125 |
| Ilustración 63. Trazo propuesto para la rehabilitación del colector Poniente Viejo, alternativa 1 y 2. | 126 |
| Ilustración 64. Trazo de rehabilitación del colector Sánchez Taboada (obras complementarias), alternativas 1 y 2. | 127 |
| Ilustración 65. Trazo propuesto para la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 1. | 128 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|---|-----|
| Ilustración 66. Trazo propuesto para la rehabilitación del emisor Líneas Cuatas, alternativa 2 | 129 |
| Ilustración 67. Trazo propuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 1. | 130 |
| Ilustración 68. Trazo propuesto para la construcción del colector Costero 2, alternativa 2. | 130 |
| Ilustración 69. Trazo propuesto para la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 1. | 131 |
| Ilustración 70. Trazo propuesto para la construcción del cárcamo y línea de impulsión Sainz-Arturo Herrera, alternativa 2. | 132 |
| Ilustración 71. Predio por utilizarse para el tratamiento en EE. UU. | 134 |
| Ilustración 72. Propuesta de rehabilitación del cárcamo PB1 (A y B). | 135 |
| Ilustración 73. Propuesta de rehabilitación de la PB Matadero, alternativa 1. | 136 |
| Ilustración 74. Propuesta de rehabilitación de la PB Matadero, perfil hidráulico, alternativa 1.... | 136 |
| Ilustración 75. Ubicación para la construcción de una nueva planta Matadero, alternativa 2. | 137 |
| Ilustración 76. Propuesta de rehabilitación de la PB Laureles I, alternativa 1. | 138 |
| Ilustración 77. Ubicación para la construcción de una nueva planta Laureles I, alternativa 2. | 138 |
| Ilustración 78. Propuesta de rehabilitación de la PB Laureles II, alternativa 1. | 139 |
| Ilustración 79. Ubicación para la construcción de una nueva planta Laureles II, alternativa 2. | 140 |
| Ilustración 80. Arreglo de las unidades de tratamiento PTAR SAB, alternativa 1. | 142 |
| Ilustración 81. Ubicación de nuevo sitio para la PTAR SAB, alternativa 2. | 143 |
| Ilustración 82. Alternativa 1 en el actual predio de la PTAR La Morita. | 144 |
| Ilustración 83. Ubicación de la nueva PTAR y trazo requerido para conectar el colector Matanuco. | 145 |
| Ilustración 84. Trazo propuesto para la construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 1. | 146 |
| Ilustración 85. Trazo propuesto para la construcción del sistema de infiltración en Valle de Las Palmas, alternativa 2. | 147 |
| Ilustración 86. Diagrama de flujo de alternativa 1, PTAR SAB. | 159 |
| Ilustración 87. Diagrama de flujo de alternativa 2, PTAR SAB. | 159 |
| Ilustración 88. Diagrama de flujo de la alternativa 1, PTAR La Morita | 161 |
| Ilustración 89. Diagrama de flujo de alternativa 1, PTAR La Morita. | 163 |
| Ilustración 90. Trazo propuesto para la construcción de la nueva obra de toma a gravedad PB-CILA. | 164 |
| Ilustración 91. Trazo propuesto para la construcción de la nueva obra de toma a gravedad PB-CILA. | 165 |
| Ilustración 92. Ubicación de la empresa donde se disponen los biosólidos. | 166 |
| Ilustración 93. Ubicación del sitio estudiado para la instalación del incinerador. | 166 |
| Ilustración 94. Ubicación del sitio privado utilizado para disponer biosólidos. | 167 |



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

| | |
|---|-----|
| Ilustración 95. Esquema de saneamiento 2020. | 195 |
| Ilustración 96. Esquema de saneamiento 2050. | 196 |