



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

N A C O

S O N O R A

INFORME ESPECIAL

Agosto, 2021





COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CONTENIDO

Resumen	5
1 Diagnóstico de los sistemas de saneamiento de la región	8
1.1 Recopilación y análisis de la información.....	9
1.1.1 Sistema principal de alcantarillado	9
1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales	15
1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.....	21
1.1.4 Generalidades	22
1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.....	25
1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).....	26
1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación	28
1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra	28
1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final	28
1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento	29
1.2.6 Capacidades financieras de los organismos.....	30
2 El déficit de saneamiento en la región.....	31
2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura	32
2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales	34
2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales	34
2.1.3 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.....	34
2.1.4 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.....	35
2.1.5 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso	36
2.1.6 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.....	36
2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento.....	37
2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil.....	37
2.2.2 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.....	38
2.2.3 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada.....	38
2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.....	38
2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos).....	38
2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.....	39
3 Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región	40
3.1 Planteamiento de alternativas	40
3.1.1 Planteamiento de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción	40



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.1.2	Planteamiento de alternativas para plantas de bombeo principales	42
3.1.3	Planteamiento de alternativas para plantas de tratamiento.....	43
3.1.4	Planteamiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua	43
3.1.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	43
3.2	Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia	44
3.2.1	Dimensionamiento de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción	46
3.2.2	Dimensionamiento de alternativas para plantas de bombeo principales	54
3.2.3	Dimensionamiento de alternativas para plantas de tratamiento.....	55
3.2.4	Dimensionamiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua	55
3.2.5	Dimensionamiento de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	56
3.3	Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.....	56
3.3.1	Evaluación de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción	57
3.3.2	Evaluación de alternativas para plantas de bombeo principales.....	62
3.3.3	Evaluación de alternativas para plantas de tratamiento	63
3.3.4	Evaluación de alternativas para infraestructura para el reúso de agua	64
3.3.5	Evaluación de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	64
3.4	Selección de las alternativas más convenientes	65
3.4.1	Selección de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción	65
3.4.2	Selección de alternativas para plantas de bombeo principales	66
3.4.3	Selección de alternativas para plantas de tratamiento	67
3.4.4	Selección de alternativas para infraestructura para el reúso de agua.....	68
3.4.5	Selección de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.....	68
3.5	Integración de la cartera de acciones y proyectos.....	68
3.5.1	Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción	70
3.5.2	Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.....	71
3.5.3	Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.....	72
3.5.4	Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación	72
4	Organización y alternativas de financiamiento.....	73
4.1	Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento	73
4.1.1	Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.....	75



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.1.2	Planteamiento de opciones de organización para la ejecución	76
4.1.3	Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento ..	79
4.2	Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos	79
4.2.1	Identificación de riesgos (construcción de matriz)	79
4.2.2	Evaluación de riesgos	81
4.2.3	Propuesta de mecanismos de mitigación	82
5	Bibliografía	84
	Acrónimos.....	85
	Glosario de términos	86
	Índice de ilustraciones	88
	Índice de tablas.....	89



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Resumen

Es importante describir las características generales del Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran Visión, en lo correspondiente a la ciudad de Naco, Sonora, el cual tiene entre sus objetivos obtener y mostrar la información básica que se necesita para identificar posibles inversiones y seleccionar aquellas que atiendan las necesidades de alcantarillado y saneamiento en los próximos años y hasta el horizonte establecido del año 2050 para esta ciudad.

En este análisis se procura ofrecer una descripción general de los requerimientos de inversión, los retos clave, así como información considerada importante para el proceso de toma de decisiones en la selección de este tipo de proyectos.

Como parte de las actividades desarrolladas se ha procurado, en primer lugar, **la descripción de los servicios de saneamiento de la comunidad**, esbozando lo más específicamente posible los componentes con que cuenta el sistema y las condiciones de funcionamiento y operación de cada uno de ellos. Del análisis anterior deriva la identificación de necesidades de infraestructura, la población objetivo y las características del servicio; en segundo lugar, se trató de verificar que las propuestas planteadas sirvan para satisfacer alguna necesidad actualmente no atendida y se brinde atención a los sectores de población en los que la demanda supera la oferta.

Uno de los criterios fundamentales, para realizar el presente estudio, se refiere a que los planteamientos aquí hechos compitan con éxito con lo existente en términos de diseño, precio, ubicación y disponibilidad.

Para lo anterior se tomaron en consideración los datos obtenidos a partir de información de varias fuentes, y evaluaciones diversas, con el objeto de definir una cartera base por tipos de proyecto, que contiene la estimación de costos de inversión, riesgos, problemática general y otras informaciones importantes que pueden brindar datos útiles sobre las necesidades y el seguimiento del progreso de cada proyecto, y crear en lo posible una idea más concreta sobre los hitos y desafíos para hacerlos avanzar hasta su realización.

Teniendo en cuenta que los recursos para invertir en este tipo de infraestructuras son frecuentemente muy limitados, se busca que el estudio sea base de información común entre diversos actores para coordinar esfuerzos en la preparación detallada de los proyectos y así llevarlos a su etapa de viabilidad, buscando organizar los recursos requeridos para apoyar la formulación de cada proyecto.

Naco, Sonora, es una localidad cuya formación se remonta a los inicios del siglo XX con el cruce del Ferrocarril Naco, Arizona a Cananea, Sonora; ahora es cabecera municipal del municipio del mismo nombre y está ubicada en el límite con Estados Unidos de América, colindando con la ciudad fronteriza de Naco, Arizona; se encuentra también en las inmediaciones de las ciudades de Agua Prieta y Cananea de este estado, así como con Bisbee y Douglas, Arizona, USA. Localizada al noreste del estado de Sonora en el paralelo 31° 19' 32", de latitud norte, y en el meridiano 109° 56' 52" de longitud oeste de Greenwich, con una altitud media de 1,404.7 msnm.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los datos básicos de cobertura y eficiencias de los servicios de agua potable y alcantarillado de Naco, Sonora son los siguientes:

Tabla1. Datos generales de los servicios de agua y saneamiento de Naco, Sonora

Coberturas %		Eficiencia del sistema %	
Agua potable	96.9	Física	75
Alcantarillado	92.7	Comercial	45
Saneamiento	92.7	Global	34

Fuente: elaboración propia

La localidad de Naco se encuentra asentada en una planicie constituida por terrenos planos a medio ondulados, con pendientes moderadas del 1.3 a 1.5 por ciento, orientadas de sur a norte.

El clima general de la zona es seco y templado, con vegetación característica semidesértica. Por el régimen de temperatura se clasifica como templado-frío, con temperaturas moderadas durante el verano, con 39°C promedio en los meses de junio y julio.

El sistema general de alcantarillado y saneamiento opera con colectores que fluyen de sur a norte por gravedad hasta un interceptor paralelo a la línea internacional que por gravedad fluye con dirección oeste a este.

Se tienen dos sistemas lagunares para tratamiento del agua residual:

1. Sistema Lagunar Oriente (Este), cuyo influente proviene por gravedad desde el interceptor paralelo a la línea internacional, y tiene una capacidad de 27 l/s.
2. Sistema Lagunar Poniente (Oeste), que actualmente no opera, y tiene una capacidad de diseño de 3.6 l/s. Sólo puede recibir aguas residuales enviadas a presión desde la planta de bombeo, denominada Estación de Bombeo Internacional.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA), en atención al cumplimiento del compromiso señalado en el artículo 3 del Tratado Internacional de Aguas de 1944, da cumplimiento al mandato de prestar atención preferente a la solución de problemas fronterizos de saneamiento, mismo que quedó suscrito también Acta 261 de fecha 24 de septiembre de 1979, también en el Acta 273 firmada el 19 de marzo de 1987, en la que además se especificaron las necesidades de saneamiento para Naco, Sonora. En dicha Acta se propusieron planes para mejorar los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales; la ejecución de estos evita el derrame de aguas residuales de Naco, Sonora, que, por configuración topográfica del terreno, escurren naturalmente hacia el norte, con dirección al campo de pozos que abastecen de agua potable a la ciudad de Bisbee, Arizona.

Adicionalmente, el 19 de septiembre de 1996 se firmó el Acta 295, que es una incorporación al Acta 273, que establece una serie de recomendaciones para constituir la operación y mantenimiento eficiente del sistema de saneamiento de la ciudad de Naco, Sonora, por medio de un proyecto propuesto en colaboración con la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Banco de Desarrollo para América del Norte (BDAN).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 2. Resumen de la problemática, solución e inversión, Naco, Sonora

Problemática	<p>Por configuración topográfica del terreno de la localidad de Naco, SO, las aguas residuales escurren naturalmente hacia el norte con dirección al campo de pozos que abastecen de agua potable a la ciudad de Bisbee, Arizona.</p> <p>Los principales problemas del sistema de alcantarillado y saneamiento de Naco se enlistan a continuación: Fugas de aguas residuales en las tuberías y pozos de visita por el mal estado y azolve de estas, que ocasionan escurrimientos de aguas residuales hacia Estados Unidos.</p> <p>Caídos o colapsos ocasionados por la corrosión en las claves de los tubos de concreto simple, producidas, en primer lugar, por la antigüedad de los conductos, y en segundo lugar, por las bajas velocidades del flujo del agua, debido a las reducidas pendientes con las que se construyeron, lo que en conjunto provoca una mayor exposición de las paredes de los tubos a los gases agresivos del agua residual.</p> <p>Redes de drenaje limitadas en su capacidad de conducción, por las condiciones topográficas de la región, ya que fueron construidas con mínimas pendientes que ahora restringen la capacidad de desalojo de las aguas residuales.</p> <p>Ingreso de objetos inapropiados a las tuberías, como el caso de gran cantidad de tierra o basura proveniente de las calles no pavimentadas y que son arrastradas por la lluvia hacia el sistema de alcantarillado.</p> <p>Existen algunas calles que aún no cuentan con tuberías de drenaje, como también algunas viviendas que aún no se han conectado al drenaje que pasa frente a sus predios.</p>
Solución	<p>Se requiere el reemplazo de varias secciones y tramos de la infraestructura de recolección, conducción y disposición de las aguas residuales. Esto es en tramos de conducto de la red primaria y tuberías de atarjeas deterioradas, pozos de visita, cajas de transferencia y cárcamos de bombeo, así como los emisores que conducen las aguas a las unidades de tratamiento.</p> <p>Los emisores de los que se hace referencia son, en primer término, el emisor que va de la planta de bombeo internacional al sistema lagunar, que es un conducto de PVC de 1.7 km de longitud y 20 cm (8 pulgadas) de diámetro, que se encuentra deteriorado y presenta fugas en varios sitios. El segundo emisor es el de la calle Internacional, que existe desde que se construyeron las lagunas del este.</p> <p>Rehabilitación mayor de los sistemas lagunares Este y Oeste para que empiecen a funcionar como un verdadero sistema de depuración de las aguas residuales que se reciben en las mismas. Esto comprende la rehabilitación de los bordos de las lagunas, sistema de baipás lagunar, sistemas de interconexión lagunares, cárcamo y equipo de bombeo interlagunar y de bombeo, conducción y disposición final de las aguas tratadas en el riego agrícola.</p>
Inversión	<p>Se presenta una cartera de acciones y proyectos para atender la demanda de saneamiento en Naco, Sonora al 2050, por un total de 231 mdp para llevar a cabo 17 acciones, de las cuales 12 atenderán la problemática de colectores y emisores, con una inversión de 219.20 mdp; dos acciones requeridas para plantas de bombeo y rebombeo, con una inversión de 2.73 mdp; una para plantas de tratamiento de aguas residuales, con una inversión de 6.5 mdp, y dos acciones que serán destinadas para infraestructura complementaria, con una inversión de 2.20 mdp.</p>



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1 Diagnóstico de los sistemas de saneamiento de la región

Naco es una pequeña ciudad fronteriza, cabecera del municipio del mismo nombre, localizado al noreste del estado de Sonora, en la frontera con Estados Unidos. Su población estimada en el 2020 es de 7045 habitantes. Se ubica a 55 kilómetros de la ciudad de Agua Prieta, Sonora.

El municipio de Naco, Sonora, colinda al norte con la población de Naco, Arizona, al otro lado de la línea fronteriza con Estados Unidos de América (ilustración 1).

Ilustración 1. Localización de la ciudad de Naco, SO



Fuente: INEGI

La localidad de Naco, SO, aunque siempre con una población pequeña, presentó su mayor incremento poblacional entre los años de 1940 a 1970, al pasar de 1443 a 3550 habitantes; en el censo 2015 su población fue de 6078 habitantes en la cabecera municipal.

Naco, SO, se asienta en una planicie de escasa pendiente, estimada con variaciones de 1 a 1.5 %, orientadas predominantemente de sur a norte, es decir hacia la línea fronteriza. Los suelos de la región son poco profundos con bajo contenido de materia orgánica, arena arcillosos, que permiten el desarrollo de la vegetación típica de las zonas semiáridas.

Las corrientes fluviales son pocas en la zona y con pequeños escurrimientos ocasionales en temporada de lluvias. Naco, SO se ubica casi en las orillas de la cuenca tributaria del río Gila, afluente del río Colorado.

El clima general es seco y templado con temperaturas de moderadas a altas, en el verano, con extremos de 41°C, y frías en invierno (hasta -18°C como máxima extrema), y régimen de lluvias, principalmente en julio y agosto.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1 Recopilación y análisis de la información

La recopilación de información técnica para el presente trabajo de Formulación de Programa de Saneamiento de la Frontera Norte, en lo concerniente a la ciudad de Naco, SO, comprende información de diversas instancias que incluyen principalmente la Comisión Estatal del Agua del Estado de Sonora, el Sistema Estatal de Información para el Ordenamiento Territorial del Estado de Sonora de la Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Sonora, el Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Naco (OOMAPAS-Naco), la Representación de la CILA en Nogales, Sonora, la Comisión Nacional del Agua, a través del Organismo de Cuenca Noroeste, el INEGI y CONAPO, con el objetivo de establecer la situación actual y condiciones generales del servicio y la infraestructura de saneamiento, definir el diagnóstico en ese sentido, y determinar las necesidades de los próximos 30 años, es decir a un horizonte del año 2050.

Tabla 3. Recopilación de la información

Descripción de la temática	Nombre	Fuente
Procedimientos de operación del sistema lagunar, tipo de reportes e información a recopilar y actividades de mantenimiento.	Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema Lagunar Este	OOMAPAS-Naco
Recomendaciones para la solución del problema fronterizo de saneamiento de Naco, SO.	Acta 273 CILA, de fecha 19 de marzo de 1987	CILA
Recomendaciones para incorporar al Acta 273 el proyecto propuesto por el estado de Sonora, sobre la conducción y tratamiento de las aguas residuales de Naco, SO.	Acta 295 CILA, de fecha 19 de septiembre de 1996	CILA
Documento del Programa de Desarrollo Urbano de Naco, Sonora, elaborado por la Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología del Estado de Sonora, 1995.	Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Naco, Sonora	CEA-SONORA
DOCUMENTO de los trabajos de elaboración del Diagnóstico de Infraestructura de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, además del análisis de alternativas para eliminar el problema de flujos transfronterizos de la ciudad de Naco, SO.	Términos de Referencia para el Diagnóstico de Infraestructura de Saneamiento y análisis de alternativas para la eliminación de flujos transfronterizos de Naco, Sonora	OOMAPAS-Naco

1.1.1 Sistema principal de alcantarillado

El sistema de recolección y tratamiento fue construido a principios de los años sesenta para descargar en las lagunas de oxidación al oeste de la ciudad, por medio de una estación de bombeo y una línea a presión de aproximadamente 1775 metros de longitud. Sin embargo, las lagunas del lado Oeste fueron abandonadas a mediados de los años setenta, en favor de la descarga por gravedad hacia el sistema de lagunas del lado Este, y desde entonces este sistema ha sido operado en forma intermitente.

Para poder dar servicio a una población estimada de 7120 habitantes para el año 1995, el Gobierno del Estado de Sonora elaboró un plan para incrementar la capacidad del sistema de aguas residuales, mediante la rehabilitación y operación de las lagunas del lado Oeste, y que el efluente fuera utilizado para el riego de cultivos en terrenos cercanos; además de esto se continuaría con la operación de las lagunas del lado Este, de tal manera que el agua residual generada por la ciudad de Naco, SO, pudiera ser reutilizada en el lado mexicano.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La rehabilitación de las lagunas Oeste consistió en profundizar las viejas lagunas, reforzar los diques y sustituir las líneas de interconexión con tubería de concreto de 16 pulgadas. El sistema de lagunas del lado Oeste incluye una laguna anaerobia y dos facultativas, con una superficie de 2.64 ha que, una vez rehabilitada, tenía un volumen de 39,540 m³; el sistema del lado Este debería operar en forma continua para proporcionar riego a 18 ha en un área cercana.

Actualmente el sistema de recolección tiene tres colectores principales con orientación norte-sur, que descargan a un interceptor transversal principal, localizado al norte de la ciudad, contiguo y paralelo a la frontera México-Estados Unidos. Debido a la topografía del lugar, las aguas residuales fluyen por gravedad de sur a norte y de oeste a este. La red de alcantarillado sanitario de atarjeas, colectores y emisores tiene una longitud de 43.9 km y más de 200 pozos de visita.

Desde hace más de 30 años el problema de derrames de aguas residuales de la red de alcantarillado ha sido frecuente. Se tiene el antecedente citado en el Acta 273, del 19 de marzo de 1987, en el que se establece este problema, refiriendo los derrames y escurrimiento de las aguas residuales hacia al norte, cruzando la línea divisoria internacional, que incluso sobrepasaban la zona donde se ubican los pozos de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Bisbee, Arizona.

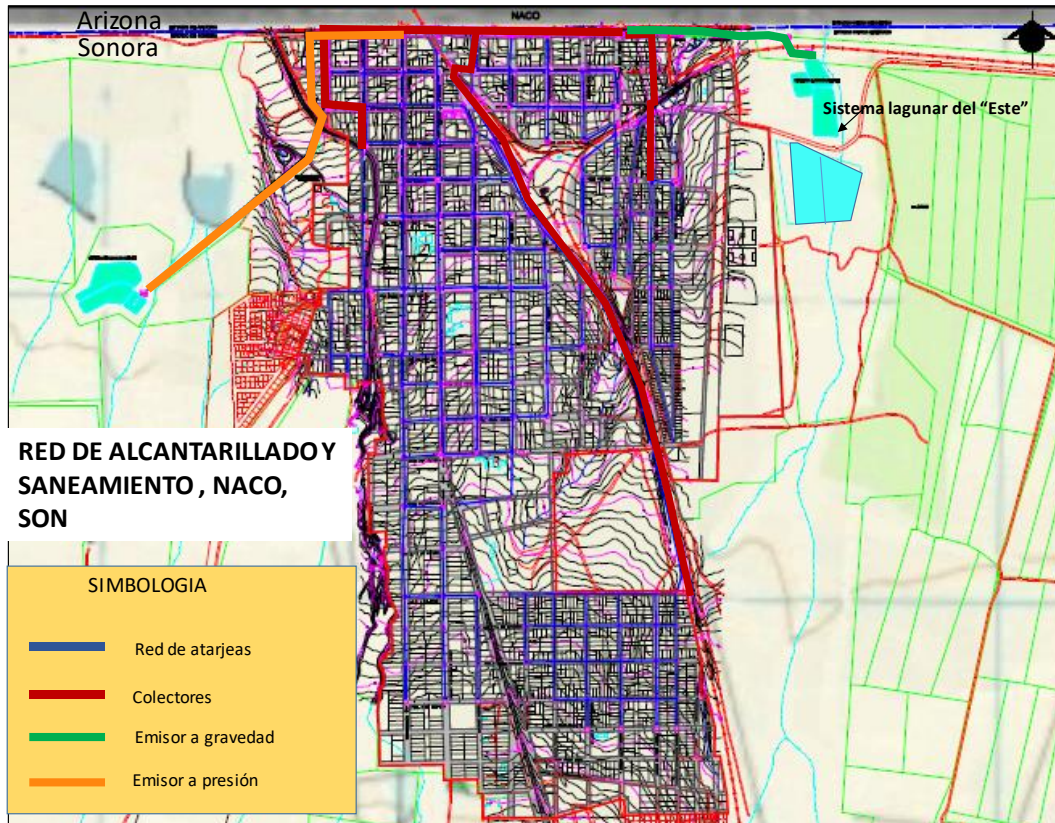
Se asentó en el Acta, como solución, la rehabilitación de las lagunas del Oeste para su operación, y que estas funcionaran como un sistema combinado con las lagunas del Este, de tal forma que se reutilizara el agua para irrigación y se previnieran los derrames hacia el otro lado de la frontera mediante medidas correctivas, oportunas y necesarias, para prevenir flujos a través de la línea fronteriza.

Redes de atarjeas

Actualmente la red de atarjeas de la localidad tiene una cobertura aceptable; se estima una longitud de 40 km con redes de atarjeas de 20 cm de diámetro (ilustración 2). Aproximadamente 20 km de estas atarjeas fueron construidos con materiales de concreto simple y 20 kilómetros con tuberías de PVC. Sin embargo, existen algunas calles que aún no cuentan con tuberías de drenaje, como también varias viviendas que no se han conectado al drenaje que pasa frente a sus predios.

Las redes de atarjeas tienen por objeto, esencialmente, recolectar y conducir sólo las aportaciones de las descargas de aguas residuales municipales, pero al igual que en gran parte de las ciudades del país recolectan en algunas zonas las aguas de lluvia, tanto las que aportan las casas habitación, como las que corren por los arroyos de las calles, las cuales son captadas por las bocas de tormenta, rejillas o los propios pozos de visita con los consiguientes problemas.

Ilustración 2. Red de alcantarillado y saneamiento, Naco, SO



Fuente: OOMAPAS-Naco

1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario

El organismo operador, OOMAPAS-Naco, estima que, a diciembre del 2019, en la localidad aproximadamente 6475 habitantes contaban con el servicio de alcantarillado sanitario, y alrededor de 230 habitantes tenían fosas sépticas, por lo que el resto de la población, aproximadamente 340 habitantes, carecían de un servicio formal de recolección y alejamiento de aguas residuales (red de atarjeas y colectores), es decir no tenían el servicio y utilizaban letrinas.

La cobertura de alcantarillado es del 92 %, con una red que tiene una antigüedad superior a los 50 años, por lo que se encuentra deteriorada en una gran proporción, presenta azolvamiento y taponamientos en las partes bajas y, por tanto, se producen derrames de aguas negras, incrementando el riesgo potencial de daños a la salud y problemas con la ciudad vecina, debido a que la topografía natural del terreno drena las aguas hacia el norte de la ciudad, cruzando la frontera hacia la ciudad de Naco, AZ.

Las aguas residuales de la localidad de Naco, SO, han estado generando problemas serios en su manejo, con azolves y taponamiento de la red de drenaje y la operación discontinua y deficiente de las plantas de tratamiento de aguas residuales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para el tratamiento de las aguas residuales de la localidad, OOMAPAS-Naco opera dos sitios de tratamiento: las lagunas Oeste, con operación intermitente, y las lagunas Este, construida en los años noventa que se encuentra prácticamente en desuso.

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

La red primaria de alcantarillado opera con la captación de las aguas residuales concentradas en tres colectores orientados de sur a norte, los cuales conducen las aguas hacia un interceptor paralelo a la línea fronteriza que transporta el agua por gravedad en sentido oeste a este, hacia la planta de tratamiento, denominada Lagunas Oriente o del Este, que es la de mayor capacidad (27 l/s).

Los tres colectores se identifican con los siguientes nombres: el primero de ellos, localizado en el extremo oeste, es el colector Pesqueira, cuyo trazo va sobre la calle de este nombre y un tramo sobre la calle Altamirano; tiene un desarrollo aproximado de 1542 metros; en el tramo donde empieza cuenta con un diámetro de 25 cm (10 in) y al final termina con un diámetro de 30 cm (12 in) hasta la descarga en la caja de distribución de gastos; el segundo colector capta las aguas residuales de una zona al sur de la ciudad, desde la calle Ramón Morales, en el sureste de Naco, SO, para conducir las por un trazo paralelo a las vías del ferrocarril hasta el interceptor Internacional por la calle Libertad, con un desarrollo de aproximadamente 2500 m y un diámetro de 20 cm (8 in); lo identificamos como el colector Central y va desde la zona sur baja hacia el norte, paralelo a la vía del ferrocarril hasta la caja distribuidora en la calle Internacional; el tercer colector es el que nace en la calle Cananea y conduce las aguas captadas en la franja oeste de la localidad por la calle Emiliano Zapata, tiene un desarrollo de alrededor de 330 m con un diámetro de 25 cm (10 in).

Aproximadamente en la parte central de la zona urbana por la línea fronteriza se cuenta con una estación de bombeo, denominada EBAR Internacional, de la que es posible mandar agua mediante una línea a presión a la Laguna Oeste, la cual se ha dejado de utilizar por los altos costos de la energía que consume la planta de bombeo y por las diversas fugas que presenta la línea de conducción en algunos tramos de su trayecto.

Como complemento de la planta de bombeo, un poco hacia el oeste, por la línea fronteriza, se ubica la caja distribuidora de gastos a la cual llega toda el agua del sistema, ya que es una estructura auxiliar cuya función principal es enviar agua hacia el cárcamo de bombeo por una tubería de 30 cm, que se localiza paralela al emisor. Cuando el nivel de las aguas es tal que no es posible mandarlas por gravedad hacia el cárcamo, entonces estas son enviadas también por gravedad al sistema lagunar del este.

La caja distribuidora se ubica en el cruce de las calles Internacional y Justo Sierra.



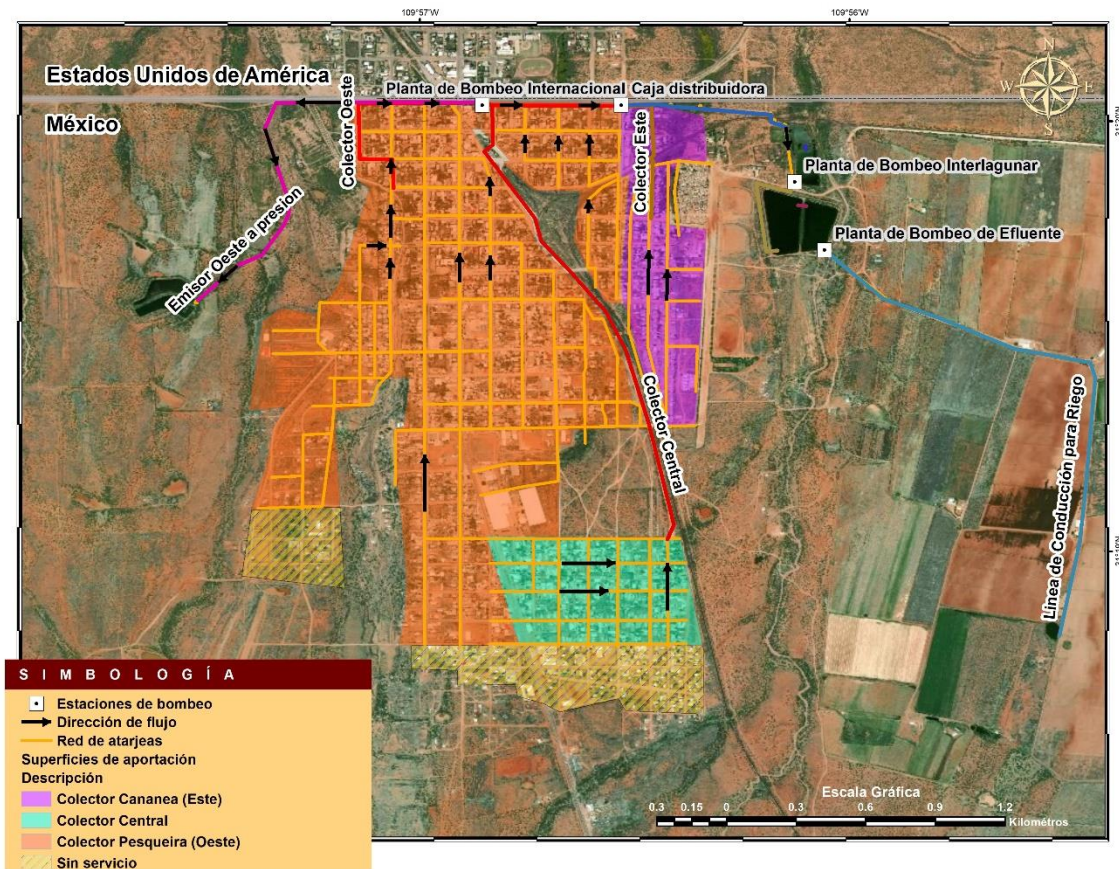
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 3. Ubicación de la caja de distribución de caudales



Fuente: elaboración propia

Ilustración 4. Planta general del sistema de alcantarillado, Naco, SO



Fuente: elaboración propia con información del OOMAPAS-Naco



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.1.3 Sitios de descarga y disposición final

El sistema de tratamiento de aguas residuales o lagunas de estabilización del lado Este consta de cuatro lagunas en serie que ocupan una superficie de 3.7 hectáreas (37,231.10 m²). Según los estudios batimétricos, realizados por la Comisión Estatal del Agua de Sonora (CEA) en el 2018, el sistema de tratamiento de la laguna Este, o también denominada Oriente, está en condiciones relativamente buenas. Sin embargo, algunas de las compuertas de interconexión están dañadas y para optimizar el bombeo del cárcamo se requiere la eliminación de sedimentos y escombros.

La capacidad máxima de tratamiento de las lagunas es de 27 l/s. El efluente de estas lagunas descarga el agua tratada mediante bombeo a una zona de riego ubicada aproximadamente a 2.5 km de la laguna 4.

Ilustración 5. Sistema lagunar del Este y línea de conducción de agua residual tratada a zona de riego



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El sistema Oeste consta de tres lagunas de estabilización con forma irregular; las aguas llegan por un emisor a presión a una caja de llegada. Las lagunas con una capacidad de tratamiento de menos de 2 l/s, prácticamente ya no operan, pues se tomó la decisión de no utilizarlas, debido a fugas en el emisor y a los altos costos de operación de la planta de bombeo.

1.1.1.4 Sistemas de bombeo principales

El sistema de alcantarillado cuenta con una estación de bombeo, conocida como Estación de Bombeo Internacional, que consta de un cárcamo de bombeo, ubicado a un costado de una caja distribuidora de caudales, y se localiza en el cruce de las calles Internacional y Libertad.

El cárcamo de bombeo es de planta circular; tiene una profundidad de 10 m y 4.5 m de diámetro, con muros de concreto armado, de 20 cm de espesor. De este cárcamo se envían aguas residuales para tratamiento al sistema lagunar Oeste; está equipado con dos bombas de 15 HP, una bomba es de operación y la otra de reserva, y la estación está equipada con un banco de transformación eléctrica de 30 KVA.

El sistema de bombeo tiene una columna de 6 m, 15 cm (6 in) de diámetro con una sumergencia de 2 m, descarga de 15 cm (6 in), tren de descarga con válvula check y válvula de protección contra golpe de ariete y un múltiple de descarga de acero.

De la planta de bombeo sale un emisor a presión de PVC de 20 cm (8 in) y 1717 m de longitud.

1.1.1.5 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales

El volumen de aguas residuales tratadas en las lagunas de oxidación se estima en 532,958 metros cúbicos, en promedio anual, provenientes de usuarios de descargas municipales, predominantemente residenciales.

1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales

La localidad de Naco, SO, cuenta con dos sistemas lagunares de tratamiento de aguas residuales; la principal planta es la denominada Lagunas de Oxidación Oriente, o también conocida como las Lagunas Este.

El sistema se compone de un tren de tratamiento constituido por cuatro lagunas conectadas en serie: la primera una laguna anaerobia, seguida de una laguna facultativa y dos lagunas que sirven como unidades de almacenamiento y control de las aguas residuales tratadas.

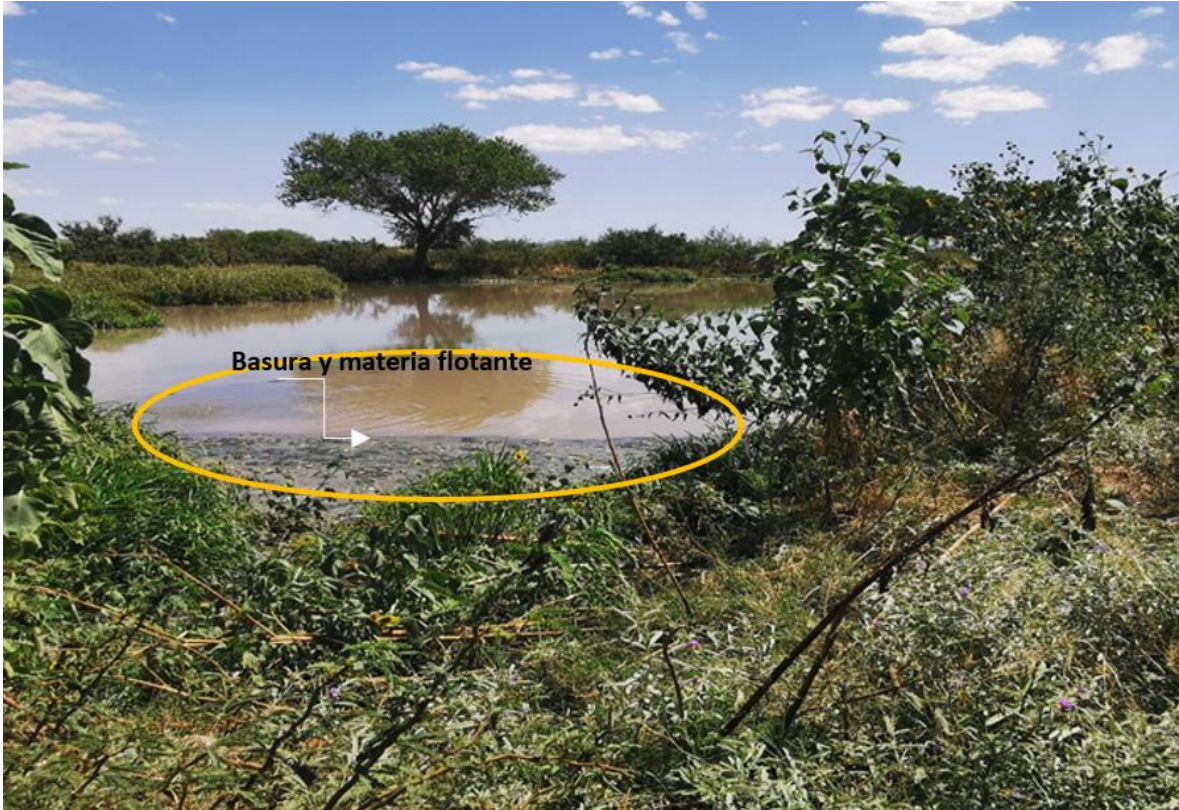
La unidad de ingreso de las aguas residuales crudas consiste en una caja de entrada que está conectada directamente a la primera laguna. La interconexión de la laguna facultativa hacia las lagunas de almacenamiento se realiza mediante una pequeña planta de bombeo equipada con dos bombas de 15 HP.

El sistema lagunar consta de cuatro lagunas con capacidad de tratamiento de 27 l/s; las aguas residuales llegan por gravedad, pero recientemente se han tenido problemas serios de azolve y taponamiento en el emisor de llegada y derrames en los pozos de visita contiguos a la línea fronteriza.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 6. Basura acumulada en la descarga del emisor internacional en la laguna 1, anaerobia



Fuente: foto propia tomada en el sitio el día 5 de septiembre del 2020

En el ingreso del agua a la laguna anaerobia se acumula basura y materia flotante; conforme se incrementa el volumen de esta basura obstruye el tubo de descarga e incrementa el riesgo de derrame en los pozos de visita localizados en el interceptor paralelo a la línea fronteriza.

El crecimiento excesivo de maleza en los bordos de las lagunas debilita la compactación de los mismos y desfavorece la aireación natural de las lagunas.

Se construyeron las lagunas de oxidación con la convicción de que son un método de tratamiento biológico eficaz y económico. El tratamiento se efectúa en gran medida de forma natural sin ser necesarios equipos mecánicos.

Las lagunas anaerobias operan en ausencia de oxígeno y en ellas se llevan a cabo importantes procesos de degradación química.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 7. Arreglo del sistema lagunar de tratamiento de aguas residuales Este, Naco, SO



Fuente: elaboración propia

Según los resultados de batimetría, realizados por la CEA-Sonora, y de acuerdo con el OOMAPAS-Naco, las lagunas 1 y 2 tienen un tirante de 3 a 4 metros; cuentan con una caja de interconexión entre estas dos lagunas, la cual no funciona adecuadamente, por lo que el agua pasa directamente en forma superficial de la laguna número 1 a la 2.

El trasvase de las aguas de la laguna número 2 a la 3 se realiza mediante un cárcamo de bombeo de forma cilíndrica con una profundidad de 5.50 metros de profundidad y diámetro de 4.60 metros, equipado con dos bombas de 15 HP, con descarga de 6 pulgadas, cada una, que envían las aguas residuales a la laguna número 3.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 8. Cárcamo de bombeo de la laguna 2 a la laguna 3 (2 equipos de 15 HP)



Fuente: foto propia tomada el día 5 de septiembre del 2020

De la laguna número 3 el agua se transfiere a la laguna número 4, mediante una tubería de interconexión de 12". La descarga de aguas de la laguna número 4 se realiza a través de un cárcamo de bombeo de iguales características que el que se encuentra entre las lagunas 2 y 3, que envía las aguas tratadas a una zona de riego ubicada a un poco más de 3 km al sureste del sistema lagunar.

1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales

Se estima que un 92 % de la población de Naco, SO, se encuentra conectada al sistema de tratamiento de aguas residuales, mediante el sistema de alcantarillado de la ciudad.

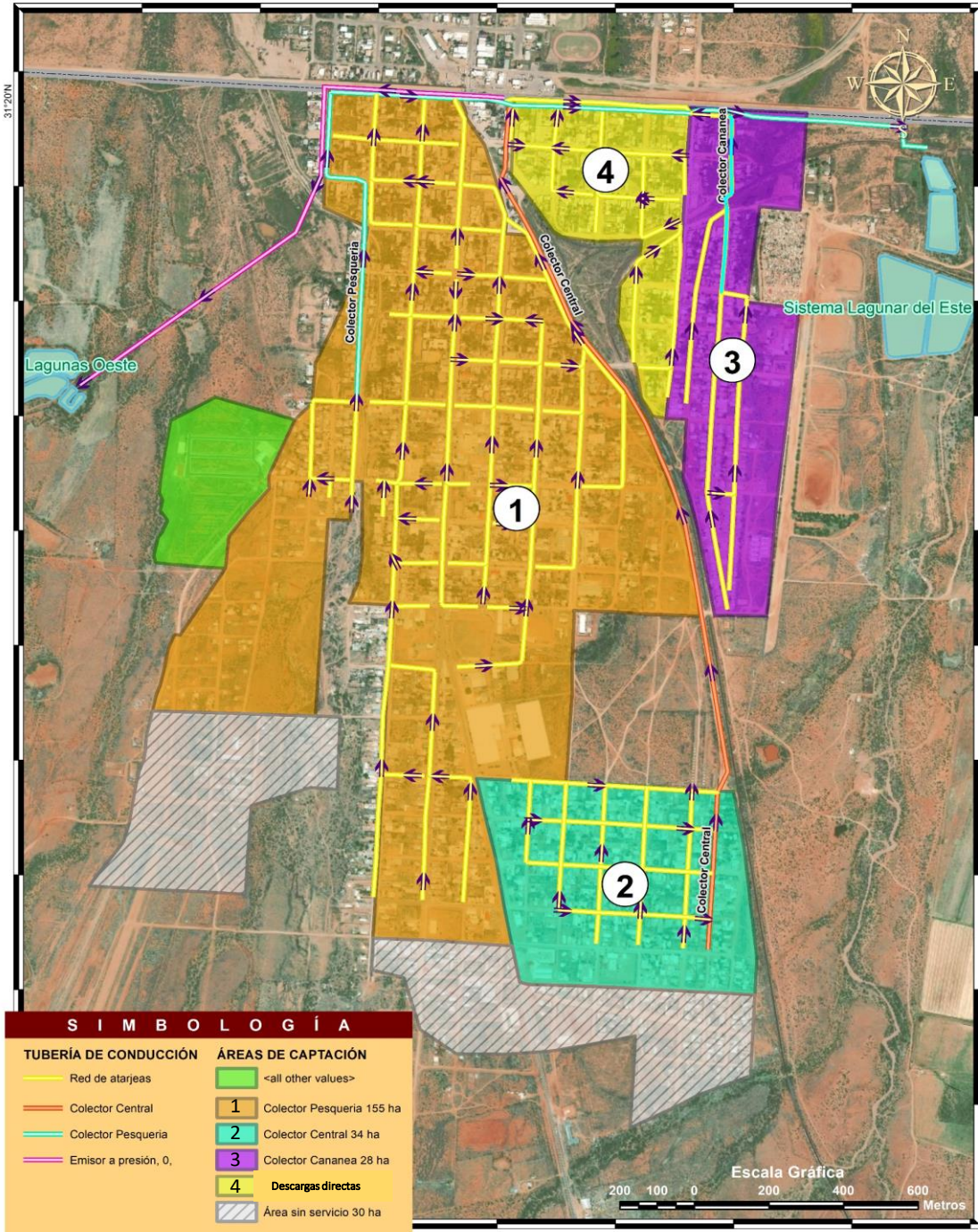
1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación

Como ya se señaló, para el tratamiento de las aguas residuales de Naco, SO, existen dos plantas de tratamiento (ilustración 9): las denominadas Lagunas Oriente, con una capacidad de 27 l/s; se ubican, como su nombre lo indica, fuera de la zona urbana al oriente de la misma, y operan con un caudal medio de 16.6 l/s. Existen tres colectores en el sistema de alcantarillado que son receptores de las aportaciones de aguas residuales de la ciudad de Naco, SO, mismos que descargan hacia el sistema lagunar Oriente. En la tabla 4 se presentan las superficies de aportación de cada colector. La otra planta de tratamiento, denominada Lagunas Poniente, se ubica al oeste de la ciudad; es más pequeña y requiere de un bombeo para enviar el agua para su tratamiento. La capacidad es de 3.6 l/s y se encuentra fuera de operación.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 9. Ubicación de las plantas de tratamiento de Naco, SO



Fuente: elaboración propia sobre imagen Google Earth (s.f.)



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 4. Superficies de aportación de cada colector del sistema de saneamiento al sistema lagunar Oriente de Naco, SO

Colector	Superficie (ha)
Colector Cananea (Este)	32.99
Colector Central	32.36
Colector Pesqueira (Oeste)	199.69
Total	265.04

Fuente: elaboración propia a partir de información de OOMAPAS-Naco

1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR

El sistema lagunar del Este opera con cuatro lagunas en serie, la primera es de tipo anaeróbica y la segunda de tipo facultativa; las otras dos lagunas, 3 y 4, se consideran de almacenamiento y maduración.

Las aguas residuales que llegan al sistema lagunar Este arrastran una cantidad excesiva de sólidos, por lo que frecuentemente se presentan azolvamientos en la descarga del influente.

Por razones topográficas el sistema opera en dos pasos de tratamiento, cada uno conformado por dos lagunas. El primero recibe las aguas residuales que llegan de la caja de distribución en la laguna anaeróbica, de donde pasa a la laguna facultativa.

En la laguna anaeróbica el proceso se da en ausencia de oxígeno disuelto en las aguas residuales; en ella se presenta un proceso de degradación muy importante, y en un sistema de lagunas en serie también tienen la función de remover una gran cantidad de sólidos suspendidos al inicio del tratamiento.

En las lagunas facultativas el proceso se da por medio de distintos grupos de bacterias: en la parte superior se encuentran las bacterias aerobias, en la parte media las denominadas facultativas, ya que pueden desarrollarse con o sin la presencia de oxígeno, y en la parte inferior están las denominadas bacterias anaerobias, y cada grupo de bacterias tiene una función en el tratamiento.

Al pasar las aguas de la laguna facultativa a las lagunas de maduración se completa el proceso de remoción de contaminantes.

De la segunda laguna (facultativa) se envía el agua mediante un cárcamo de bombeo equipado con dos bombas de 15 HP, cada una, y una tubería de ocho pulgadas al segundo tren de tratamiento. El desnivel aproximado es de 4.5 m, y entre estos módulos existe una división provocada por un camino de terracería.

Después de transitar el agua por las lagunas 3 y 4, consideradas de maduración, esta se extrae mediante un cárcamo de bombeo y se envía a una zona de riego ubicada aproximadamente a 3 km al sureste del sistema lagunar Este.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Las dos PTAR tienen un tren de tratamiento basado en lagunas de oxidación, con el que se pretende darle al agua un tratamiento de nivel primario. Sin embargo, las PTAR no operan de manera adecuada, ya que estas no reciben mantenimiento, no funcionan sus sistemas de interconexión lagunar ni de bombeo y operan como un sistema cerrado al no haber, prácticamente, efluente de aguas residuales tratadas.

La normatividad a la que están sujetas es la NOM-001-ECOL-1996, para descarga en ríos y uso en riego agrícola.

Tabla 5. Parámetros de la NOM-001-ECOL-1996 a cumplir por la PTAR Lagunas de Oxidación Oriente Naco, SO

Parámetro	Promedio mensual (P.D.)	Promedio diario (P.D.)
Sólidos suspendidos totales (SST)	150 mg/L	200 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	150 mg/L	200 mg/L
Nitrógeno total (N)	40mg/L	60 mg/L

1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual

La capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales es de 27 l/s en el sistema lagunar Oriente (Este), de los cuales se trata el 61.48 %, es decir, un caudal del 16.6 l/s (CONAGUA, 2018), mientras que en el sistema lagunar Poniente (Oeste) se cuenta con una capacidad instalada de 36 l/s. Esta última no se opera actualmente, debido a que se requiere enviar el agua a presión e implica costos de operación por el uso de equipo y consumos de energía eléctrica.

1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada

Como ya se comentó anteriormente, el sistema lagunar Oeste prácticamente operó como sistema cerrado cuando estuvo en funcionamiento, ya que no cuenta con infraestructura de descarga, por lo que no se tienen efluentes que puedan ser reutilizados en la agricultura o dispuestos hacia algún cuerpo receptor o terreno de infiltración.

Por otra parte, el sistema lagunar Este cuenta con un efluente que opera con un sistema de bombeo a la salida de la laguna 4; esta agua se descarga aproximadamente a 2.5 km de distancia y es utilizada para riego de forrajes, mediante un convenio que el OOMAPAS-Naco tiene con un particular sobre el pago de los costos del bombeo.

1.1.3.1 Cobertura de red reúso

Actualmente la totalidad de las aguas residuales tratadas son descargadas mediante un emisor a presión desde la laguna 4 hasta una zona de riego, localizada aproximadamente a 2.5 km de distancia.

1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes

Calidad de los efluentes:

Se desconoce la calidad del agua, tanto del influente como del efluente, debido a que no se han realizado análisis recientes que nos permitan tener dicha información y conocer con que eficiencia se encuentran operando cada una de las PTAR, en cumplimiento a lo establecido en la Ley Federal



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de Derechos (LFD) y en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y su reglamento, así como a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 vigente.

Para mantener una operación eficiente y permanente debe elaborarse y establecerse un programa de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que permita entregar en todo momento agua tratada dentro de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996.

La calidad del efluente de las lagunas del Este fue medida y monitoreada al inicio de las operaciones, y posteriormente la CONAGUA realizó algunos muestreos y análisis cuyos resultados se presentan, pero no se comparan con la NOM porque se realizaron antes de la publicación de la misma.

1.1.4 Generalidades

Es importante señalar que **sin la operación correcta** del cárcamo de bombeo de aguas residuales interlagunar, entre las lagunas 2 y la 3, se favorecen las condiciones de azolvamiento del colector Internacional, el emisor de conducción a gravedad y los pozos de visita, lo que genera el derrame de aguas negras al arroyo contiguo a la línea internacional, y cuyo cauce fluye hacia Estados Unidos de América.

Actualmente el cárcamo si está operando de forma regular; sin embargo, ha tenido periodos en los que no opera por descomposturas; cuando esto sucede se provoca el problema descrito de derrames en los pozos de visita del colector oeste, en el tramo de la calle Internacional.

1.1.4.1 Políticas de operación

Por lo que se refiere a las Políticas de Operación del Sistema de Alcantarillado y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, el organismo operador dispone de un Manual de Operación de las Plantas de Tratamiento.

La operación de la planta de tratamiento se basa en evitar que se azolve y obstruya la tubería de entrada en el influente, retirando en lo posible la basura flotante, ya que con ello se reduce el riesgo de derrame en los pozos del interceptor. El segundo objetivo es mantener operando el bombeo entre las lagunas 2 y 3, para transferir el agua residual y que el nivel de las primeras dos lagunas no suba demasiado. Finalmente se mantiene operando el bombeo en el efluente de la laguna 4, de donde se envía el agua a la zona de riego.

Los sistemas lagunares para el tratamiento de aguas residuales de poblaciones pequeñas y medianas son sistemas apropiados que no requieren instalaciones sofisticadas y son sencillos de operar; sin embargo, en muchas ocasiones no cumplen su cometido, no por fallas en el diseño, sino debido a que no se les da el mantenimiento requerido y no se asigna el personal que se necesita para operarlos y vigilar su buen funcionamiento.

Entre los objetivos del Manual de Operación están los de proporcionar a encargados y operadores información necesaria para la uniformidad de los procedimientos de operación y control del sistema de tratamiento y aprovechar al máximo las instalaciones, estableciendo políticas de operación adecuadas a las condiciones del sistema.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

También se pretende facilitar la comprensión de los principios básicos del proceso de tratamiento y las técnicas de control del mismo, y proponer técnicas de reportes de la operación del sistema para facilitar su evaluación y definir, de requerirse, estrategias preventivas y correctivas para el manejo y control de los procesos.

Otro de los propósitos es orientar a los operadores sobre los componentes del sistema de tratamiento y sobre qué hacer para mantener niveles de **eficiencia y condiciones de trabajo**, que permitan cumplir con la calidad de agua residual tratada y disponerla en un cuerpo de agua receptor, o darle un reúso específico.

El Manual describe las actividades desde la puesta en marcha del sistema, los puntos a verificar y previsiones a tomar en cuenta.

También proporciona indicaciones para la operación ordinaria, y sobre qué actividades principales hay que realizar, desde la supervisión del funcionamiento hidráulico, con el fin de vigilar el flujo desde el ingreso de las aguas residuales hasta la salida de las aguas tratadas, y verificar que no existan obstrucciones

El Manual de Operación también brinda apoyo para efectuar las actividades del muestreo que permitan la realización de análisis.

El organismo operador cuenta con muy limitados recursos humanos, materiales y financieros, además de no tener personal técnicamente capacitado para operar y monitorear correctamente el sistema en sus facetas técnica, administrativa y financiera.

No se llevan a cabo actividades de macromedición ni de micromedición, tanto de las aguas suministradas como de las aguas residuales que genera, en materia de calidad de las aguas; tampoco hay un programa de monitoreo de la calidad de las mismas, así como no existe un registro de catastro de la infraestructura de alcantarillado.

1.1.4.2 Derechos de vía y tenencia de la tierra

La infraestructura de alcantarillado se encuentra construida por las calles de la ciudad y las plantas de tratamiento en terrenos municipales.

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

Por último, los costos operativos del organismo están integrados básicamente por los pagos mensuales que se hacen a la CFE por el consumo de energía eléctrica de los pozos, así como los pagos mensuales por concepto de sueldos y salarios que se les otorgan a las siete personas que están adscritas al organismo, y una mínima parte de algunos costos de mantenimiento operativos.

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

El organismo operador tiene establecido un procedimiento muy sencillo de facturación y cobranza, mediante el cual lleva a cabo las actividades de emisión y entrega de los comprobantes fiscales por los servicios que presta, así como la actividad de cobranza que realiza en sus oficinas por el servicio otorgado a los usuarios. Únicamente recauda los pagos de aquellos usuarios que voluntariamente se acercan a las oficinas del organismo a efectuar los pagos por dichos servicios, a los cuales se les entrega un comprobante del pago realizado.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 6. Tarifas para el año 2019. Servicios de agua y saneamiento, Naco, SO

Rango		2019 fija y m ³	Cuota fija	Con drenaje
Tarifa doméstica				
0	10	26.969	26.97	36.41
11	20	2.534	50.69	68.43
21	30	3.136	94.07	126.99
31	40	3.883	155.31	209.67
41	50	4.744	237.20	320.22
51	60	5.8	348.00	469.80
61	70	7.051	493.57	666.32
71	200	8.529	1,705.89	2,302.95
201	500	10.3	5,150.17	6,952.72
501	999	12.38	12,367.52	16,696.15
Tarifa comercial e industrial				
0	10	108.852	108.85	146.95
11	20	9.423	188.46	254.42
21	30	9.878	296.34	400.06
31	40	10.365	414.61	559.73
41	70	10.885	555.15	749.45
71	200	11.421	2,284.27	3,083.76
201	500	12.006	6,003.11	8,104.20
501	999	12.624	12,610.97	17,024.81

Fuente: Ley de Ingresos Municipal 2019, Naco, SO

Tabla 7. Información general de la facturación 2019, OOMAPAS-Naco

Información general	Unidad	Cantidad
Volumen facturado (información del cuestionario único)	m ³ /año	755,280.00
Monto facturado por servicios de AP (de acuerdo con sus tarifas)	\$/año	2,656,128.00
Número de tomas	tomas	1,972
Monto facturado total	\$/año	3,781,549.00

Fuente: OOMAPAS-Naco

Información financiera:

Tabla 8. Ingresos y egresos 2019, OOMAPAS-Naco

Concepto	Unidad	Importe (\$ MXN)
Monto de los ingresos por servicios de AP	\$/año	1,326,099
Monto de los ingresos totales	\$/año	3,185,644
Monto del costo de energía eléctrica	\$/año	1,942,953
Monto del costo de personal	\$/año	985,488
Monto del costo de mantenimiento	\$/año	166,737
Monto del costo operativo (mantenimiento, E.E., personal)	\$/año	3,095,177
Monto de los egresos totales	\$/año	4,059,877

Fuente: OOMAPAS-Naco

El registro de la cobranza realizada lo lleva el organismo en un programa de cómputo muy sencillo que sólo contiene el padrón de usuarios como base del sistema, pero al cual no se le puede consultar el monto de los rezagos o sus pagos históricos.

Por otro lado, el organismo tiene una tarifa doméstica por el servicio de agua potable de \$154.00 mensual, y no doméstica de \$252.00 mensual, con un descuento del 60 % a 420 usuarios con credencial de la tercera edad (senectud).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento

El sistema de atarjeas y colectores en la parte más antigua de la ciudad se encuentra deteriorado y presenta problemas de azolvamiento, colapsos y taponamientos que producen derrames que cruzan la línea fronteriza. La red de atarjeas y colectores de esa zona de la ciudad fue construida con tubería de concreto de 20 cm (8 in) de diámetro y ha rebasado con mucho su vida útil, pues gran parte de esta red tiene más de 50 años de haber sido instalada.

Un tramo del colector Pesqueira, que antes de descargar en la caja de distribución sigue un trazo paralelo a la línea fronteriza, fue repuesto y ampliado en diámetro en el año 2019, al pasarlo de 25 cm (10 in) a 30 cm (12 in) en el tramo de la calle Internacional (ilustración 10). Lo anterior en virtud de que uno de los pozos de visita, ubicado a 5 m de la línea divisoria, estuvo derramando intermitentemente durante mucho tiempo.

Ilustración 10. Reposición del colector Pesqueira en el tramo de la calle Internacional



Fuente: foto propia tomada el día 5 de septiembre del 2020

Los sistemas lagunares necesitan mantenimiento y la reposición de algunas estructuras como las cajas de descarga y los sistemas de compuertas que interconectan las lagunas en los dos trenes de tratamiento, en el caso del sistema lagunar Este, y en el caso de las lagunas del Oeste también se requiere rehabilitar la caja de descarga y el emisor que conduce el agua hacia el sistema desde el cárcamo de bombeo Internacional.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La infraestructura de saneamiento no descarga aguas tratadas que cumplan con la normatividad, ya que las cajas de descarga se encuentran deterioradas.

En el sistema lagunar Este se carece de cajas de operación en buenas condiciones: se requiere una estructura de llegada con rejillas y desarenador para separar materia flotante y azolve, una caja de interconexión entre las lagunas 3 y 4, y también una caja de salida con estructura de medición de caudales.

Esta situación ocasiona que el agua de salida enviada a la zona de riego, o que se descarga por el sistema, sea de menor calidad a la que podría obtenerse si el sistema contara con las estructuras de operación adecuadas.

Para mejorar la operación del sistema lagunar Este se requiere:

A partir de la batimetría y topografía definir los tirantes de operación de las lagunas 1 y 2.

- Elaborar la propuesta de interconexión entre lagunas 1 y 2, interconexión lagunas 3 y 4 y descarga final (laguna 4), para que el emisor de llegada opere a descarga libre y así evitar azolves en esta línea de llegada.

El OOMAPAS-Naco propone una ampliación o modificación del sistema, que consistiría en diseño de lagunas de maduración adicional o un sitio tipo humedal para disposición de las aguas residuales.

Se buscaría, además, reducir costos de tratamiento, de tal forma que la opción de bombear a la zona de riego se haga siempre y cuando los usuarios paguen el costo de operación de la estación de bombeo y, en el caso de no bombear, el sistema propuesto garantizaría la calidad del efluente para su disposición final, ya sea en el arroyo o en humedal, si fuera necesario.

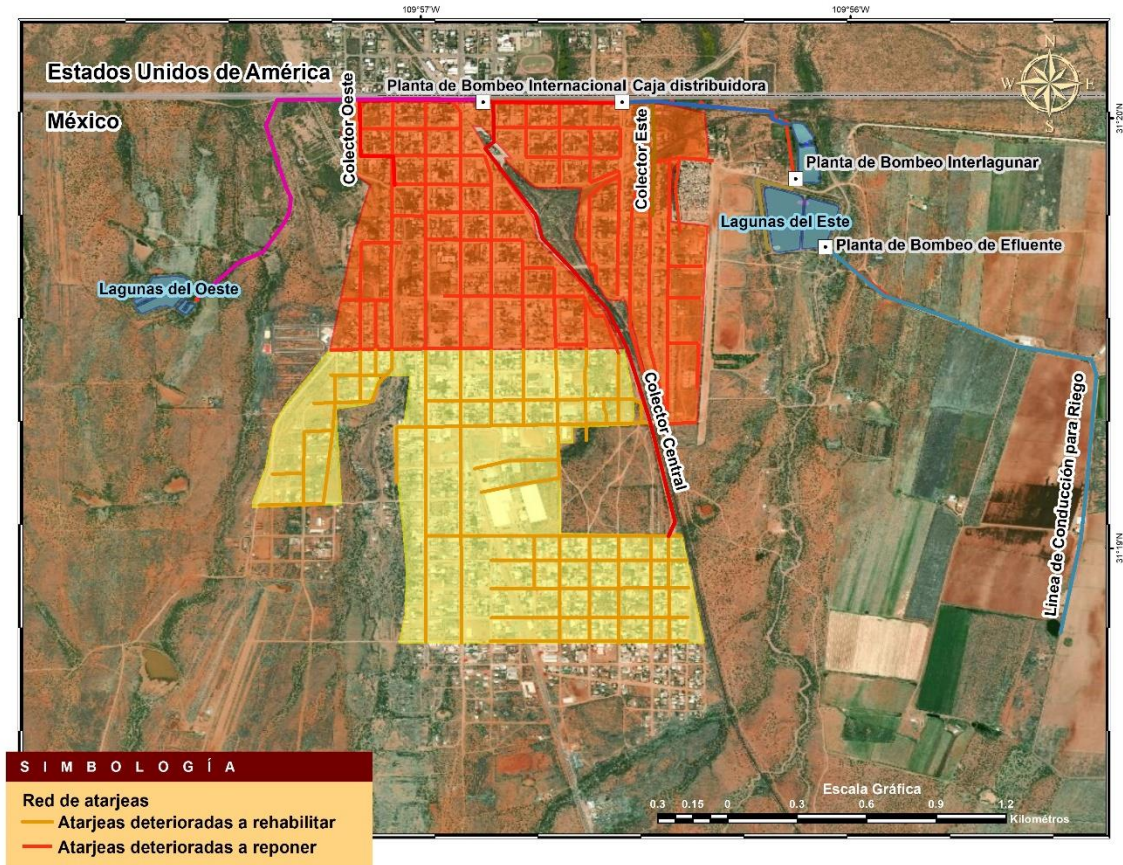
1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo)

El sistema que tiene más años en la ciudad se estima que equivale a una longitud de 4 km de colectores y emisores, y 20 km de atarjeas. Estos requieren reponerse, ya que son de concreto y fueron instalados en la década de 1960-70, incluso en los años noventa; es decir, han rebasado su vida útil y se desconoce la condición real, pero es de suponerse su deterioro, además de que es común que sufran colapsos y taponamientos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 11. Condiciones de la infraestructura de alcantarillado y saneamiento, Naco, SO

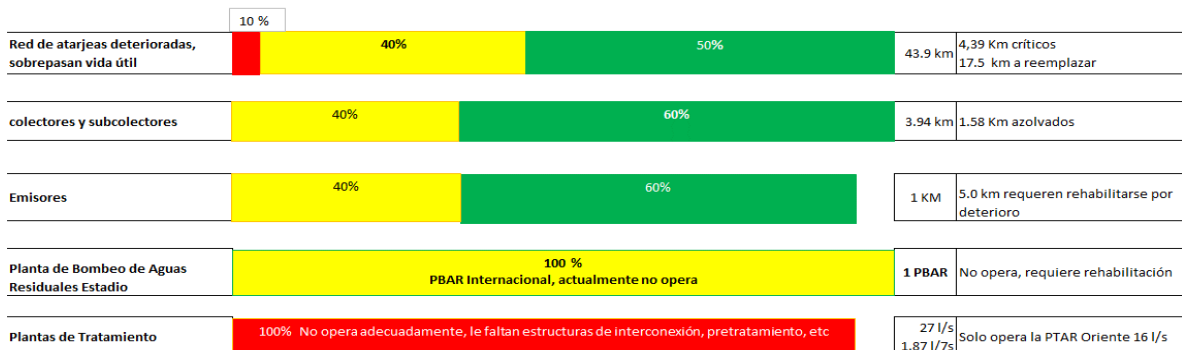


Fuente: elaboración propia

El restante 50 % de la red se ha venido construyendo en años posteriores, entre 1990 y 2020, y es de PVC.

El tramo de colector-interceptor oeste, paralelo a la línea internacional, fue repuesto en el 2019, en una longitud de 960 m, con un diámetro de 12 in, con tubería de PVC.

Ilustración 12. Semáforo de diagnóstico global de la infraestructura de alcantarillado y saneamiento, Naco, SO



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación

El Manual de Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales con que cuenta la localidad, comprende, entre otros aspectos:

Descripción de los procesos y aspectos de diseño de los sistemas de tratamiento,

Aspectos de operación y principales actividades a realizar, tanto en la puesta de operación inicial como las de operación y control de los procesos,

Principales actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura,

Consideraciones sobre seguridad e higiene del personal operativo y,

Apéndices informativos sobre varios aspectos como: acciones de mantenimiento de las lagunas, motores eléctricos, bombas y mantenimiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

No obstante que, debido al paso del tiempo, dicho Manual se encuentra obsoleto en algunos aspectos menores que deben actualizarse, como por ejemplo en las normativas que establecen los criterios de calidad que deben cumplir las aguas tratadas, este contiene una gran cantidad de información valiosa que conserva su actualidad y utilidad para la operación del sistema, situación por la cual debería actualizarse, mejorarse y entregárselo al OOMAPAS-Naco para su aplicación en las labores cotidianas.

1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra

La infraestructura de alcantarillado y de saneamiento se encuentra construida por calles de la localidad, y las plantas de tratamiento en terrenos municipales, destinados exclusivamente para el propósito de la infraestructura de tratamiento.

1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final

Las lagunas de oxidación del sistema de tratamiento Oeste no están operando desde hace varios años, y el sistema de tratamiento de las lagunas de oxidación Este descarga su efluente a través de un sistema de bombeo a la salida de la laguna número 4, utilizando un conducto de ocho pulgadas hasta una zona de riego ubicada aproximadamente a 2.5 km al sureste de la descarga.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 13. Planta de bombeo; envía efluente para reúso de aguas residuales tratadas en riego



Fuente: fotografía propia tomada el 6 de septiembre del 2020

1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento

Los costos operativos del organismo están integrados básicamente por los pagos mensuales que se hacen a la CFE por el consumo de energía eléctrica de los pozos, así como por los pagos mensuales por concepto de sueldos y salarios que se les otorga a las siete personas que están adscritas al organismo operador y una mínima parte destinada a sufragar algunos costos de mantenimiento.

Sin embargo, los costos de electricidad no se separan en lo que corresponde a los cárcamos de bombeo y los pozos de agua potable.

En la siguiente tabla resumen se observa que se reportan costos de energía eléctrica por 1,942,953.00 pesos anuales, y costos de mantenimiento por 166,000.00 pesos.

Algunos conceptos se muestran en la siguiente tabla resumen anual 2019:

Tabla 9. Principales costos de operación y mantenimiento, Naco, SO

Concepto	Unidad	Importe (pesos MXN)
Monto del costo de energía eléctrica	\$/año	1,942,953
Monto del costo de personal	\$/año	985,488
Monto del costo de mantenimiento	\$/año	166,737
Monto del costo operativo (mantenimiento, energía eléctrica, personal)	\$/año	3,095,177

Fuente: OOMAPAS-Naco



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.2.6 Capacidades financieras de los organismos

El pago de los servicios no es suficiente para cubrir los gastos del organismo, ya que se tiene un alto número de usuarios incumplidos, lo cual genera un incremento en la cartera vencida. Existen muchas tomas clandestinas, es nula la cobertura de micromedición y se cobra vía cuota fija, ocasionando deficiencias en la facturación y un gran desperdicio de agua.

La capacidad financiera del OOMAPAS-Naco es muy limitada, ya que opera con déficit presupuestal; sus ingresos en el 2019 fueron por 3'185,644.00 pesos, y los egresos totales por 4'059,877.00 pesos. A continuación se muestra un resumen de los principales rubros del presupuesto del organismo operador.

Tabla 10. Principales conceptos del presupuesto 2019 del OOMAPAS-Naco

Concepto	Monto (pesos MXN)
Volumen facturado (información del cuestionario único)	\$ 755,280.00
Monto facturado por servicios de agua potable (de acuerdo con sus tarifas)	\$ 2,656,128.00
Monto facturado total	\$ 3,781,549.00
Monto de los ingresos por servicios de agua potable	\$ 1,326,099.00
Monto de los ingresos totales	\$ 3,185,644.00
Monto del costo de energía eléctrica	\$ 1,942,953.00
Monto del costo de personal	\$ 985,488.00
Monto del costo de mantenimiento	\$ 166,737.00
Monto del costo operativo (mantenimiento, energía eléctrica, personal)	\$ 3,095,177.00
Monto de los egresos totales	\$ 4,059,877.00

Fuente: OOMAPAS-Naco



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2 El déficit de saneamiento en la región

La capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales es de 30.6 l/s, integrados por los dos sistemas con que cuenta la ciudad.

El sistema lagunar Oriente (Este) está compuesto por cuatro lagunas conectadas en serie; su capacidad de tratamiento es de 27 l/s. Las primeras dos lagunas se encuentran al mismo nivel y son conectadas entre sí mediante tubería de PVC de 10" de diámetro; al final de la segunda laguna se cuenta con un sistema de dos equipos de bombeo de 15 HP, cada uno, para elevar el agua a la tercera laguna que se encuentra a nivel más alto, y de esta el flujo se conecta a la cuarta laguna, mediante tubería de 10" de diámetro.

El sistema lagunar Poniente (Oeste) cuenta con una capacidad de 3.6 l/s, sin embargo el OOMAPAS-Naco no la opera actualmente, debido a que se requiere enviar el agua a presión e implica costos de operación por consumo de energía eléctrica del sistema de bombeo, además de que el sistema de conducción presenta fugas de agua.

En la localidad, de acuerdo con estimaciones del OOMAPAS-Naco, hay 6474 habitantes que cuentan con el servicio de alcantarillado residual, y 341 habitantes no tienen un servicio formal de recolección y alejamiento de las aguas residuales (red de atarjeas y colectores), por lo que algunos de ellos (230 habitantes) utilizan fosas sépticas.

La cobertura de alcantarillado estimada es del 92 %; la red de alcantarillado en algunas zonas de la ciudad tiene una antigüedad superior a los 50 años, por lo que es obsoleta, presenta azolvamiento y taponamientos en las partes bajas, derivado de lo cual se registran derrames de aguas negras, incrementando el riesgo potencial de daños a la salud y problemas con la ciudad vecina, debido a que la topografía tiene drenaje predominante hacia la línea fronteriza, al norte de la ciudad.

La infraestructura de las plantas de tratamiento presenta deterioro en algunas de sus instalaciones, como las cajas de descarga y las compuertas de interconexión.

En el sistema lagunar Oriente se carece cajas de operación en buenas condiciones: se requiere una estructura de llegada con rejillas y desarenador para separar materia flotante y azolve, una caja de interconexión entre las lagunas 3 y 4, y también se requiere caja de salida con estructura de medición de caudales.

Esta situación ocasiona que el agua de salida enviada a la zona de riego, o que se descarga por el sistema, sea de menor calidad a la que podría obtenerse si el sistema contara con las estructuras de operación adecuadas.

Para mejorar la operación del sistema lagunar Este se requiere:

A partir de la batimetría y topografía definir los tirantes de operación de las lagunas 1 y 2.

- Elaborar la propuesta de interconexión entre lagunas 1 y 2, interconexión lagunas 3 y 4 y descarga final (laguna 4), para que el emisor de llegada opere a descarga libre y así evitar azolves en esta línea de llegada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El OOMAPAS-Naco propone una ampliación o modificación del sistema que consistiría en diseño de lagunas de maduración adicional o un sitio tipo humedal para disposición de las aguas residuales.

Se buscaría, además, reducir costos de tratamiento, de tal forma que la opción de bombear a la zona de riego se haga siempre y cuando los usuarios paguen el costo de operación de la estación de bombeo; y en el caso de no bombear, el sistema propuesto garantizaría la calidad del efluente para su disposición final, ya sea en el arroyo o en humedal, si fuera necesario.

2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura

La demanda futura de saneamiento dependerá principalmente del crecimiento poblacional de la ciudad de Naco, SO, que, de acuerdo con el análisis efectuado con base en los datos estadísticos censales y conteos intercensales, la población esperada en forma quinquenal, utilizando el modelo geométrico de proyección de población, será de 9017 habitantes al año 2050.

De acuerdo con las proyecciones analizadas, dado que no existen proyecciones oficiales, se revisó la proyección de población por diferentes métodos, determinándose que el método geométrico con la tasa de crecimiento promedio arrojó resultados similares a los datos censales, por lo que se tomó como referencia para la estimación de demandas.

Para la tasa de crecimiento promedio ($i=0.0113347$), en el periodo que se analizó de los datos censales y de los conteos oficiales, se observa que al año 2050 se obtiene como resultado una población de 9017 habitantes para Naco, SO (a nivel localidad), mientras que en un escenario de crecimiento de tasa máxima de los datos revisados, y que corresponde al periodo 1990-2015 (tasa de crecimiento $i=0.0165217$), la población esperada sería de 10,786 habitantes.

Tabla 11. Tasas de crecimiento para diferentes periodos

Periodo	Tasa de crecimiento
$i_0(90-15)$	0.0165218
$i_1(95-15)$	0.0170882
$i_2(00-15)$	0.0145216
$i_3(05-15)$	0.0080806
$i_4(10-15)$	0.0004613
$i_5(\text{promedio})$	0.0113347

Fuente: elaboración propia a partir de información del INEGI (1990, 1995, 2000, 2005, 2010 Y 2015)

La fluctuación en las tasas de crecimiento de población, registrada por decenios en el municipio, ha sido muy variable, siendo la más alta de 2.75 por ciento, en el período transcurrido entre el 2000 y 2005 en la localidad de Naco, SO. La tasa más baja fue 0.05 por ciento en el quinquenio de 2010 a 2015. Cabe destacar que el crecimiento ha venido a la baja en los años más recientes, que comprenden el período de 2005 al 2015. La tabla siguiente incluye, además de los períodos decenales, los períodos cortos de 1990 a 1995, de 1995 al 2000, y del 2010 al 2015.

Debido a lo anterior se tomó la decisión de no utilizar una tasa de crecimiento (i) muy alta, pero si considerar un crecimiento promedio con tasas moderadas de periodos un poco más largos, como se aprecia en la tabla 12.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 12. Población censal y conteos intermedios, Naco, SO

Año	Población	i (%)
1970	3,580	
1980	3,742	0.44
1990	4,035	0.76
1995	4,331	1.43
2000	4,896	2.48
2005	5,608	2.75
2010	6,064	1.58
2015	6,078	0.05

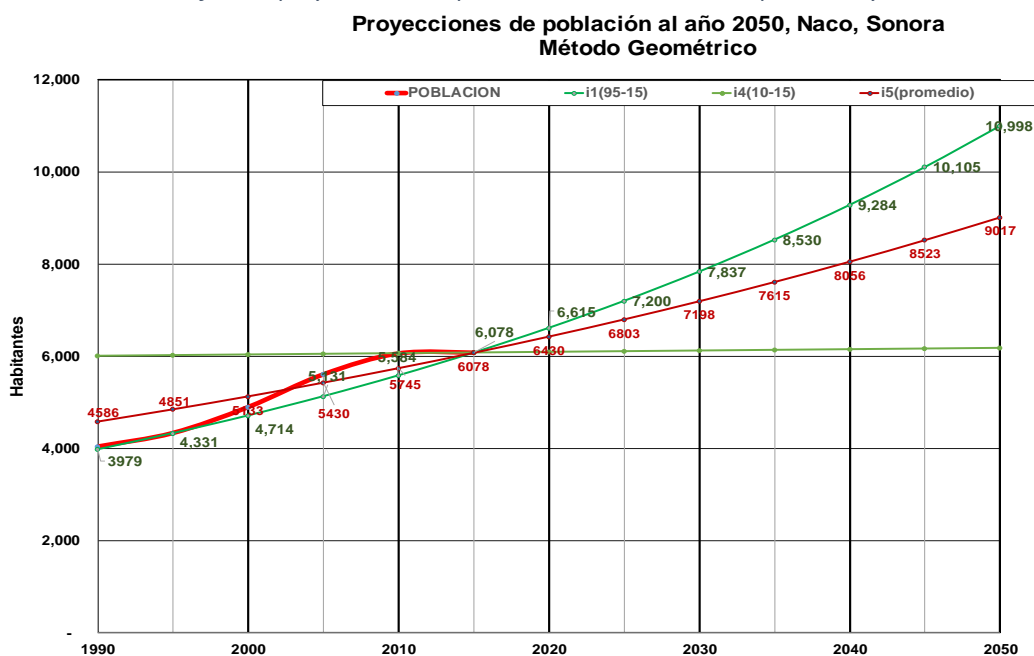
Fuente: INEGI

Tabla 13. Proyecciones de población al año 2050; diferentes metodologías, Naco, SO

Año	Población	Población estimada					
		i ₀ (90-15)	i ₁ (95-15)	i ₂ (00-15)	i ₃ (05-15)	i ₄ (10-15)	i ₅ (promedio)
1990	4,035	4,035	3,979	4,239	4,970	6,008	4,586
1995	4,331	4,380	4,331	4,555	5,174	6,022	4,851
2000	4,896	4,753	4,714	4,896	5,387	6,036	5,133
2005	5,608	5,159	5,131	5,262	5,608	6,050	5,430
2010	6,064	5,600	5,584	5,655	5,838	6,064	5,745
2015	6,078	6,078	6,078	6,078	6,078	6,078	6,078
2020		6,597	6,615	6,532	6,328	6,092	6,430
2025		7,160	7,200	7,021	6,587	6,106	6,803
2030		7,772	7,837	7,545	6,858	6,120	7,198
2035		8,435	8,530	8,109	7,139	6,134	7,615
2040		9,155	9,284	8,716	7,433	6,148	8,056
2045		9,937	10,105	9,367	7,738	6,163	8,523
2050		10,786	10,998	10,067	8,056	6,177	9,017

Fuente: elaboración propia a partir de información del INEGI (1990, 1995, 2000, 2005, 2010 Y 2015)

Ilustración 14. Gráfica de proyecciones de población al año 2050, tasa promedio y tasa alta, Naco, SO



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales

Se estima que actualmente se tiene una demanda de tratamiento promedio de 16 l/s, según datos que aparecen en el registro de información de las plantas de tratamiento de CONAGUA, y mediante el cálculo de caudal descargado por una población de 6475 habitantes conectados a la red de alcantarillado y cuyas aguas residuales llegan a la PTAR.

Si se considera una dotación de 300 l/hab-día, caudal que se considera alto para una localidad como Naco, SO, pero que para estimar la demanda podemos tomarlo como un dato de referencia, y de esa dotación consideramos que un 70 por ciento retorna a la red, el caudal estimado que se descarga en un día (86,400 s/día), para cálculo del caudal ($Q_{descargado}$) es:

$$Q_{descargado} = \frac{0.70 * (6,475 \text{ habitantes} * 300 \text{ l/hab/día})}{86,400 \text{ s/día}} = 15.74 \text{ l/s}$$

2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales

Se tiene que considerando una dotación de agua de 300 l/hab/día, con retorno al alcantarillado del 70 % del consumo para esta ciudad de Naco, SO, y tomando en cuenta la proyección de población a un horizonte de 30 años, esto es, del 2020 al 2050, la demanda de tratamiento promedio calculada crecerá de 16 l/s, en el año 2020, a 26.2 l/s en el año 2050, como puede verse en la tabla 14.

Tabla 14. Cálculo de la demanda para tasa de crecimiento (i) promedio y alta

Año	Dotación 300 l/hab/día	
	Demanda de(l/s)	
	$i_{0(90-15)}$	$i_{promedio}$
2020	16.0	15.6
2025	17.4	16.5
2030	18.9	17.5
2035	20.5	18.5
2040	22.3	19.6
2045	24.2	20.7
2050	26.2	21.9

Fuente: elaboración propia

2.1.3 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales

El sistema de alcantarillado y saneamiento de Naco opera una estación de bombeo ubicada en la calle Internacional, que es la Estación de Bombeo Internacional, cuya función es bombear agua residual para dar tratamiento al sistema lagunar Oeste. Sin embargo, ha dejado de operar desde hace ya algunos años. Incluso por varios años se estuvo utilizando de forma intermitente, con muy poco uso, y un estudio realizado por la CONAGUA, en el 2001, recomendaba que se dejara de operar en forma definitiva. Tal decisión debería ser revisada por el OOMAPAS-Naco y, en caso de que se decidiera seguir usando, habría que rehabilitar el cárcamo, el equipo electromecánico y el emisor.

Las otras plantas de bombeo del sistema son la que envían el agua de la laguna facultativa o laguna 2 del sistema lagunar a las lagunas de almacenamiento. Es un cárcamo de bombeo equipado con dos bombas de 15 HP, que bombea el agua aproximadamente a 600 m de distancia a las lagunas 3 y 4 del sistema de tratamiento. Finalmente, la tercera planta bombea el agua de la salida de la laguna 4 para su reúso en riego.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.1.4 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento

Con base en la proyección de población al año 2050, y la determinación de la demanda futura que se muestra en la tabla anterior, se tiene que la capacidad de las plantas de tratamiento con las que se cuenta es suficiente al horizonte de planeación.

Al año 2020 la demanda estimada de 16 l/s representa aproximadamente el 50 por ciento de la capacidad actual, y para un crecimiento con tasa promedio se requiere un diagnóstico de los sistemas lagunares que determine la eficiencia de los procesos y se realicen los arreglos que se necesiten, con el fin de garantizar el cumplimiento de los parámetros de la normatividad en la materia (NOM-ECOL-001-1996).

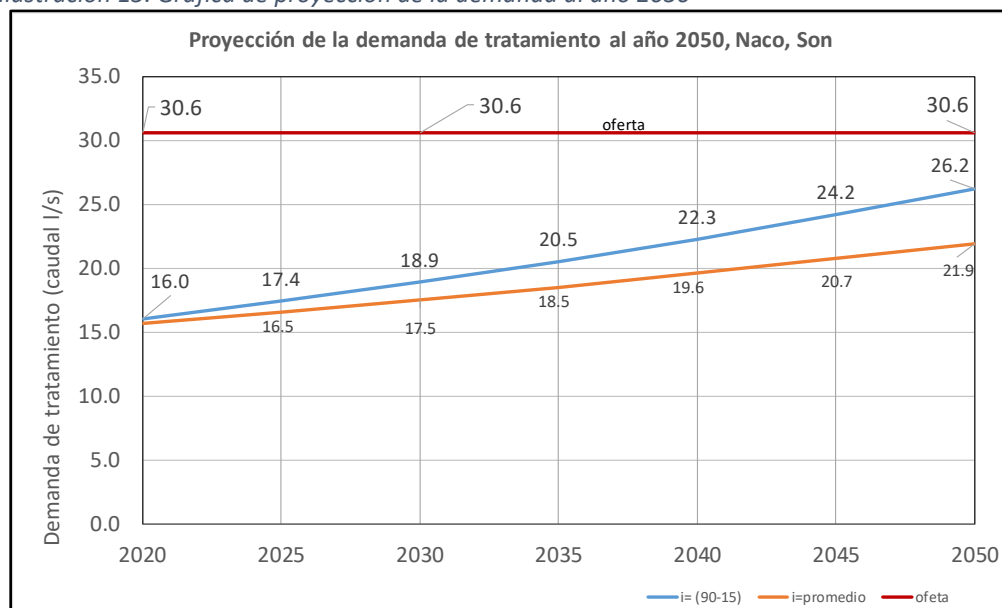
Tabla 15. Comparación de oferta y demanda para tasas (i) de crecimiento promedio y alta

Año	Demanda de tratamiento		Oferta	Oferta-demanda		superávit/déficit
	$i_0(90-15)$	$i_{promedio}$		$i_0(90-15)$	$i_{promedio}$	
	l/s					
2020	16.0	15.6	30.6	14.6	15	Superávit
2025	17.4	16.5	30.6	13.2	14.1	Superávit
2030	18.9	17.5	30.6	11.7	13.1	Superávit
2035	20.5	18.5	30.6	10.1	12.1	Superávit
2040	22.3	19.6	30.6	8.3	11	Superávit
2045	24.2	20.7	30.6	6.4	9.9	Superávit
2050	26.2	21.9	30.6	4.4	8.7	Superávit

Fuente: elaboración propia

Como se indica en la tabla 15 y en la ilustración 15, la demanda de tratamiento promedio calculada crecerá de 16 l/s, en el año 2020, a 26.2 l/s en el año 2050, que significa un aumento del 66.25 %, respecto a la demanda de tratamiento promedio actual.

Ilustración 15. Gráfica de proyección de la demanda al año 2050



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.1.5 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso

Al sureste de la ubicación de las lagunas Este se encuentran los terrenos agrícolas del ejido Naco, que representan una superficie potencial de riego de aproximadamente 539 hectáreas, que en su totalidad se dedican a forrajes. Si se considera una lámina de riego de 70 centímetros, esto representaría una demanda potencial de más de 3.7 millones de metros cúbicos de aguas residuales tratadas. Esto es, tres veces más del caudal generado en la actualidad.

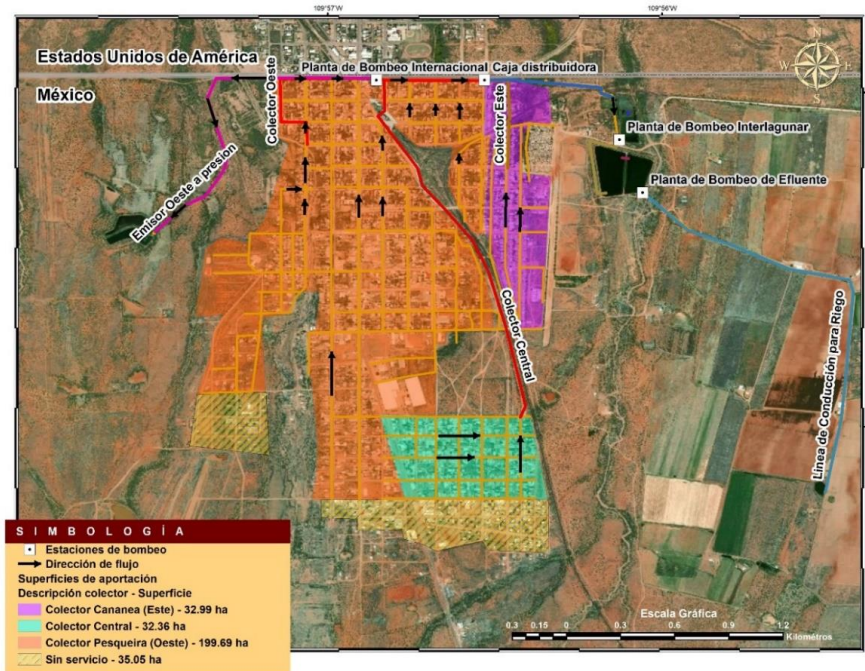
Esta demanda potencial (y futura) podría verse incrementada en proporción con la habilitación que se realice para la apertura de mayor superficie de riego, y de la inversión que pueda realizarse en infraestructura para la conducción de las aguas residuales tratadas hasta los puntos de distribución, uso o aplicación final.

En la actualidad la demanda real de agua tratada para el reúso en la agricultura en estos terrenos es demasiado incierta, debido a que la topografía de la zona hace necesario el uso de equipos de bombeo y conducción que generan altos costos que no pueden pagar los usuarios ni el organismo operador local, por lo que, sumado a la operación deficiente de la planta, que opera como un sistema cerrado, hace prácticamente limitado o nulo su aprovechamiento en el reúso.

2.1.6 Comparación demanda actual y futura de colectores principales

Los colectores principales, identificados de acuerdo con su ubicación en cada zona de la ciudad, son: el colector de la calle Pesqueira, que se identifica como el colector Oeste; el colector paralelo a las vías de ferrocarril, conocido como colector Central, y el cual transporta las aguas residuales del sur de la ciudad, y el colector que nace en la calle Cananea, denominado colector Este.

Ilustración 16. Colectores y áreas de influencia, condiciones actuales



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento

La necesidad de reponer o rehabilitar las tuberías e infraestructura de drenaje en Naco, SO, se relaciona con el desarrollo de algunos eventos ligados al deterioro de las tuberías (roturas, fugas). Este deterioro puede manifestarse principalmente en roturas en la tubería, fugas y colapsos derivados de un desgaste físico, vinculado generalmente al envejecimiento y tipo de materiales de las tuberías; otro aspecto es la disminución de la capacidad de conducción, debido al estrechamiento de la sección interna (diámetro) de los tubos, causado por depósitos de sedimentos y corrosión o las fugas.

Cuando se acumulan y manifiestan alguno o algunos de los daños descritos, requiere plantearse la necesidad de un programa de inspección y tener claro si existe el riesgo de fallas, así como las consecuencias o impactos de estas fallas. Para esto es necesario conocer el grado y tipo de deterioro. En este sentido, cabe mencionar que actualmente se realiza un estudio y diagnóstico de la infraestructura de agua y saneamiento de la ciudad de Naco, SO, con recursos BDAN.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales y la infraestructura para conducir el agua hasta ellas operan al límite de sus capacidades y requieren rehabilitación.

En Naco, SO, algunos de estos daños se manifiestan y se reflejan en derrames de aguas residuales; por una parte se traducen en escurrimientos superficiales de aguas crudas que cruzan la frontera y se convierten en un problema. También se requiere infraestructura de alcantarillado en colonias de la mancha urbana que aún no se han conectado a la red de alcantarillado para que el agua pueda ser enviada a la planta de tratamiento.

En las condiciones actuales del sistema de alcantarillado y saneamiento se identifican algunos requerimientos para mantener operando el sistema.

2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil

Para alcanzar la correcta operación del sistema de alcantarillado y saneamiento en el corto y mediano plazos, se requiere el reemplazo de varias secciones y tramos de la infraestructura de recolección, conducción y disposición de las aguas residuales. Esto es, en tramos de conducto la red primaria y tuberías de atarjeas deterioradas, pozos de visita, cajas de transferencia y cárcamos de bombeo, así como en los emisores que conducen las aguas a las unidades de tratamiento.

Tabla 16. Tuberías de atarjeas a reemplazar por deterioro y antigüedad

Concepto	Inicio	Término
Reemplazar 4.39 km de tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas)	2025	2030
Reemplazar 5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil	2025	2030
Reemplazar 12.5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil	2025	2030
Rehabilitar emisor a gravedad 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC	2022	2024
Rehabilitar emisor a presión de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC, y una longitud de 1.70 km	2022	2024

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los emisores de los que se hace referencia son, en primer término, el emisor que va de la planta de bombeo internacional al sistema lagunar, que es un conducto de PVC de 1.7 km de longitud y 20 cm (8 pulgadas) de diámetro, el cual se encuentra deteriorado y presenta fugas en varios sitios. El segundo emisor es el de la calle Internacional, que existe desde que se construyeron las lagunas del Este.

2.2.2 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR

De acuerdo con la proyección de la demanda de tratamiento, no será necesario ampliar la capacidad, siempre y cuando los sistemas lagunares se rehabiliten y se les de mantenimiento para que se mantengan en condiciones de operación, de manera que no se requiera incrementar la capacidad de las plantas de bombeo.

2.2.3 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada

Además del reemplazo de ciertos tramos de colectores y atajeas y pozos de visita, se requiere rehabilitar otras líneas de diferentes zonas de la ciudad. Asimismo, en el caso de las plantas de tratamiento, estas no necesitan reemplazo, sino trabajos de rehabilitación mayor para que empiecen a funcionar como un verdadero sistema de depuración de las aguas residuales que se reciben en las mismas. Esto comprende la rehabilitación de los bordos de las lagunas, sistema de baipás (desviación) lagunar, sistemas de interconexión lagunares, cárcamo y equipo de bombeo interlagunar y de bombeo, así como conducción y disposición final de las aguas tratadas en el riego agrícola.

Lo anterior, si se toma en cuenta la conservación de la actual infraestructura y sistemas de tratamiento, por lo que, en caso de considerar soluciones que impliquen la construcción de nueva infraestructura o la eliminación de alguna obra existente, deberá nuevamente evaluarse la pertinencia de los reemplazos o rehabilitaciones citadas.

2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general

Además de rehabilitar los sistemas lagunares del Este y del Oeste, la sustitución de colectores deteriorados y que cumplieron su vida útil, se propone disminuir la carga de caudal en el tramo final del interceptor que se ubica por la calle Internacional, para disminuir la posibilidad de derrames en la línea fronteriza y dar flexibilidad al sistema, así como evitar la sobrecarga por incorporación de nuevos asentamientos a los colectores que reciben la mayor proporción de caudales captados.

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

La caracterización típica de las aguas residuales de la ciudad de Naco, SO, y las especificaciones de diseño de las plantas de tratamiento, así como la capacidad estimada para la remoción de contaminantes como DBO5, sólidos sedimentables y nutrientes, fueron diseñados para el cumplimiento de la NOM-CCA-032-ECOL-1993 que "Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición en riego agrícola", cuyos parámetros comparables a la actual NOM-001-ECOL-1996 eran más estrictos que los actuales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Por lo anterior, suponiendo la conservación y rehabilitación/mantenimiento de los sistemas actuales, una vez que estos se encuentren operando correctamente, la calidad de los efluentes será la adecuada para el cumplimiento de la NOM.001-SEMARNAT-1996 y su disposición o reúso en riego agrícola.

En lo que respecta a la disposición de lodos, las características de diseño de las lagunas y el Manual de Operación y Mantenimiento establecen que la remoción de lodos se recomienda para las lagunas 1 y 2, en un lapso de 7 y 12 años, respectivamente, y de más de 50 años para el caso de las lagunas 3 y 4, considerando una operación de forma normal y continua, situación que hasta la fecha no ha sucedido.

Por otra parte, los lodos que se producen en este tipo de sistemas suelen ser típicamente estabilizados e inofensivos, ya que la digestión de estos lleva aproximadamente seis meses, período mucho más corto que los tiempos indicados para mantenimiento y retiro.

Estos pueden ser dispuestos en un relleno o procesarse como complemento para fertilización de terrenos de cultivo.

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

Para el caso de los actuales sistemas de saneamiento (recolección, conducción y tratamiento) el Manual de Operación y Mantenimiento contiene medidas y recomendaciones generales suficientes en cantidad y detalle para elaborar un Programa de Operación y Mantenimiento y asegurar la correcta operación del sistema. Pero como estos no se encuentran funcionando de forma correcta y el organismo operador no cuenta con capacidad técnica, operativa o financiera, tales acciones y recomendaciones no se llevan a cabo.

Por lo anterior, no existe marco de referencia ni experiencia de ejecución en actividades de operación y mantenimiento, que permitan proponer cambios o mejoras en el contenido del Manual, salvo los cambios necesarios por la actualización de las normas de calidad que se aplican en la actualidad, así como la especificación y detalle de algunas actividades que sólo se describen de forma generalizada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

Las alternativas para atender la demanda futura de saneamiento de Naco, SO, es aprovechar la infraestructura de atarjeas y colectores que aún pueden tener capacidad de incorporar áreas cercanas por desarrollarse.

El conocimiento de las causas y factores que configuraron el uso actual del suelo de la ciudad permite delinear las zonas hacia donde se orientará el crecimiento y desarrollo urbano. La distribución demográfica en el espacio físico disponible estará estrechamente ligada a la localización de áreas con oferta de uso de suelo con vialidades y accesos fáciles y lo más cercanas a los lugares con servicios básicos y comerciales de Naco, SO.

La tendencia de crecimiento en la localidad se va dando sobre a la avenida Francisco I. Madero, que es la principal vía de comunicación entre el turismo de paso hacia la puerta de entrada a la ciudad de Naco City, Arizona, desarrollándose esta como la columna vertebral de la ciudad, donde se fue ocupando por los usos de suelo comercial y de servicios, constituyéndose en un corredor urbano por naturaleza, que comienza en la línea internacional al norte de la localidad, donde se sitúa el centro urbano de la ciudad, concentrando el uso de suelo comercial y de servicios, así como el de equipamiento.

La estructura vial del centro de población Naco, SO, se articula internamente a partir de la vía de carácter regional que lo comunica con la ciudad de Naco, AZ, a través de una carretera que atraviesa la ciudad en diagonal para unirse a la avenida Francisco I. Madero, en la convergencia con la calle Luis Antonio Romo, teniendo la categoría de vialidad principal con orientación general de sur a norte, y de este a oeste. Como vialidad secundaria existe la calle Benito Juárez que comunica al sector poniente con el oriente en la zona norte del área urbana.

3.1 Planteamiento de alternativas

Las características topográficas del lugar donde se asienta la ciudad de Naco, SO, catalogan la zona como muy plana, aunque con pendiente predominante de sur a norte; los asentamientos existentes y los que se han ido desarrollando a través del tiempo han configurado una traza de calles alineadas entre sí, con una cuadrícula muy bien definida que se extiende en todas direcciones, aunque predomina el crecimiento hacia el sur de la ciudad. En sus orígenes esta ciudad se conformó siguiendo el recorrido de la calle que da al cruce fronterizo, que es la Francisco I Madero, columna del trazo urbano.

3.1.1 Planteamiento de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Considerando las zonas de posible expansión de la ciudad de Naco, SO, de acuerdo con la traza urbana, así como la infraestructura existente, la infraestructura de captación y conducción seguiría aproximadamente el mismo modelo desarrollado a través de los años. Es decir principalmente hacia el sur de la ciudad, hacia el costado este de la carretera de acceso a la ciudad, y en menor proporción también crecerá en el extremo suroeste, donde ya se aprecian vestigios de ese crecimiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

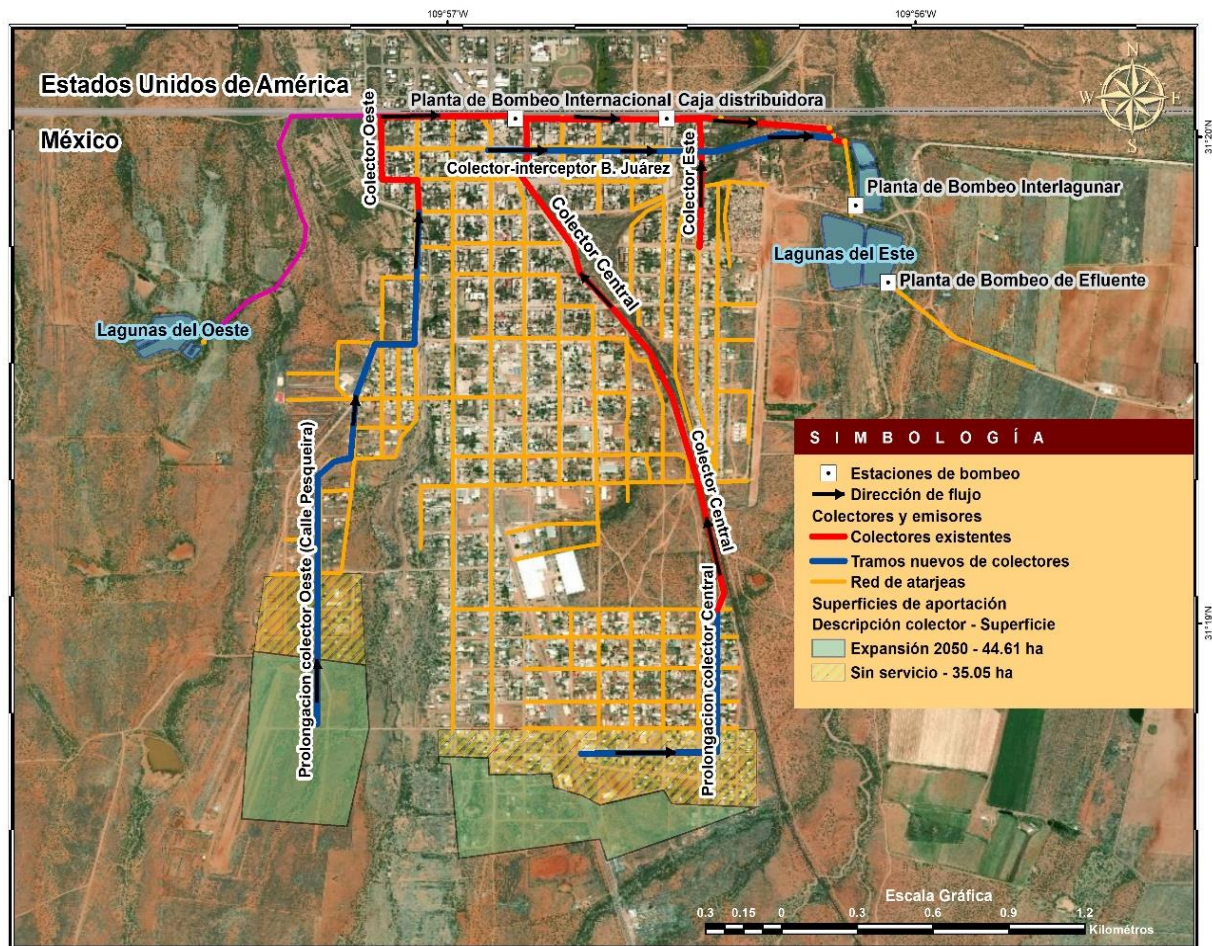
Las alternativas para atender la demanda de saneamiento incluyen prever el manejo adecuado del sistema y redes de colectores, de forma tal que se contemple la construcción de infraestructura para evitar que se incrementen los caudales en las zonas que han provocado problemas de derrames, principalmente en el interceptor que se ubica en la línea fronteriza, el cual tiene además la agravante de estar en una zona muy plana, en la que es posible el ahogamiento de la línea por acumulación de azolve.

Tabla 17. Infraestructura que requiere reemplazo o rehabilitación

N°	ALTERNATIVAS
1	Reemplazar 4.39 km de tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas)
2	Reemplazar 5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil
3	Rehabilitar el emisor a gravedad 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC
4	Rehabilitar el emisor a presión de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC, y una longitud de 1.70 km
5	Reemplazar 12.5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores dañados que sobrepasan la vida útil
6	Reposición del colector Central en un tramo de 1,936.66 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC
7	Elaboración de estudios y proyectos de ampliación y rehabilitación de redes de alcantarillado

Fuente: elaboración propia

Ilustración 17. Colectores en las zonas sin servicio y de expansión urbana al 2050



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En primer término se realizarían aquellas acciones que tienen que ver con el reemplazo de líneas de atarjeas, colectores y subcolectores que se encuentren deteriorados o con daño, debido a que ya cumplieron o están por cumplir su vida útil, además de rehabilitar los conductos que lo requieran para que la red que cubre las áreas pobladas quede en buenas condiciones, y se proceda a la ampliación y reforzamiento del sistema hacia las zonas de expansión, en el mediano plazo.

Para tener más detalle de las necesidades de alcantarillado, se requiere un estudio en el que se precisen las zonas en las que se necesita la ampliación de redes y las conexiones o descargas que habrá que considerar en cada sección.

La sustitución del colector central, que es de concreto y tiene un diámetro de 20 cm (8 pulgadas), es una obra fundamental, pues se requiere para conducir las aguas residuales de la zona de crecimiento, ya que deberá tener capacidad para transportar los caudales que actualmente se captan en la zona sur, los de la zonas de ese sector que aún carecen del servicio, y la nueva zona de crecimiento del sector sur, por lo que se incrementará el diámetro de 20 cm (8 pulgadas) a 30 cm (10 pulgadas); de manera similar se hará en el colector oeste; en el tramo de prolongación de este colector también se aumentará el diámetro de 20 a 30 cm.

La captación de mayores caudales en la zona sur y suroeste incrementará, a su vez, los gastos que llegan a la calle Internacional, por lo que para evitar el riesgo de derrames en el colector interceptor Internacional, complementariamente se propone un interceptor nuevo por la calle Juárez, que conduzca una proporción importante del total de las aguas captadas y conducidas actualmente por el colector Internacional.

Tabla 18. Alternativas de ampliación de la infraestructura de colectores

N°	Alternativas para atender el crecimiento urbano de Naco, SO
7	Prolongación del colector Oeste en una longitud de 2,152.18 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC
8	Prolongación del colector Central en una longitud de 1,003.31 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC
9	Construcción de interceptor en la calle Juárez, en una longitud de 1170 m y 45 cm (18 pulgadas) de diámetro

Fuente: elaboración propia

3.1.2 Planteamiento de alternativas para plantas de bombeo principales

El sistema de saneamiento de Naco, SO, requiere únicamente de una planta de bombeo para operar el sistema lagunar Oeste, misma que se encuentra en mal estado y es indispensable su rehabilitación; sin embargo, si no se tienen las condiciones para que el sistema lagunar esté en operación, la planta carece de sentido y lo más conveniente será clausurarla.

En diversas ocasiones se ha propuesto la clausura del sistema lagunar del Oeste, lo cual implica dejar de usar el bombeo desde la planta de la calle Internacional; sin embargo, el OOMAPAS-Naco lo ha mantenido, aunque ha dejado de utilizarlo. Desde otra perspectiva, habría que considerar que las ciudades de la franja fronteriza tienen periodos de crecimiento acelerado; de presentarse para la comunidad de Naco, SO, una tasa de crecimiento alta, como ocurrió en el pasado, se tendría que considerar la habilitación del sistema Oeste para satisfacer la demanda de saneamiento, aunque esta infraestructura no se requiere en el corto plazo. Por lo anteriormente señalado se consideran como alternativas de plantas de bombeo las siguientes:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 19. Alternativas de plantas de bombeo del sistema de alcantarillado de Naco, SO

Concepto
Rehabilitar la planta de bombeo Internacional, lo que conlleva reponer el emisor a presión
Rehabilitar la planta de bombeo Interlagunar (en las condiciones actuales se requiere)

Fuente: elaboración propia

3.1.3 Planteamiento de alternativas para plantas de tratamiento

Como se describió en el subtema anterior 3.1.2, desde hace décadas se ha propuesto clausurar el sistema de tratamiento de las lagunas del Oeste para lo cual se planteó la rehabilitación del sistema lagunar del lado Este. Actualmente ambos sistemas requieren rehabilitación para que puedan operar en condiciones apropiadas, ya que desde hace varios años presentan deficiencias en sus instalaciones.

Las plantas de tratamiento requieren ser rehabilitadas con trabajos que incluyen desde la reparación de los bordos de las lagunas, la eliminación de la vegetación invasiva, reequipamiento del bombeo interlagunar, las interconexiones entre lagunas y la revisión del proceso para, en su caso, como se propuso recientemente por la CONAGUA, incluir un humedal que permita asegurar la calidad del efluente y el equipamiento para el efluente de reúso.

3.1.4 Planteamiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua

El reúso que se da actualmente al efluente del sistema lagunar Este es la utilización en riego en una zona ubicada aproximadamente a 2.5 km de la salida de laguna 4. El agua residual tratada se envía a presión de una planta de bombeo que se encuentra a la salida del efluente de la referida laguna. Actualmente la totalidad del efluente es utilizado en el riego de forrajes en una zona ubicada aproximadamente a 2.5 km de la zona lagunar.

3.1.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

La situación en que se encuentra trabajando el OOMAPAS-Naco le impone desafíos en la operación, administración y conservación de la infraestructura hidráulica que tiene a su cargo, para poder prestar los servicios de agua y saneamiento, ya que, además de procurar la cobertura de los servicios a toda la población, enfrenta dificultades para obtener ingresos suficientes por parte de los usuarios, que permitan ofrecer un buen servicio a una tarifa justa, de forma que se pueda utilizar la recaudación para disponer de una mejor infraestructura.

La insuficiencia de recursos incide en la falta de mantenimiento y conservación de la infraestructura que se va deteriorando y, a su vez, ocasiona más altos costos para su reparación y rehabilitación.

Si bien es el problema de muchos de los organismos operadores en nuestro país, el organismo de Naco, SO, requiere al menos algunas herramientas e instrumentos para el control administrativo de las cuentas de los usuarios y el fortalecimiento de una estructura mínima para mejorar su operación y desempeño general.

Las alternativas que el OOMAPAS-Naco propone como infraestructura complementaria a su sistema administrativo es realizar una planeación integral para reforzar las áreas que así se determine, después de analizar y diagnosticar cada una de estas, además de que demanda contar con un



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

sistema administrativo (software y hardware) para administrar las cuentas de los usuarios y que pueda almacenarse el historial de las mismas.

Tabla 20. Necesidades de infraestructura complementaria OOMAPAS-Naco

Concepto
Implementación y operación de sistemas administrativos, comerciales y contables para el OOMAPAS-Naco
Planeación integral (operativa y administrativa) del OOMAPAS-Naco

Fuente: elaboración propia

3.2 Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia

Entendiendo el concepto de resiliencia como la capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza, para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas por conducto de la gestión de riesgos (UNISDR, 2016).

En infraestructura y 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).

Considerando que la resiliencia de un sistema no se conoce con precisión, sino “a posteriori”, luego de un evento. Sólo cuando el evento ocurra se conocerá si un sistema era efectivamente resiliente (Gay, 2013).

Construir infraestructura con características de resiliencia implica planificar adecuadamente, de manera que no se comprometa la resistencia y durabilidad de la obra y se aseguren los recursos financieros necesarios para construir y mantener la infraestructura durante su vida útil. Es también importante considerar las necesidades y demandas de la población a la hora de diseñar, y entender el contexto para garantizar la viabilidad de los proyectos.

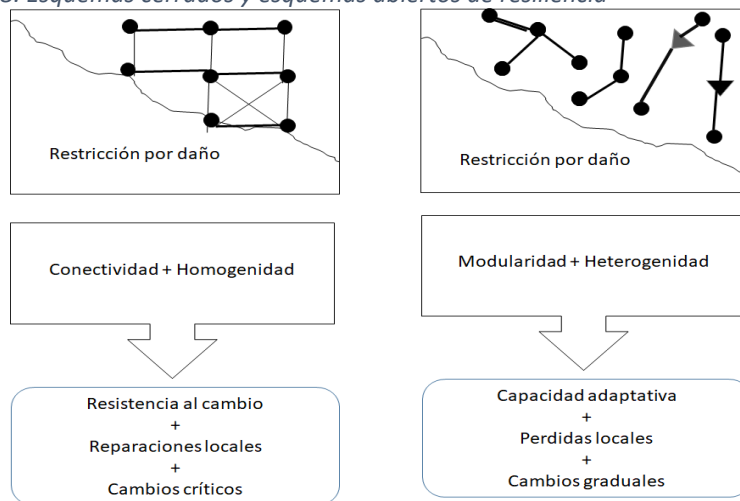
El concepto de resiliencia ha sido discutido ampliamente y modificado a partir de su definición: en ocasiones se define como un estado y un proceso, o bien como una propiedad (intrínseca o adquirida) que conlleva diversas características como diversidad, modularidad (adaptabilidad), redundancia, interdependencia, conectividad y además flexibilidad.

Esta definición se apoya en el hecho de que los servicios (o las funciones) que deben asegurarse por los sistemas públicos, por ejemplo, se enfrentan a muchas perturbaciones y deben por consecuencia adaptarse para responder a sus disfunciones (a esto se le llama resiliencia de respuesta inmediata o de corto plazo). Sin embargo, la resiliencia inmediata no es una característica aislada; está asociada, por una parte, a una estrategia técnica enfocada a limitar el grado de daño del sistema mediante a) una capacidad adecuada y una resistencia y de absorción de las perturbaciones y, por otra parte, b) a una estrategia más organizacional enfocada en acelerar el retorno a la normalidad por una gestión optimizada de medios y recursos.

La capacidad del sistema para funcionar en modo degradado es un tercer nivel de acción que está ligado a los dos primeros y es la búsqueda de la resiliencia de largo plazo, la cual pasa por un proceso de mejoramiento continuo, que se orienta a incrementar la resiliencia de corto plazo, aprovechando el conocimiento y adaptación del sistema para actuar en alguno de los tres niveles ya citados, lo cual involucra un proceso de operación y mantenimiento en las mejores condiciones.

Un sistema se dice con características de adaptabilidad (modularidad) cuando sus diferentes componentes poseen una autonomía relativa de funcionamiento. Este principio es frecuentemente aplicado en los procesos industriales complejos, con el fin de evitar que una descompostura provoque el paro de la cadena de producción. Un sistema modular tiene la tendencia a reaccionar gradualmente y de forma previsible, mientras que un sistema cerrado e interconectado tiende por el contrario a reaccionar de manera súbita e imprevisible ante una alteración de su medio ambiente.

Ilustración 18. Esquemas cerrados y esquemas abiertos de resiliencia



Fuente: elaboración propia

El sistema de alcantarillado y saneamiento de Naco, SO, tiene características que van en contra de los conceptos de resiliencia, al ser un sistema que concentra todo en un solo colector en la zona más desfavorable desde todos los puntos de vista, ya que la capacidad del mismo se ve comprometida por la sobrecarga de caudales. Además, por razones topográficas, está localizado en la línea fronteriza, y debido a la predominancia de pendientes de sur a norte, transversalmente a esa dirección la topografía tiende a ser plana y, por tanto, dificulta incrementar las pendientes de las tuberías, por lo que las velocidades son bajas, favoreciendo el azolvamiento de líneas que ven reducida su capacidad y en las que aumenta el riesgo de derrames por los pozos de visita.

Considerando esta condición, se buscará la forma de disminuir la carga de caudales en el colector oeste y flexibilizar un poco el sistema, localizando un nuevo interceptor que comparta la función de hacer llegar parte del agua residual captada hacia las lagunas de tratamiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.1 Dimensionamiento de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Es importante tener presente que la interrupción y falla de la infraestructura de saneamiento compromete los beneficios sanitarios y sociales obtenidos desde su instalación.

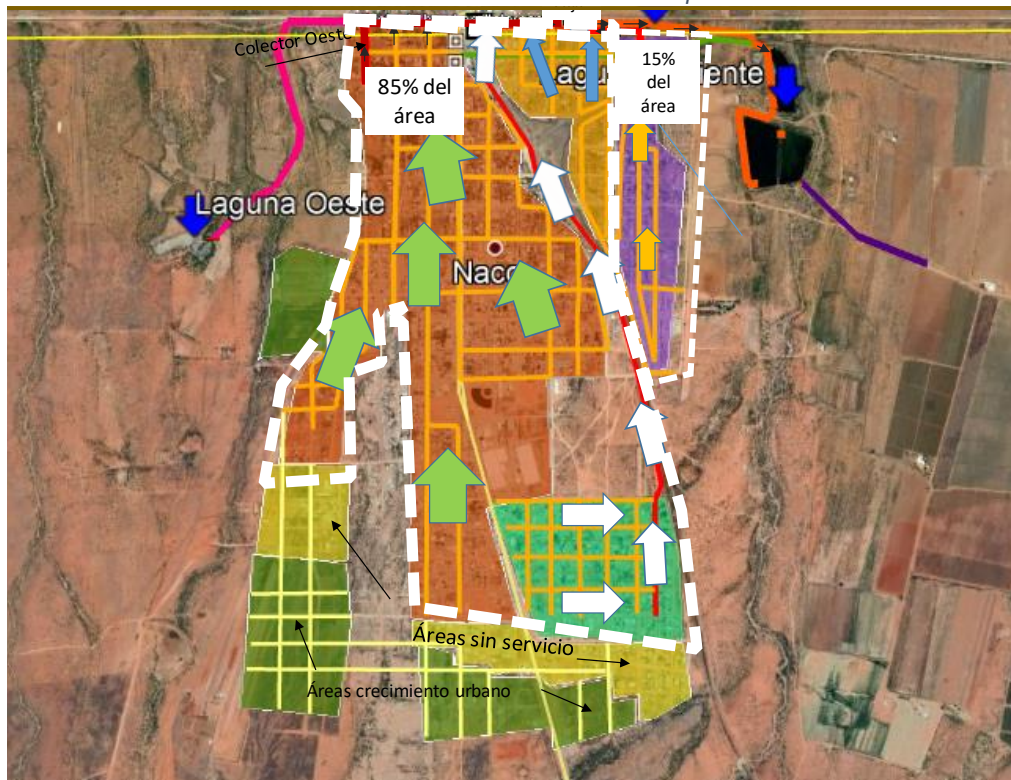
Los daños en el alcantarillado y los sistemas de tratamiento de aguas residuales provocan la contaminación de los cuerpos de agua cercanos, pérdida de las fuentes de agua y deterioro ambiental, lo que consecuentemente conlleva a condiciones insalubres dentro de los núcleos urbanos, por lo que el dimensionamiento adecuado, es decir considerando el largo plazo y la resistencia de su construcción, son fundamentales como parte de un criterio de resiliencia.

Algunos colectores del área urbana de Naco, SO, operan al límite de su capacidad, o bien se ven rebasados; por su ubicación pueden ver incrementados los caudales de entrada, ya que existen zonas de crecimiento cercanas, por lo que tendrán que revisarse en su condición de capacidad, o bien no ser considerados como opción para descargar esas aguas, buscando entonces la alternativa de ampliar su capacidad, construir otro conducto paralelo, o mandar el agua a presión a otro sitio.

Propuesta de colectores y subcolectores con base en el criterio de impacto por ubicación

Las opciones de obras de captación y conducción, propuestas para dar cobertura a la demanda futura de saneamiento, tomarán en cuenta los factores que pueden modificar su costo y durabilidad, así como las relativas a la ubicación y al tipo de material a utilizar.

Ilustración 19. Zonas de concentración de caudales en el interceptor de la calle Internacional



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La red primaria de alcantarillado presenta una sobrecarga de caudal en el tramo final del colector Oeste, también conocido como colector Pesqueira, esto es el tramo de la calle Internacional, que es donde la línea tiene menor pendiente, ya que ahí descargan las atarjeas de la zona cercana y el colector Central que capta las aguas residuales de la zona sur; es decir, prácticamente el 85 % de los caudales de la localidad son vertidos en este colector, y sólo el 15 % restante descarga directamente en la caja distribuidora, y es lo correspondiente al colector Este que nace en la calle Cananea y baja por la calle Emiliano Zapata.

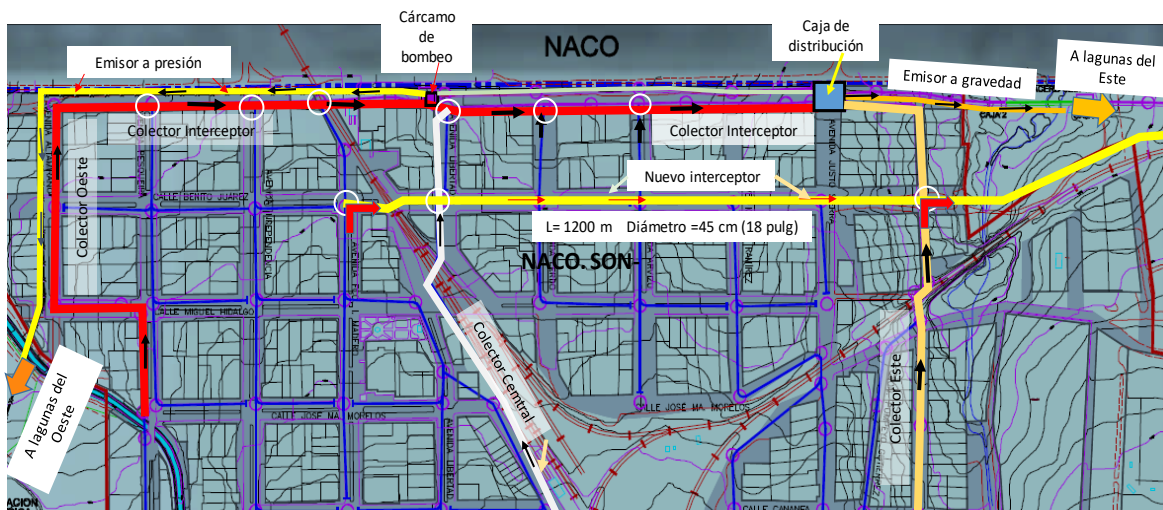
Con el objeto de evitar este desbalance en la descarga de caudales, se ha propuesto un nuevo interceptor, paralelo al existente, para que ambos funcionen y den servicio a la ciudad, de manera tal que se evite la sobrecarga de caudales y se de flexibilidad al sistema, al dar salida y descarga a un porcentaje importante del área de captación por un nuevo conducto.

En el esquema de la infraestructura ligada al interceptor de la calle Internacional se aprecia que el colector Oeste, de 30 cm (12 in) de diámetro, que baja por la calle Pesqueira, en el tramo de la calle Internacional toma la función de interceptor, ya que se le incorporan los caudales de una zona de atarjeas que descargan directamente al interceptor, y a un lado del cruce de la vía de ferrocarril se incorpora el colector Central, y siguiendo el flujo del agua nuevamente se suman otros caudales directos de atarjeas, hasta llegar a la caja distribuidora donde se junta el agua del colector interceptor Oeste con el agua residual que llega por el colector Cananea, de donde sale el emisor a gravedad que conduce las aguas residuales a las lagunas de tratamiento.

Con el objeto de evitar que toda el agua se concentre en el colector interceptor Oeste, se propone la construcción de un nuevo interceptor por la calle Juárez, a partir de la avenida Madero, que intercepte las aguas que bajan por esta avenida desde el sector sur, e intercepte, asimismo, los colectores Central y Cananea o colector Este.

Ilustración 20. Infraestructura paralela a la línea fronteriza existente y propuesta

NUEVO INTERCEPTOR PARA REDISTRIBUCIÓN DE CAUDALES INCLUYENDO CRECIMIENTO AL 2050



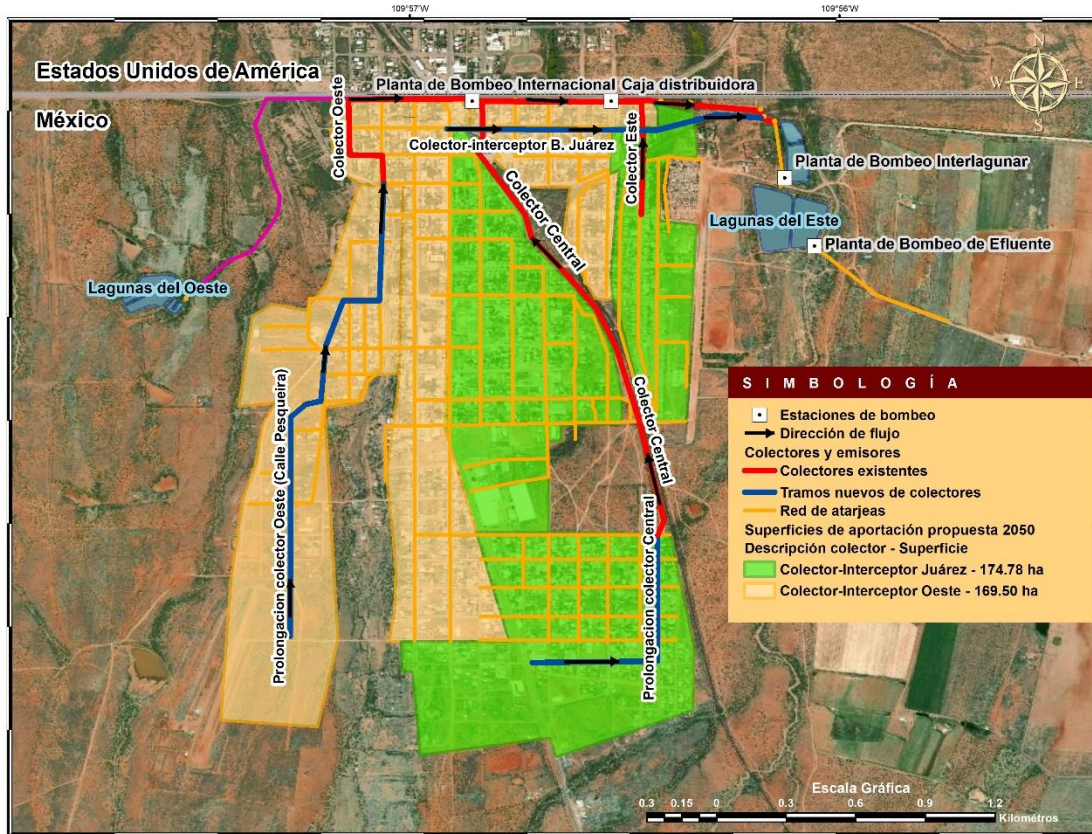
Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Con este nuevo interceptor y emisor es factible distribuir los caudales, en función de las áreas de captación que recibe cada uno de los interceptores, quedando de la siguiente forma las nuevas áreas que drena cada infraestructura.

Ilustración 21. Distribución de áreas de captación de caudales por interceptor, nueva distribución



Fuente: elaboración propia

Dimensionamiento hidráulico

De acuerdo con el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (CONAGUA), el flujo dentro de las tuberías se analizará bajo un sistema a superficie libre y las tuberías seguirán en lo posible la pendiente del terreno. En el caso que nos ocupa se emplearán las pendientes de diseño mínimas, que cumplan con las condiciones de tirante mínimo y máximo dentro de una tubería, así como las de velocidades máximas y mínimas en la conducción del flujo.

La red de captación y conducción para las zonas de expansión urbana de Naco, SO, se muestra en la ilustración 21, en la cual se pueden observar las áreas de influencia de los interceptores.

Para cada colector y subcolector se señala el área de captación en hectáreas, que será la base para estimar los caudales a conducir por cada conducto.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La zona de expansión más extensa, que cubre el sur de la zona urbana y una zona en el suroeste, son áreas de captación de aguas residuales, que serán atendidas por dos colectores: el colector Oeste y el colector Central.

Gastos de diseño

Para el cálculo de los gastos de diseño en las redes de alcantarillado, de acuerdo con el MAPAS se establece el criterio de valorar el gasto de dotación de drenaje sanitario como un porcentaje del gasto de consumo de agua potable. Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son: a) Gasto medio, b) Gasto mínimo, c) Gasto máximo instantáneo, d) Gasto máximo extraordinario. Los tres últimos se determinan a partir del primero.

Considerando que el sistema de alcantarillado sanitario debe construirse herméticamente no se adicionará al caudal de aguas residuales ningún volumen por infiltraciones.

Se establece el criterio de valorar el gasto de dotación de drenaje sanitario como un porcentaje del gasto de consumo de agua potable.

Gasto medio

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. Para calcular el gasto medio de aguas residuales se requiere definir la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en los planos de uso de suelo.

La aportación es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado, la cual es un porcentaje del valor de la dotación de agua potable. En zonas habitacionales se adopta como aportación de aguas residuales el 75% de la dotación de agua potable, considerando que el 25 % restante se consume antes de llegar a las atarjeas. En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

$$Q_{med} = \frac{A_p * P}{86,400} \quad (3.1)$$

donde:

Q_{med} es el gasto medio de aguas residuales en l/s.

A_p es la aportación en litros por habitante al día.

P es la población en número de habitantes.

86,400 son el número de segundos al día.

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas residuales en cada tramo de la red se calcula con:

Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que puede presentarse en un instante dado. Su valor es el producto de multiplicar el gasto medio de aguas residuales por un coeficiente M , que en el caso de la zona habitacional es el coeficiente de Harmon, ampliamente



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

utilizado en México, y que trata de cubrir la variabilidad en las aportaciones por descargas domiciliarias.

$$Q_{max\ inst} = M * Q_{med} \quad (3.2)$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (3.3)$$

donde:

$Q_{max\ inst}$ se refiere al gasto máximo que puede presentarse en un instante dado en l/s.

P es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada en miles de habitantes.

M es el coeficiente empírico desarrollado por W.G. Harmon cuyo rango de aplicación comprende para poblaciones de 1000 hasta 63,454 habitantes. Para poblaciones menores a ,000 habitantes el valor de M será igual a 3.8; en el caso de poblaciones mayores a 63,454 habitantes, el coeficiente será igual a 2.17, es decir que para poblaciones mayores al límite superior la variación no sigue la ley establecida por Harmon (Lara G., 1991).

Gasto máximo extraordinario

El gasto máximo extraordinario es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado de las tuberías, ya que se tiene un margen de seguridad para prever los caudales adicionales en las aportaciones que pueda recibir la red. Para el cálculo del gasto máximo extraordinario se tiene:

$$Q_{max\ ext} = C_s * Q_{max\ inst} \quad (3.4)$$

donde:

$Q_{max\ ext}$ es el gasto que prevé los excesos de las descargas a la red de alcantarillado en l/s.

C_s es el coeficiente de seguridad; los valores de este coeficiente van de 1.0 a 2.0, tomándose comúnmente 1.5 para sistemas combinados y 1.0 para sistemas separados.

En cuanto al tipo de material a utilizar habrá que decir que ningún tipo de tubería es totalmente adecuada para todas las condiciones y necesidades, por lo que cada caso tendría que ser evaluado.

Por ejemplo, las tuberías de hierro y concreto requieren atención especial a las condiciones del suelo, la calidad del agua conducida e incluso las condiciones topográficas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 21. Características de las tuberías de diferentes materiales rígidos (ventajas e inconvenientes para su uso)

Material	Diámetro (rango mm)	Ventajas	Inconvenientes
Materiales en conductos rígidos			
Concreto	En masa: 300-400; Armado sin camisa: 500-5000	-Apropiado para aplicaciones donde se requieran grandes diámetros. -Se fabrican a medida. -Son económicas.	-Falta de resistencia a la corrosión de los ácidos. -Ataques químicos de aguas residuales transportadas. -Resistencia especialmente crítica a la corrosión que genera el sulfuro de hidrógeno en importantes cantidades.
Asbesto-cemento	Clases 1500, 2400 y 3300: 80 mm-250 mm	-Tienen la durabilidad del concreto	-Deterioros en entornos corrosivos de sulfuro de hidrógeno
	Clases 4000 y 5000: 250 mm-1,607 mm	-Pesados mucho menos que el concreto	-Deterioros en entornos de aguas residuales ácidas

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. Características de diferentes tipos de tuberías rígidas (ventajas e inconvenientes para su uso)

Material	Diámetro (rango mm)	Ventajas	Inconvenientes
Materiales en conductos flexibles			
Fundición dúctil	80-1200	Alta resistencia a la presión interior. Buenas para la estanqueidad. Lisas.	Sensibles a la corrosión por ácidos. Proteger mediante revestimientos interiores y exteriores.
Hierro dúctil	75-1370	Gran resistencia para soportar cargas externas. Alto grado de dureza y ductilidad, adecuado para la mayoría de las obras de alcantarillado sanitario y cruces de ríos. Adecuado en instalaciones de tratamiento de aguas residuales.	Particularmente susceptibles a la corrosión en aguas residuales que contengan ácidos y suelos agresivos. El recubrimiento externo es estándar y en situaciones de corrosión extrema pudiera requerirse una protección adicional.
Plástico	PVC-U: 110-1000; PVC-U Estructurado: hasta 1500	Ligeros. Económicos. Baja rugosidad. Flexibles. No favorecen el desarrollo de hongos y algas.	Prestaciones mecánicas menores a las tuberías de concreto y metálicas. Alto coeficiente de dilatación térmica. Envejecimiento (50 años de vida útil aproximadamente).
Policloruro de vinilo (PVC)	100-610	Químicamente inertes a la mayoría de los residuos alcalinos y ácidos. Resistentes a los ataques biológicos. Durabilidad. Inmune a todo tipo de corrosión subterránea causada por reacciones galvánicas o electroquímicas en suelos agresivos. Bajo peso. Alta relación peso-resistencia. Largas longitudes.	Posible inestabilidad química, debido a la exposición a la luz solar.
			Deflexión excesiva bajo cargas en trinchera, cuando es instalada inapropiadamente.
			Deflexión excesiva cuando es sometido a altas temperaturas de las aguas residuales.
			Fragilidad cuando es expuesto a temperaturas muy bajas.

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Las tuberías más utilizadas y aceptadas desde los años sesenta del siglo pasado son, sin duda, las de policloruro de vinilo (PVC) con antecedentes exitosos, principalmente en aplicaciones de tuberías subterráneas. El segundo termoplástico en importancia, que se usa en el mercado de las tuberías subterráneas, es el polietileno (PE), que es de alto peso molecular y proporciona una excelente resistencia a los agentes químicos, por lo que las tuberías no se ven alteradas ante la presencia de terrenos corrosivos, terrenos ácidos con bajo nivel de pH o alto contenido en sulfatos.

En general el PVC es más fuerte, ofrece un mejor índice de expansión y contracción, uniones más rápidas y fáciles y una instalación de accesorios menos complicada en comparación con el PE.

Traza general de las líneas de tuberías

De conformidad con las recomendaciones de CONAGUA, el trazo de los tramos de tuberías entre pozos de visita deberá diseñarse en línea recta. Las tuberías no deben cruzar lotes o terrenos particulares. No se acepta la colocación de tubería de drenaje por banquetas o camellones, dado lo complicado de las labores de mantenimiento y limpieza. En todas las calles, con anchos mayores de 12 m con camellón, tales como bulevares o avenidas, deberá instalarse doble línea colectora por cada arroyo; en caso de que sean andadores o calles angostas, se aceptará una sola.

Profundidad de zanjas

En drenaje la profundidad de la zanja para la instalación de tuberías se hará en función de los niveles de terreno natural, niveles de plantilla de diseño y ancho de la zanja. La profundidad mínima debe satisfacer dos condiciones:

- El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto, ocasionadas por cargas vivas, en general para tuberías con diámetros hasta de 45 cm se acepta de 90 cm, y para diámetros mayores de 45 cm, se acepta de 1.00 m a 1.50 m.
- La plantilla apisonada sobre la que se sienta la tubería de drenaje podrá tener diferentes espesores en función de su diámetro. Nunca será menor de 10 cm de espesor. La plantilla para las tuberías de drenaje sanitario será de arena o tepetate fino. Para casos especiales podrá ser de gravilla. Las tuberías deberán quedar perfectamente sentadas sobre la plantilla para evitar fracturas. Las tuberías deben quedar perfectamente alineadas, tanto en lo horizontal como en lo vertical. La tubería se colocará con la campana hacia aguas arriba y se empezará su colocación de aguas abajo hacia aguas arriba.

Dimensionamiento de conductos

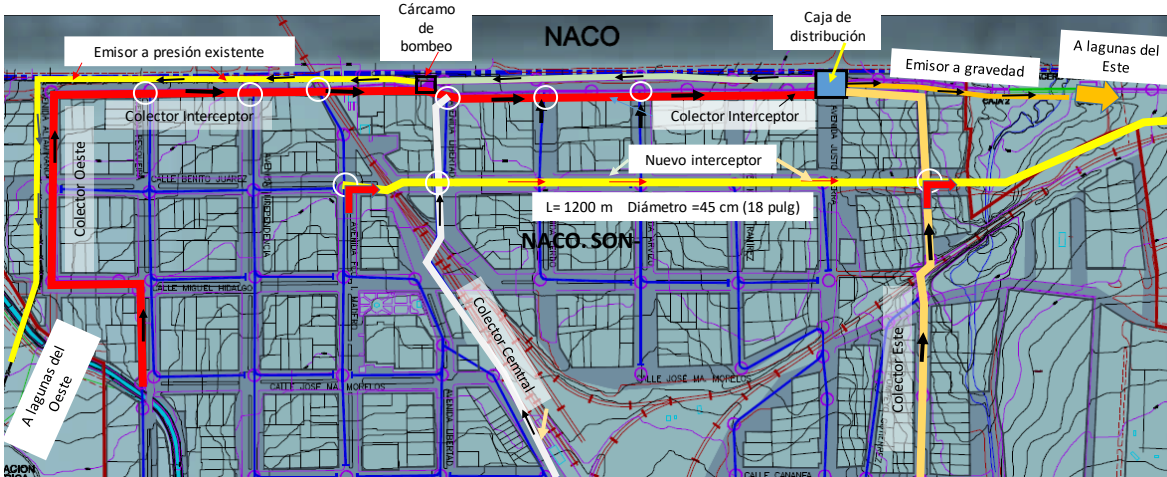
Conforme a las características topográficas y la acumulación de caudales en las zonas críticas, se efectuó la revisión de los conductos con diámetros propuestos para cada una de las zonas.

Las condiciones básicas del proyecto es que el sistema tenga capacidad para atender la demanda futura; y como ya se detalló, se tomará en cuenta la densidad actual y de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados.

Asimismo, se ha planteado la redistribución de áreas de aportación para evitar la sobrecarga de caudales en la zona extrema del sistema que lo hace más vulnerable a las fallas, derrames y colapsos que provocan derrames transfronterizos.

Esta redistribución de caudales se plantea que se haga localizando un nuevo interceptor por la calle Juárez, que funcione en paralelo con el existente y se distribuyan los caudales en una proporción aproximada de 50 %; el colector interceptor existente por la calle Internacional, de 30 y 45 cm de diámetro, y en un 50 % el nuevo interceptor de la calle Juárez, de 1200 m de longitud y 45 cm (18 pulgadas) de diámetro.

Ilustración 22. Propuesta de nuevo interceptor en la calle Juárez para redistribuir caudales



Fuente: elaboración propia con información OOMAPAS-Naco

En la tabla se muestra el cálculo de caudales medio, máximo instantáneo y máximo extraordinario, y la revisión de capacidad por tubería, considerando la acumulación de volúmenes en su concentración hasta la respectiva planta de bombeo y emisor correspondiente.

Tabla 23. Colectores, áreas de aportación y caudales

ID	Colector	Área (ha)	Densidad (hab/ha)	habitantes	Longitud (m)
1	Prolongación de Colector Oeste	80.91	31	2,508	2,152.18
	Colector interceptor	169.50	31	5,255	1,445.68
2	Prolongación de Colector Central	76.48	31	2,371	1,003.31
3	Reposición de Colector Central	143.56	31	4,451	1,936.66
4	Nuevo colector-interceptor B. Juárez	174.78	31	5,418	1,169.98

Fuente: elaboración propia

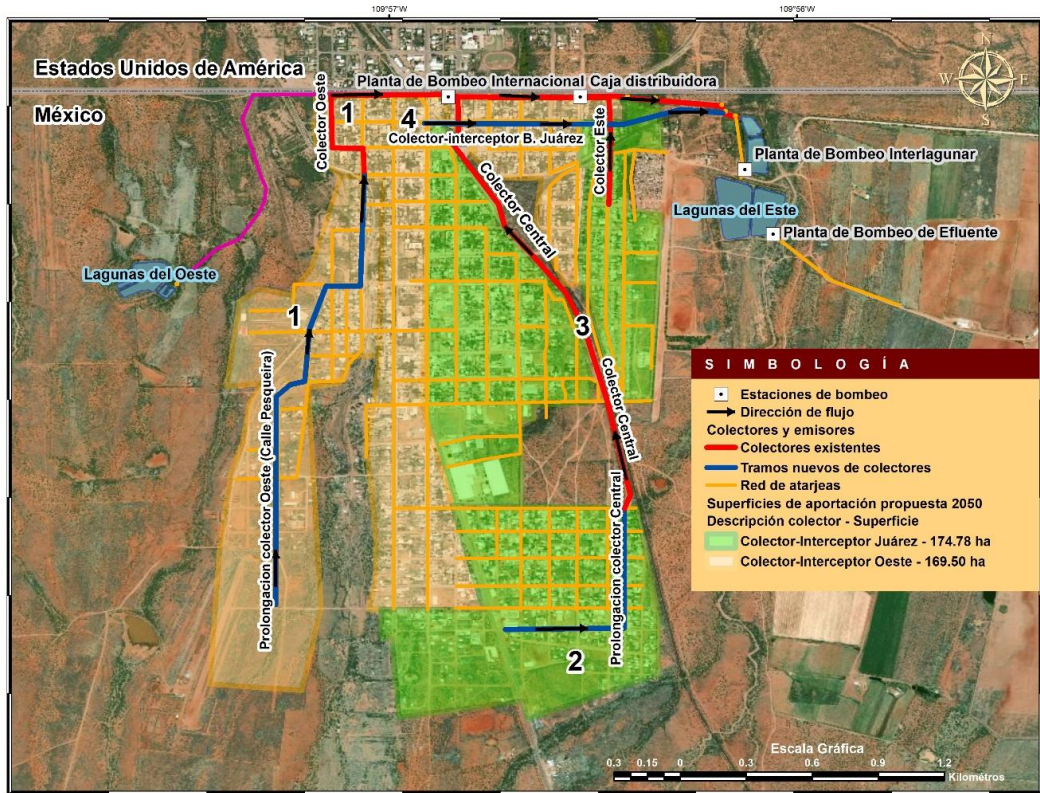
Los colectores que se requieren para incorporar las áreas sin servicio y las que se desarrollen como parte del crecimiento de Naco, SO, al año 2050, son los siguientes:

Tabla 24. Colectores y emisores al año 2050, Naco, SO

Colector	Longitud (m)	Diámetro (in)	Capacidad (l/s)	S m/m	Qmed (l/s)	Qmax-inst (l/s)	Qmax-ext (l/s)	Condición
Prolongación de Colector Oeste	2,152.18	12	90.084	0.004	6.10	21.38	32.07	Cumple
Colector Interceptor Oeste	1,445.68	12	90.084	0.004	12.77	41.19	61.78	Cumple
Prolongación de Colector Central	1,003.31	12	90.084	0.004	5.76	20.32	30.49	Cumple
Colector Central	1,936.66	12	90.084	0.004	10.82	35.60	53.41	Cumple
Colector Este (Oriente)	370.78	10	55.398	0.004	2.35	8.94	13.41	Cumple
Colector Interceptor B. Juárez	1,169.98	18	265.597	0.004	13.17	42.31	63.46	Cumple

Fuente: elaboración propia

Ilustración 23. Colectores y emisores para atender la demanda de alcantarillado al año 2050



Fuente: elaboración propia

3.2.2 Dimensionamiento de alternativas para plantas de bombeo principales

El sistema de recolección y conducción hacia las plantas de tratamiento de la red de alcantarillado y saneamiento de Naco, SO, sólo opera una planta de bombeo, que es la Estación de Bombeo Internacional; sin embargo, desde hace varios años prácticamente se ha dejado de operar, ya que el sistema lagunar del Oeste no se utiliza, entre otras causas por el costo del bombeo y por las fugas en el emisor a presión que conduce el agua residual de la planta de bombeo Internacional.

Existen otras dos plantas de bombeo que se ubican en el sistema laguna Este, una de ellas está entre las lagunas 2 y 3, que forman parte del tren de tratamiento; la otra planta de bombeo se localiza al final del tratamiento, es decir en el efluente a la salida de la laguna 4 de donde se bombea el agua para su reúso.

Las tres plantas de bombeo requieren rehabilitación en todas sus componentes: mecánicas, eléctricas y de obra.

Tabla 25. Características de la Estación de Bombeo Internacional

Concepto	Unidad	Internacional	Interlagunar
Profundidad total del cárcamo	m	10	6.50
Longitud de columna	m	6.0	6.00
Diámetro de columna	pulgada	6.0	6.0
Carga dinámica total	m	24.0	10.0



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto	Unidad	Internacional	Interlagunar
Tipo de bomba	Turbina	vertical	vertical
Caudal de diseño	l/s	8.0	16.0
Potencia requerida/equipo	HP	3.5	5
Cantidad de equipos	Equipo	2.0	2

Fuente: elaboración propia

3.2.3 Dimensionamiento de alternativas para plantas de tratamiento

Los sistemas lagunares requieren diversos trabajos que comprenden la obra civil, como son los bordos y áreas de acceso; estructuras de concreto, como cajas y cárcamos; instalaciones hidráulicas, como interconexiones; instalaciones eléctricas y mecánicas, como los equipos de bombeo y transformadores, válvulas y compuertas.

Rehabilitación en la obra civil:

- Bordos:
 - Retiro de maleza en taludes, interior y exterior.
 - Reparación de terracerías.
 - Limpieza general de áreas de basura y objetos que no correspondan.
- Estructuras de concreto:
 - Rehabilitación de cajas en la llegada y salida del agua.
 - Cárcamos de bombeo.
- Equipos eléctricos y mecánicos.
 - Reposición de equipos de bombeo.
 - Válvulas.
 - Rehabilitación de instalaciones eléctricas.
 - Compuertas.

Tabla 26. Dimensiones de las lagunas del sistema de tratamiento

Laguna	Ancho (m)	Largo (m)
Anaeróbica	96.0	54.0
Facultativa	102.0	76.0
Almacenamiento (E3)	131.0	254.0
Almacenamiento (E4)	129.0	222.0

Fuente: elaboración propia

3.2.4 Dimensionamiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua

El principal demandante de aguas residuales tratadas es el riego agrícola y la totalidad del caudal del efluente se utiliza en riego. El usuario que usa el efluente del sistema lagunar es una persona que emplea el agua residual tratada mediante un acuerdo con el OOMAPAS-Naco, y aporta una cuota mensual que se aplica en los gastos de operación del bombeo a la salida de la laguna 4, donde termina el tratamiento.

Del bombeo sale una tubería de 20 cm (8 in) de diámetro, que se reduce a 15 cm (6 in), la cual conduce el agua a una zona de riego localizada aproximadamente a 2500 m.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.5 Dimensionamiento de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

El organismo operador de Naco, SO, tiene importantes carencias que dificultan su efectividad y eficiencia, ya que no dispone de herramientas administrativas que al menos le permitan tener un control sobre los usuarios y mantener identificados a los deudores. El OOMAPAS-Naco tiene establecido un procedimiento de facturación y cobranza, mediante el cual lleva a cabo las actividades de emisión y entrega de los comprobantes fiscales por los servicios que presta. La actividad de cobranza que realiza en sus oficinas por el servicio que otorga únicamente recauda los pagos de aquellos usuarios que voluntariamente se acercan a las oficinas del organismo a realizar los pagos por dichos servicios, a los cuales se les entrega un comprobante del pago realizado.

Sistema de control administrativo

El registro de la cobranza lo lleva a cabo el organismo en un programa de cómputo muy sencillo, el cual sólo contiene el padrón de usuarios como base del sistema, pero al que no se le puede consultar el monto de los rezagos o sus pagos históricos, por lo que requiere un sistema más robusto y equipo de cómputo de soporte, así como personal que opere y mantenga el sistema.

En ciudades pequeñas como Naco, SO, usualmente los organismos operadores tienen bajos ingresos y, por tanto, escasas posibilidades de financiar los costos operativos y mucho menos oportunidad de costear las necesidades de inversión. Además, son pocos los organismos para este tipo de ciudades que tienen acceso al crédito bancario, y normalmente son pocos los fondos privados o mixtos de financiamiento.

Planeación Integral

En el caso de Naco, SO, de acuerdo con la información disponible, el origen de muchos problemas, relacionados con los servicios de agua potable y saneamiento, es la falta de capacidad económica del OOMAPAS-Naco, por lo que no puede pagar más personal y adquirir más equipo; por otra parte, en años recientes el organismo operador no ha tenido acceso a ningún programa federal a través de la CONAGUA, que aporte recursos para la operación o acciones de infraestructura, debido a los adeudos de derechos en el marco de la Ley Federal de Derechos.

3.3 Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas

Los proyectos, considerados a nivel de identificación, proporcionan información con un gran margen de incertidumbre. Es importante, sin embargo, considerar el hecho de que las alternativas y proyectos involucrados inciden en importantes aspectos de la realidad local sobre los que no existen criterios definidos de prioridad y valuación.

En el caso de Naco, SO, por tratarse de una ciudad que puede decirse pequeña en cuanto a su población, y con un esquema de expansión relativamente fácil de predecir, se hace un planteamiento de ampliación de la red de alcantarillado y saneamiento, conforme a las zonas que ya presentan rasgos de ocupación y hacia donde existe tendencia de crecimiento urbano.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.3.1 Evaluación de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

En Naco, SO, de acuerdo con cómo se ha dado el crecimiento, y puesto que no existe algún incentivo para modificar el modelo, la tendencia más notoria es hacia el sur del centro urbano, tomando como eje la carretera que comunica con Agua Prieta o Cananea, principalmente; en menor grado la segunda zona de crecimiento es hacia el suroeste de la ciudad, donde se aprecian algunos lugares con asentamientos.

La propuesta, como se estableció en el apartado 3.2.1, es que se aprovechen los colectores existentes en lo posible, sustituyendo y ampliando diámetros en los tramos en los que se requiera para absorber la captación de aguas residuales de las áreas de expansión y desarrollo, originadas por el crecimiento urbano de los próximos 30 años.

Una vez que el factor de impacto por ubicación ha sido considerado, las opciones de obras de captación y conducción, propuestas para dar cobertura a la demanda futura de saneamiento, tomarán en cuenta los factores que pueden modificar su costo y durabilidad, así como las relativas a la ubicación y al tipo de material a utilizar.

El aspecto de ubicación se consideró para proponer la configuración de la red; para la selección del tipo de material se tomará en cuenta el costo y los aspectos cualitativos del comportamiento del material de los conductos y la comparación de los costos capitalizados.

Como primer paso se determinó el costo índice por kilómetro, para diferentes diámetros de tubería, considerando los conceptos de obra del suministro e instalación y aquellos complementarios para su puesta en operación para dos materiales de tubos: alternativa 1 (PVC) y alternativa 2 (PEAD), y utilizando el Catálogo General de Precios Unitarios para la Construcción de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado (CONAGUA, 2020).

Tabla 27. Costo índice por diámetro y tipo de material

Diam (in)	PVC Costo/km (mdp)	PEAD Costo/km (mdp)
8	7.15	5.31
10	7.59	5.75
12	7.88	6.06
14	8.58	6.41
16	9.07	6.67
18	10.38	7.87

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Alternativas de inversión para colectores al año 2050, material PVC

Concepto	Longitud (m)	Costo/km (mdp)	Diámetro (in)	Importe (mdp)
Reemplazo de 4.39 km de tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas).	4.39	6.00	8	26.34
Reemplazo de 5 km de tuberías deterioradas, de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	5.0	6.00	8	30.00
Reemplazo de 12.5 km de tuberías deterioradas, de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	12.5	6.00	8	75.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto	Longitud (m)	Costo/km (mdp)	Diámetro (in)	Importe (mdp)
Rehabilitación del emisor a gravedad en 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC.	0.7	10.71	18	7.50
Rehabilitación del emisor a presión, de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC y una longitud de 1.70 km.	1.7	7.35	8	12.50
Prolongación del colector Oeste en 2.15 km de longitud y 12 pulgadas de diámetro en PVC.	2.15	7.88	12	16.95
Sustitución del colector Interceptor Oeste, de 1445 metros de longitud, y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC.	1.45	7.88	12	11.39
Construcción de la prolongación del colector Central, de 1003 metros de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro, de PVC	1.00	7.88	12	7.90
Reposición del colector Central, de 1936.66 m de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC.	1.94	7.88	12	15.25
Reposición del colector Este (Oriente), de 371 m de longitud y 25 cm (10 pulgadas) de diámetro de PVC.	0.371	7.59	10	2.81
Construcción del colector Interceptor Benito Juárez, de 1170 m de longitud y 45 (18 pulgadas) de diámetro.	1.17	10.38	18	12.15
	32.37			217.79

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Alternativa 1: Costo anual de operación y mantenimiento de la red

Concepto	Cantidad	Unidad	Importe (\$ MXN)	
			Mes	Año
Personal	3	Personas	54,000.00	648,000.00
Operación de vehículos	1	Vehículos	7,000.00	84,000.00
Limpieza de pozos de visita	50	Pozo	25,000.00	300,000.00
Materiales y equipos diversos	1	Lote	8,000.00	96,000.00
		Total		1,128,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Alternativa 2. Inversiones requeridas para colectores al año 2050, material PEAD

No.	Concepto	Longitud	Diámetro (in)	Costo /km (millones \$)	Costo/ (millones \$)
		(m)	PEAD	PEAD	PEAD
1	Reemplazo de 4.39 km de tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas).	4.39	8	5.31	1
2	Reemplazo de 5 km tuberías deterioradas de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	5.0	8	5.31	26.55
3	Reemplazo de 12.5 km de tuberías deterioradas de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	12.5	8	5.31	66.38
4	Rehabilitación del emisor a gravedad de 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC.	0.7	18	7.87	5.51
5	Rehabilitación del emisor a presión de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC y una longitud de 1.70 km.	1.7	8	5.31	9.03
6	Prolongación del colector Oeste de 2.15 km de longitud y 12 pulgadas de diámetro en PVC.	2.15	12	6.06	13.04
7	Sustitución del colector Interceptor Oeste de 1445 metros de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC.	1.45	12	6.06	8.76
8	Construcción de la prolongación del colector Central de 1003 metros de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC.	1.00	12	6.06	6.08
9	Reposición del colector Central de 1936.66 m de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC.	1.94	12	6.06	11.73
10	Reposición del colector Este (Oriente) de 371 m de longitud y 25 cm (10 pulgadas) de diámetro de PVC.	0.371	10	5.75	2.13



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

No.	Concepto	Longitud	Diámetro	Costo /km	Costo/
		(m)	(in)	(millones \$)	(millones \$)
11	Construcción del colector Interceptor Benito Juárez de 1170 m de longitud y 45 (18 pulgadas) de diámetro.	1.17	18	7.87	9.21
		32.37			181.72

Fuente: elaboración propia

Tabla 31. Alternativa 2: Costo anual de operación y mantenimiento de la red

Concepto	Cantidad	Unidad	Importe (\$ pesos MXN)	
			Mes	Año
Personal	3	Persona	60,000.00	720,000.00
Operación vehículos	1	Vehículos	7,000.00	84,000.00
Limpieza de pozos de visita	50	Pozos	25,000.00	300,000.00
Materiales y equipos diversos	1	Lote	25,000.00	300,000.00
				1,404,000.00

Fuente: elaboración propia

Comparación de alternativas

Para comparar ambas alternativas se utilizó el método del costo capitalizado (CC o P), el cual hace referencia directa al valor presente de un proyecto cuya vida útil durará para siempre, o que se considera en forma perpetua, como es el caso de los sistemas de distribución de servicios vitales.

La fórmula para calcular el costo capitalizado (CC) es:

Tabla 32. Conceptos considerados para cálculo de CC

Concepto		PVC	PEAD
Tasa de interés anual	i=	10%	10%
Costo O&M (millones de pesos)	A	1.128	1.404
Ciclo de vida (años)	n	50	50

Fuente: elaboración propia

Se supone que a lo largo de la vida útil de las tuberías se requerirán al menos dos inversiones puntuales, al año 20 y 40 del periodo considerado, debido a rehabilitaciones en el sistema: para un sistema con tuberías con PVC, y para el caso de la tubería PEAD.

Para traer los costos al presente, el procedimiento seguido al calcular el costo capitalizado de una secuencia infinita de flujos de efectivo es la siguiente:

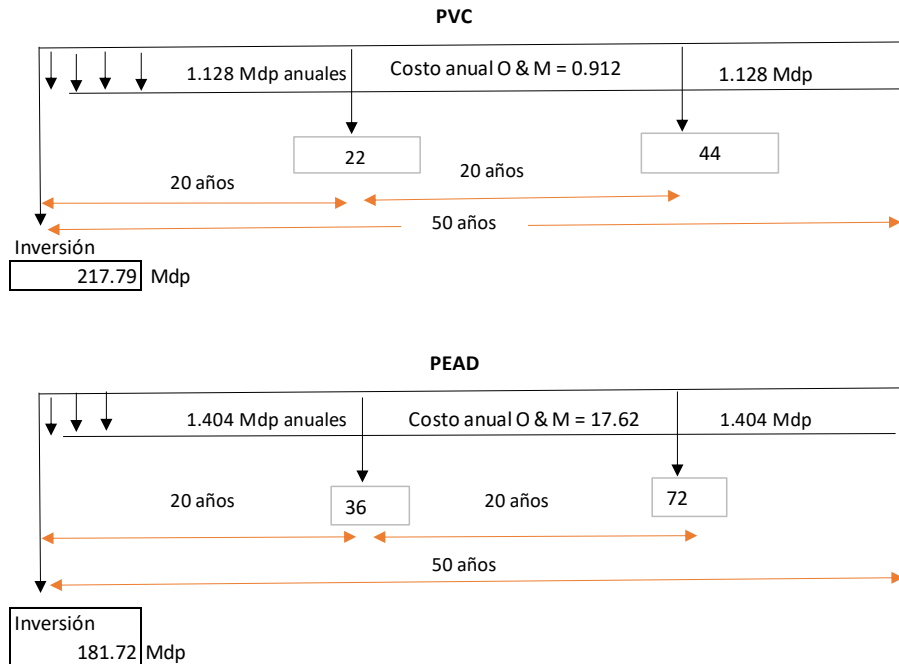
1. Diagrama de flujo de efectivo que muestra los costos no recurrentes (una vez) y los costos recurrentes (periódicos).

El flujo representa para cada alternativa, de usar PVC o PEAD, la inversión total que implica la construcción de la red (217.79 y 181.72 mdp, respectivamente); los costos de operación y mantenimiento anual, de 1.128 y 1.404 mdp, para cada caso, y dos inversiones puntuales para rehabilitación o reposición de tramos dañados a los 20 y 40 años.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 33. Diagramas de flujo de efectivo de los costos



Fuente: elaboración propia

2. Se encontrará el valor presente (P) de las cantidades no recurrentes, incluida la inversión inicial para traer al presente los costos puntuales de los 20 y 40 años, para el PVC y el PEAD.

Tabla 34. Valor presente de los costos de las alternativas con PVC y PEAD

P/F		PVC	P/F
$(P/F, 10, 20) = F(1/(1+i)^n)$	$i=10\%, n=20$	22.0	3.97
$(P/F, 10, 40) = F(1/(1+i)^n)$	$i=10\%, n=40$	44.0	0.97
P/F		PEAD	P/F
$(P/F, 10, 20) = F(1/(1+i)^n)$	$i=10\%, n=20$	36.0	5.35
$(P/F, 10, 40) = F(1/(1+i)^n)$	$i=10\%, n=40$	72.0	1.59

Costos no recurrentes		PVC	PEAD
Inversión actual (millones de pesos)	Inversión	217.79	181.72
Primer costo no recurrente 22 y 36 mdp	(20 años)	3.97	5.35
Segundo costo no recurrente 44 y 72 mdp	(40 años)	0.97	1.59
	P1	222.03	188.67

3. Se utilizará el valor anual uniforme equivalente (VA) durante un ciclo de vida de todas las cantidades, para este caso los costos de operación y mantenimiento, y se agregará este a las demás cantidades uniformes que ocurren en los años 1 hasta infinito, lo cual genera un valor anual uniforme equivalente total (VA).

Tabla 35. Valor anual uniforme de los costos para alternativas de PVC y PEAD

Costos recurrentes (anuales)	PVC	PEAD	
Costos recurrentes (operación anual)	(50 años)	1.128	1.404
	P2	11.28	14.04

Fuente: elaboración propia

4. A continuación se sumará el valor obtenido en el paso 2 al valor logrado en el paso 3.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

VP= P1+P2 para las dos alternativas PVC, PEAD:

Tabla 36. Valor presente de los costos, alternativas de PVC y PEAD (millones de pesos)

Valor presente	PVC	PEAD
P1	222.03	181.7
P2	11.28	14.04
VP	233.31	202.71

Fuente: elaboración propia

El valor presente de los costos indica que la opción más económica es la de utilizar PEAD; sin embargo, habrá que tomar en cuenta algunas desventajas de utilizar este tipo de tubería, de acuerdo con experiencias en diversas partes, que son las siguientes:

- Las reparaciones parciales en PEAD son en general más complicadas que en otros tipos de plásticos.
- Deben adquirirse componentes de mantenimiento y reparación para un nuevo material de tubería, en caso de que la cantidad de material a colocar sea importante.
- Se requiere de personal calificado para la termofusión.
- La presión de trabajo puede alterarse al variar la temperatura exterior.
- En ciertas condiciones no soporta cargas extremas ni vacíos parciales y es susceptible al aplastamiento.

Alternativa de no acción

No constituye una alternativa viable en ninguna circunstancia, ya que perjudica la salud y el bienestar de la población, y propicia la contaminación de suelo y agua, además de ir en contra de la buena relación binacional con las ciudades vecinas del otro lado de la frontera.

Es evidente y claro que no invertir en la renovación de las redes se convierte en un costo no sostenible ni a largo ni a corto plazo.

En la situación sin proyecto el sistema de alcantarillado presentará cada vez más deficiencias en su operación. Sin embargo, el OOMAPAS-Naco no puede dejar de actuar ante las circunstancias que se le presenten, ya que de lo contrario esto implicaría deterioros mayores, no sólo en la infraestructura hidráulica, sino en la infraestructura urbana en su conjunto, como son: vialidades, casas y equipamiento urbano en general.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 24. Viviendas abandonadas en la calle Internacional, Naco, SO



Fuente: fotografías propias tomadas el 6 de septiembre del 2020

3.3.2 Evaluación de alternativas para plantas de bombeo principales

De acuerdo con las proyecciones de demanda de tratamiento la Estación de Bombeo Internacional no sería estrictamente necesaria, si se toma en cuenta solamente la capacidad demandada al año 2050. Sin embargo, por razones de flexibilidad y margen de maniobra en situaciones de emergencia, y puesto que ya se tiene la infraestructura base, una opción es rehabilitar el sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales Lagunas del Oeste, tanto la obra civil como la eléctrica y mecánica, que incluye: cárcamo, bombas, emisor e instalaciones eléctricas.

Tabla 37. Costos de rehabilitación de la planta de bombeo Internacional

Concepto	Costo (millones de pesos)
Rehabilitación del cárcamo de bombeo (incluye marco de izaje y desmontaje de equipo)	0.30
Equipo de bombeo (bomba, impulsores columna)	0.50
Equipamiento eléctrico	0.35
Válvulas y piezas especiales	0.15
Total	1.30

Fuente: elaboración propia

En operación continua de la planta de bombeo los costos de operación y mantenimiento anuales son:

Tabla 38. Costos de operación y mantenimiento anuales Estación de Bombeo Internacional

Concepto	Unidad	Cantidad	Importe (millones \$)	
			Mes	año
Personal	Persona	1	0.0050	0.060
Operación de vehículos	Vehículo	1	0.0100	0.120
Limpieza	Lote	1	0.0030	0.036
Materiales y equipo diversos	Lote	1	0.0020	0.024
Electricidad	Consumo		0.0023	0.028
			Total	0.258

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 39. Costos de rehabilitación de la planta de bombeo interlagunar

Concepto	Costo (millones de pesos)
Rehabilitación del cárcamo de bombeo (incluye marco de izaje y desmontaje de equipo)	0.4
Equipo de bombeo (bomba, impulsores columna)	0.5
Equipamiento eléctrico	0.38
Válvulas y piezas especiales	0.15
Total	1.43

Fuente: elaboración propia

Tabla 40. Costos de operación y mantenimiento anuales de la planta de bombeo interlagunas

Concepto	Unidad	Cantidad	Importe (millones \$)	
			Mes	año
Personal	Persona	1	0.0050	0.060
Operación de vehículos	Vehículo	1	0.0100	0.120
Limpieza	Lote	1	0.0030	0.036
Materiales y equipo diversos	Lote	1	0.0020	0.024
Electricidad	Consumo		0.0023	0.028
Total			0.0258	

Fuente: elaboración propia

3.3.3 Evaluación de alternativas para plantas de tratamiento

Después de describir las condiciones de las plantas de tratamiento y la infraestructura auxiliar, es posible identificar al menos dos alternativas.

La alternativa uno comprende las siguientes acciones:

- Rehabilitar la Estación de Bombeo Internacional (y el emisor a presión).
- Rehabilitar el sistema lagunar Oeste (lagunas e infraestructura complementaria).
- Rehabilitación del sistema lagunar Este con toda su infraestructura.
- Construir una nueva planta de bombeo para el sistema lagunar Oeste para reuso en riego.

Tabla 41. Costos de la alternativa 1 para mantener en operación los dos sistemas lagunares

Alternativa 1	Costo (millones de pesos)
Rehabilitar la Estación de Bombeo Internacional	1.3
Rehabilitar el emisor a presión y estructura de llegada (1.7 km)	12.5
Rehabilitar el sistema lagunar Oeste (lagunas e infraestructura complementaria)	2.5
Rehabilitación del sistema lagunar Este con toda su infraestructura	6.5
Construir un humedal para el sistema lagunar Oeste	1.4
Total	24.1

Fuente: elaboración propia

La alternativa dos consiste en:

- Cancelación del sistema lagunar del Oeste.
- Rehabilitar el sistema del Este.
- Construir un humedal en complemento al sistema lagunar Este.

Tabla 42. Costos de la alternativa 2, cancelar el sistema lagunar Oeste

Alternativa 2	Costo (millones de pesos)
Cancelación del sistema lagunar del Oeste	0.0



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 2	Costo (millones de pesos)
Rehabilitar el sistema del Este	4.0
Construir un humedal en complemento al sistema lagunar del Este	2.5
Total	6.5

Fuente: elaboración propia

Alternativa de no acción

La alternativa de no acción no se considera viable; además de incurrir en sanciones por incumplimiento de normatividad, se causarían problemas de contaminación y probables reclamos de carácter internacional por la cercanía con el poblado de Naco, AZ.

3.3.4 Evaluación de alternativas para infraestructura para el reúso de agua

La alternativa para reúso del agua podría referirse a vender el agua residual tratada a quien la pague a un precio que se establezca, ya que podría existir demanda, pues como ya se citó existen alrededor de 540 hectáreas agrícolas como potenciales demandantes de reúso de las aguas descargadas, en ese caso existiría sólo la carga de llevarla al sitio donde se utilizaría.

3.3.5 Evaluación de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Como ya se mencionó, el OOOMAPAS-Naco se encuentra en una difícil situación, ya que tiene una muy baja eficiencia, tanto física como comercial. Carece de herramientas administrativas para el control de cuentas de los usuarios, escaso personal, y el sistema no tiene micromedición, lo cual quiere decir que no se sabe realmente cuánta agua se consume individualmente por parte de los usuarios. Tomando en consideración estas deficiencias, el organismo no obtiene ingresos suficientes para cubrir la totalidad de sus gastos.

Lo anterior implica que el organismo operador de Naco, SO, tendrá que instrumentar acciones y medidas de eficiencia, asociadas al uso de herramientas empresariales, que van desde la comunicación social y la publicidad para desarrollar una imagen y aceptación en la comunidad, hasta el cuidado de temas tan importantes como la consideración de la vida útil de las instalaciones, infraestructura y mobiliario necesarios para la prestación de los servicios. Esto nos lleva a considerar que primero tendría que buscar un esquema de fortalecimiento institucional que involucre diversos actores para hacer alianzas que permitan diseñar estrategias para que el organismo mejore su desempeño global y dependa menos de apoyos y subsidios.

Por lo anterior se consideraron dos acciones prioritarias de infraestructura complementaria a instrumentarse:

Tabla 43. Acciones de infraestructura complementaria

Concepto	Inversión (mdp)	Inicio	Término
Implementación y operación de sistemas administrativos, (comerciales y contables)	1.00	2021	2021
Planeación integral (operativa y administrativa)	1.20	2021	2021

Fuente: elaboración propia

Alternativa de no acción



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La alternativa de no acción significa que el OOMAPAS-Naco continuaría con el sistema actual que no le permite tener control sobre las cuentas de los usuarios del sistema de agua potable y alcantarillado, y esa sería una situación desfavorable para el organismo operador y para la población local, en general, ya que al tener deficiencias en el cobro se recaudan menos recursos para invertir.

3.4 Selección de las alternativas más convenientes

Para la selección de las alternativas más convenientes, en un esquema de gran visión con escenarios de futuro complejos, en dónde existe una elevada dosis de incertidumbre, y donde lo que se pone en juego es la satisfacción de necesidades básicas de la población y posibles conflictos e intereses, resulta muy importante tener en cuenta la necesidad de considerar la pluralidad de percepciones o perspectivas de los diferentes actores interesados.

Es un hecho que en la definición de los sistemas de saneamiento intervienen diferentes factores de orden económico, técnico, ecológico, etcétera que en ocasiones se asocian a diferentes objetivos. Por tanto, es necesaria la colaboración entre los diferentes actores, que aporten la experiencia adquirida y el punto de vista experto, si es el caso.

El impacto de las decisiones en los costos del proyecto, así como el número de opciones a considerar, irá disminuyendo a medida que los proyectos se vayan concretando.

3.4.1 Selección de alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Para las alternativas de colectores principales y obras de captación y conducción, se valorarán como aspectos primordiales los siguientes:

Características que contribuyan a una resiliencia de corto plazo, en primer término, y de largo plazo en función de su resistencia, durabilidad, capacidad de conducción, facilidad de reparación y flexibilidad en el manejo de las aguas residuales, lo cual tiene como base la condición de ubicación en el sistema y el material a utilizar.

De la condición de ubicación para Naco, SO, debido a la simplicidad del sistema, sólo se evalúa que tenga capacidad para conducir las aguas captadas y el tipo de material a utilizar.

Las alternativas

En este caso se evaluaron, además de la ubicación, dos tipos de materiales: PVC y PEAD, que son de uso común y fácilmente se consiguen en el mercado de tuberías y piezas especiales.

En las zonas de expansión aledañas a aquellas en las que existen colectores o subcolectores que drenan hacia la línea fronteriza, su opción más económica es que se prolonguen los conductos existentes para darle salida al agua residual, una vez corroborado que las conducciones tienen capacidad de conducción del caudal incorporado adicionalmente, tanto por incorporación de áreas sin servicio de alcantarillado, como por las nuevas áreas que se desarrollen con el crecimiento de la población.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 44. Alternativa 1. Colectores requeridos para incorporar zonas sin servicio y áreas de crecimiento

No.	Concepto	Longitud (m)	Diámetro (in)	Costo/ (millones \$)
1	Reemplazo de 4.39 km de tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas)	4.39	8	26.34
2	Reemplazo de 5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil	5.0	8	30.00
3	Reemplazo de 12.5 km tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil	12.5	8	75.00
4	Rehabilitación del emisor a gravedad de 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC	0.7	18	7.50
5	Rehabilitación del emisor a presión de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC y una longitud de 1.70 km	1.7	8	12.50
6	Prolongación del colector Oeste de 2.15 km longitud y 12 pulgadas de diámetro e PVC	2.15	12	16.95
7	Sustitución del colector Interceptor Oeste de 1445 metros de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC	1.45	12	11.39
8	Construcción de la prolongación del colector Central de 1003 metros de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC	1.00	12	7.90
9	Reposición del colector Central de 1936.66 m de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC	1.94	12	15.25
10	Reposición del colector Este (Oriente) de 371 m de longitud y 25 cm (10 pulgadas) de diámetro de PVC	0.371	10	2.81
11	Construcción del colector Interceptor Benito Juárez de 1170 m de longitud y 45 (18 pulgadas) de diámetro	1.17	18	12.15
		32.37		217.79

Fuente: elaboración propia

3.4.2 Selección de alternativas para plantas de bombeo principales

Las plantas de bombeo, consideradas como parte del sistema de alcantarillado y saneamiento, son la planta de bombeo Internacional, que requiere rehabilitación, y la planta de bombeo interlagunar, cuyos montos de inversión son los siguientes:

Tabla 45. Costo de la rehabilitación de la Estación de Bombeo Internacional y emisor a presión

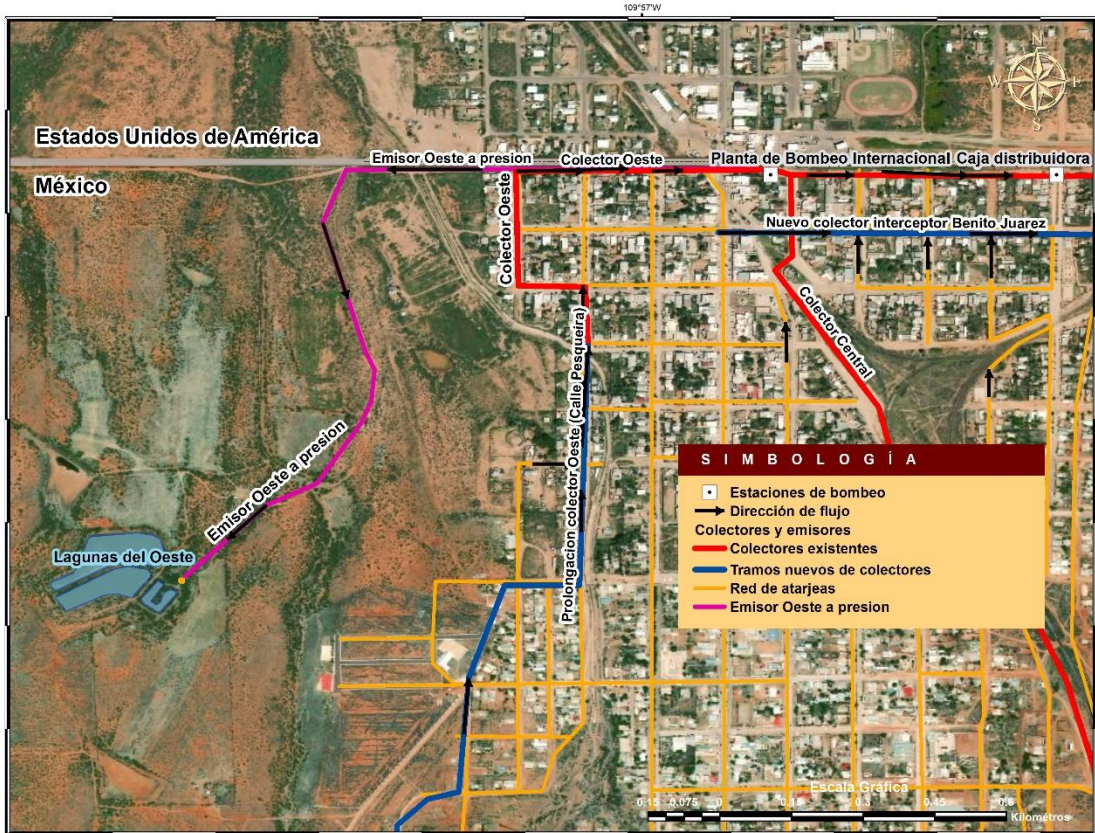
Alternativa 1	Costo (Millones de pesos)
Rehabilitación de la Estación de Bombeo Internacional	1.30
Rehabilitación de la planta de bombeo interlagunar con celdas fotovoltaicas	1.43

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 25. Planta de bombeo Internacional y emisor a presión al sistema lagunar Oeste



Fuente: elaboración propia

3.4.3 Selección de alternativas para plantas de tratamiento

La alternativa considera la rehabilitación de los dos sistemas lagunares Este y Oeste, que incluyen los bordos, estructuras de concreto y demás estructuras y dispositivos.

Bordos: Retiro de maleza en taludes, interior y exterior. Reparación de terracerías. Limpieza general de áreas de basura y objetos que no correspondan.

Estructuras de concreto: Rehabilitación de cajas en la llegada y salida del agua.

Cárcamos de bombeo. Complementariamente se requiere rehabilitar el emisor a gravedad de la calle Internacional, que nace en la caja distribuidora de caudales, y el emisor a presión, que ya fueron considerados en las alternativas de colectores y emisores en el subcapítulo 3.4.1.

Tabla 46. Inversiones para rehabilitar los sistemas lagunares de tratamiento de aguas residuales

Concepto	Millones de pesos	Inicio	Término
Rehabilitación de los sistemas lagunares Oeste y Este para que cumplan con la NOM-ECOL-1996	6.50	2022	2024

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.4.4 Selección de alternativas para infraestructura para el reúso de agua

El OOMAPAS-Naco tiene un convenio con un particular para que reutilice el agua tratada, y a cambio él retribuye con una aportación para el pago de la operación de la planta de bombeo. Por ahora no se evaluará ninguna alternativa y la opción será que el organismo acuerde con los posibles usuarios que paguen el precio que calcule el propio organismo operador, conforme a la recuperación de los costos que año con año se revisen.

3.4.5 Selección de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Entre las necesidades a satisfacer en el OOMAPAS-Naco destaca: contar con un programa (software) que le permita mantener actualizada la atención al usuario; su alta al padrón de usuarios para generar contratos de suministro de agua; la gestión de medidores; incorporación de consumos por tipo de toma; registro de lecturas, ya sea que estas se tomen en forma manual o por terminales portátiles con lectura directa, por toque o radiofrecuencia; el análisis de las lecturas antes de su facturación; explotar la información de lecturas y consumos atípicos, y estadísticas de la facturación y recaudación, con el fin de mantener mayor control sobre las cuentas de los usuarios.

Asimismo, el OOMAPAS-Naco podría apoyar en el sistema en aspectos de cobranza, convenios de pago, control de materiales, ingresos y egresos.

Además, se requerirá desarrollar un proceso de planeación integral para revisar e instrumentar estrategias de fortalecimiento institucional.

Tabla 47. Alternativas de infraestructura complementaria para el OOMAPAS-Naco

Concepto	Millones de pesos	Inicio	Término
Implementación y operación de sistemas administrativos, (comerciales y contables)	1.00	2021	2021
Planeación integral (operativa y administrativa)	1.20	2021	2021

Fuente: elaboración propia

3.5 Integración de la cartera de acciones y proyectos

Una vez que se cuenta con la identificación de las principales acciones y proyectos de saneamiento, es fundamental desarrollar en forma consistente cada uno de estos y conformar una Cartera de Programas y Proyectos de Inversión, que en nuestro país es el instrumento principal del sistema de inversión pública para proveerlos de los recursos que se requieren para ejecutarlos.

La integración de la cartera de acciones y proyectos está sujeta a un proceso previo, bajo diversos criterios de priorización que pasan por la revisión y selección de alternativas para obtener el soporte y maduración de cada proyecto que incluye consensos, ingeniería básica, estudios e ingeniería de detalle, para que puedan ejecutarse en el tiempo adecuado.

El proceso descrito incluye varias fases del proyecto, que van desde su identificación, hasta su ejecución; estas fases comprenden dos grandes conceptos: preinversión e inversión, y permiten determinar en un momento determinado si un proyecto es susceptible de que se le apliquen recursos del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) para realizarlo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 26. Proceso de maduración de los proyectos elegibles para inversión pública



Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que el nivel gran visión puede cubrir algunos aspectos, como la rentabilidad real, el impacto funcional sobre la población y el medio ambiente, para desarrollar un proceso de toma de decisiones coherente con los objetivos que se buscan desde un enfoque de desarrollo sustentable, existe la dificultad de evaluar consecuencias inmediatas y diferidas de todas las decisiones, y si además se considera que en general en el sector agua y saneamiento se tienen limitaciones presupuestales, se tendrán que buscar formas de optimizar el ejercicio de los recursos.

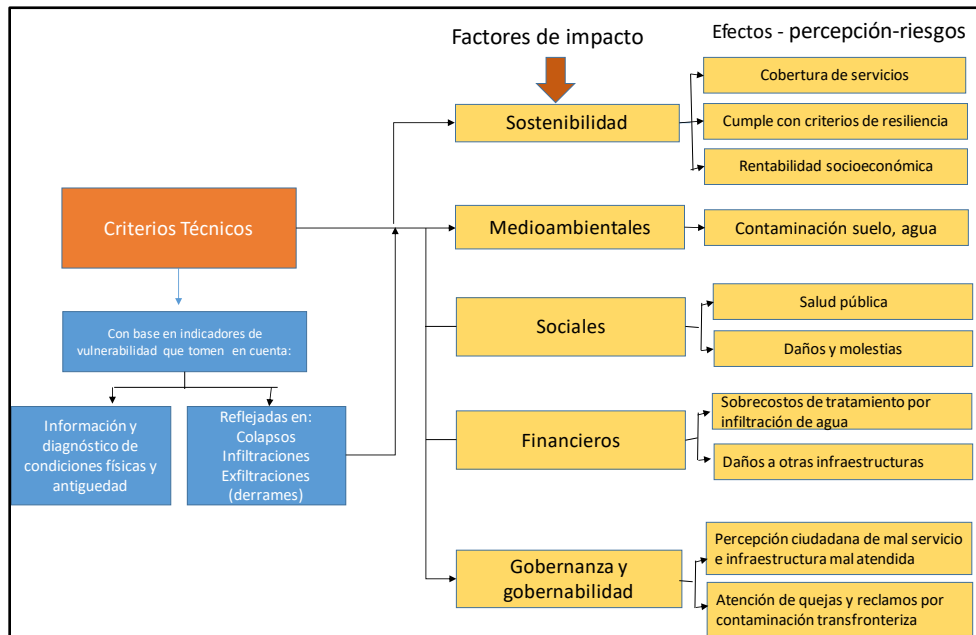
Por las razones expuestas, en un esfuerzo inicial de planeación y de la estimación de aplicación de recursos, podría hacerse a partir de definir una parte del presupuesto anual a los siguientes conceptos:

- Inspección, diagnóstico y estudio de los sistemas,
- Otro porcentaje importante a la rehabilitación corriente del sistema,
- Otro porcentaje a la rehabilitación profunda y reposición de elementos, y
- Un porcentaje restante a incrementar infraestructura.

Por supuesto la decisión estaría sujeta al análisis y a lo que determinen los responsables del servicio, municipio, estado y Federación, tomando en cuenta la opinión de los organismos de apoyo financiero (como ejemplo los porcentajes de cada concepto descrito pudieran ser 10, 40, 30 y 20).

Una matriz de decisión evaluada con los involucrados podría enfocarse a ponderar los aspectos técnicos que se traducen en impactos, tanto positivos como de efecto negativo, y en la que podría reflejarse una calificación de dichos efectos que indique que las infraestructuras incrementan lo positivo y evitan los efectos negativos, como se ilustra en la ilustración 27.

Ilustración 27. Criterios y factores de impacto de la infraestructura propuesta que pudieran reflejarse en una matriz de decisión



Fuente: elaboracin propia

Parece simple que sólo tres aspectos de sostenibilidad, buena cobertura y diseo, con criterios de resiliencia y rentabilidad econmica, puedan incidir en varios factores que reflejan efectos negativos provocados por una condicin tcnica desfavorable de antigüedad y deterioro.

Revirtiendo los efectos negativos, la percepcin y los riesgos, puede darse un giro a favor y, por tanto, de disposicin al pago, y as podra buscarse una mejor meta de recaudacin cobro de una tarifa ms equilibrada.

3.5.1 Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captacin y conduccin
Las acciones y proyectos, relacionados con colectores principales y emisores existentes, se programaron en primer orden de prioridad, conforme a los requerimientos de sustitucin o de rehabilitacin por deterioro y edad, que ya se ha planteado desde las condiciones "semforo", y su ejecucin se programar de acuerdo con cmo se vaya documentando el proceso de soporte de los proyectos.

Para fines de estimar las necesidades de inversin, el criterio es proponer en primer orden aquellos que ya estn en programas y que requieren su atencin prioritaria, para evitar colapsos en el sistema y que se produzcan problemas sanitarios que sean susceptibles de causar daos o molestias en ambos lados de la frontera.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 48. Acciones en colectores y emisores al año 2050, Naco, SO

Concepto	Inversión (mdp)	Inicio	Término	Federal	Estatad o mpal.	Privado	BDAN
Reemplazar 4.39 km de tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas).	26.34	2025	2030	5.27	7.90		13.17
Reemplazar 5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	30.00	2025	2030	6.00	9.00		15.00
Reemplazar 12.5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	75.00	2025	2030	15.00	22.50		37.50
Rehabilitar emisor a gravedad 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC.	7.50	2022	2024	1.50	2.25		3.75
Rehabilitar emisor a presión de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC y una longitud de 1.7 km.	12.50	2022	2024	2.50	3.75		6.25
Elaboración de estudios y proyectos de ampliación y rehabilitación de redes de alcantarillado.	1.30	2022	2024	0.56	0.84		
Prolongación del colector Oeste en una longitud de 2,152.18 metros, con un diámetro de 30 cm (12 in) de PVC.	16.95	2025	2030	3.39	5.09		8.48
Prolongación del colector Central en una longitud de 1,003.31 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC.	7.90	2025	2030	1.58	2.37		3.95
Reposición del Colector central en un tramo de 1,936.66 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC.	15.25	2025	2030	3.05	4.58		7.63
Construcción de interceptor de la calle Juárez en una longitud de 1170 m y 45 cm (18 pulgadas) de diámetro.	12.15	2025	2030	2.43	3.65		6.08
Reposición del colector Oriente en un tramo de 370 metros con un diámetro de 25 cm (10 pulgadas) de PVC.	2.81	2025	2030	0.56	0.84		1.41
Sustitución del colector Interceptor Oeste de 1445 metros de longitud y 30 cm (12 pulgadas) de diámetro de PVC.	11.39	2036	2050	2.28	3.42		5.70
Total	219.20			44.12	66.18		108.91

Fuente: elaboración propia

3.5.2 Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales

Tabla 49. Acciones en estaciones y cárcamos de bombeo al año 2050, Naco, SO

Concepto	Inversión (mdp)	Inicio	Término	Federal	Estatad o mpal.	Privado	BDAN
Rehabilitación de Estación de Bombeo Internacional, considerando equipos de bombeo, cárcamo, equipamiento eléctrico y válvulas.	1.30	2022	2024	0.26	0.39		0.65
Reequipamiento de cárcamos de bombeo interlagunas Oriente con paneles solares (47 kW).	1.43	2022	2024	0.57	0.86		
Total	2.73			0.83	1.25	0.00	0.65

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.5.3 Acciones y proyectos para plantas de tratamiento

Tabla 50. Acciones en plantas de tratamiento de aguas residuales al año 2050, Naco, SO

Concepto	Inversión (mdp)	Inicio	Término	Federal	Estatal o mpal.	Privado	BDAN
Rehabilitar los sistemas lagunares Oeste y Este para que cumplan con la NOM-ECOL-1996.	6.50	2022	2024	1.30	1.95		3.25
	6.50			1.30	1.95	0.00	3.25

Fuente: elaboración propia

3.5.4 Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación

Tabla 51. Acciones en infraestructura complementaria e instrumentación al año 2050, Naco, SO

Concepto	Inversión (mdp)	Inicio	Término	Federal	Estatal o mpal.	Privado	BDAN
Implementación y operación de sistemas administrativos, comerciales y contables)	1.00	2021	2021	0.40	0.60		
Planeación integral (operativa y administrativa)	1.20	2021	2021	0.48	0.72		
	2.20			0.88	1.32	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4 Organización y alternativas de financiamiento

Las obras de saneamiento generalmente encuentran muchas dificultades para obtener un financiamiento adecuado para su desarrollo y mantenimiento, debido a varios factores, entre otros a que la infraestructura requerida para los servicios de saneamiento es muy costosa y se amortiza en períodos prolongados y, una vez construida, representa un costo irrecuperable con poco o sin valor alternativo.

Por otra parte, la inversión pública en infraestructura cada año se ha visto disminuida; sin embargo, el Estado sigue teniendo un papel clave. La política hídrica en México debe responder a un doble desafío: por un lado, reducir los retrasos a los que se enfrenta el sector en materia de infraestructura de agua potable y saneamiento, en algunas zonas del país; por otra parte, debe encarar las nuevas condiciones que se vislumbran en un futuro cercano, como los cambios demográficos, sociales y económicos, así como los efectos del cambio climático sobre el territorio y el respeto al medio ambiente, por lo que la diversidad de actores que intervienen deben conjuntar y alinear esfuerzos.

Se requiere, entre otras cosas, mejorar el desempeño de los organismos prestadores de servicios de agua y saneamiento para que estos sean financieramente sostenibles e incrementen sus capacidades.

4.1 Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento

Principales actores del sector agua y saneamiento, relacionados con los ámbitos de Gobierno que apoyan el financiamiento de acciones e infraestructura para agua y saneamiento:

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es un organismo del Gobierno federal que administra, emite normas relativas a los usos del agua en México y apoya con diversos programas para la creación de infraestructura y acciones para el mejor desempeño de sistemas usuarios del agua; depende de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que se encarga de apoyar y desarrollar normativas ambientales. Además, la CONAGUA es un órgano consultivo con respecto a las 13 regiones hidrológico-administrativas en que se subdivide la gestión del agua en el país.

BANOBRAS: es un organismo que se encarga de financiar o refinanciar proyectos de inversión en infraestructura (tanto públicos como privados) o servicios públicos de los Gobiernos federal, estatales y municipales. Es dependiente de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), y administra el Fondo Nacional de Infraestructura

GOBIERNOS ESTATALES/MUNICIPALES: son los responsables, a través de su organización administrativa, de los programas y acciones específicas en la prestación de los servicios para el suministro de agua potable y el saneamiento. Disponen de participación en los organismos operadores y son decisivos a la hora de impulsar proyectos de inversión.

ORGANISMOS OPERADORES: son los encargados de proporcionar directamente a la población los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado. Planean y administran la infraestructura y recaudan recursos para operar los sistemas. Históricamente han presentado problemas de eficiencia, y en general tienen dificultades de sostenibilidad financiera.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CONCESIONARIAS: son empresas que en ocasiones se contratan para desarrollar en zonas designadas actividades vinculadas con el sistema comercial, infraestructura hidráulica y otros inherentes que forman parte de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como de tratamiento de aguas residuales.

Otros organismos, instituciones y fuentes de financiamiento que apoyan el financiamiento de infraestructura

BANCO DE AMÉRICA DEL NORTE (BDAN-NADBANK). Es una fuente específica para la región de la frontera norte, que se orienta al fortalecimiento de lazos y alianzas estratégicas entre México y Estados Unidos, para posibilitar estrategias orientadas a resolver problemas de interés en el ámbito socioambiental.

El BDAN financia infraestructura con créditos y a través de recursos no reembolsables, es decir, recursos sin contrapartida. Sin embargo, es posible observar cómo estas dos fuentes de financiamiento del banco pueden utilizarse conjuntamente para ofrecer un mayor porcentaje de recursos para financiar los proyectos de infraestructura.

Los recursos no reembolsables para proyectos de saneamiento se constituyen por fondos de Infraestructura Ambiental Fronteriza (BEIF, por sus siglas en inglés), que es un fondo establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, para financiar proyectos de agua y saneamiento. Estos recursos pueden destinarse a proyectos en México, siempre que haya algún beneficio fronterizo.

La CILA es un organismo de carácter binacional que, además de los asuntos relativos al reparto de las aguas de los ríos internacionales entre México y Estados Unidos, también ha enfocado su acción en el desarrollo de soluciones binacionales consistentes en proyectos de infraestructura que dan solución a problemáticas ambientales que afectan en ambos lados de la frontera. La jurisdicción de la CILA tiene representación a lo largo de la frontera de México con Estados Unidos, particularmente en áreas donde pueden existir proyectos concernientes a los límites o aguas internacionales.

Las Asociaciones Público-Privadas (APP) son un importante instrumento para movilizar recursos y crear nueva inversión en infraestructura económica que se ha extendido entre los países de América Latina desde fines de la década de los años ochenta y principios de la de los noventa del siglo anterior. Estas asociaciones constituyen alianzas entre el sector público y uno o más socios privados, en las que se establecen contratos de largo plazo con distribución de riesgos y responsabilidades entre las partes para la construcción, operación o administración de infraestructura para la provisión de un servicio público.

En la tabla 52 se presentan las fuentes de financiamiento y una propuesta de mezcla de recursos para la realización de proyectos, obras y acciones para la ciudad de Naco, SO.

Tabla 52. Fuentes de financiamiento propuestas para los proyectos, obras y acciones identificados en Naco, SO

Concepto	Inversión (mdp)	Fuentes de inversión (mdp)				Ejecución	
		Federal	Estatal o Municipal	NADBANK	Privada	Inicio	Fin
Colectores y emisores	219.20	44.12	66.18	108.90	-	2025	2037
Plantas de bombeo	2.73	0.83	1.25	0.65	-	2022	2041

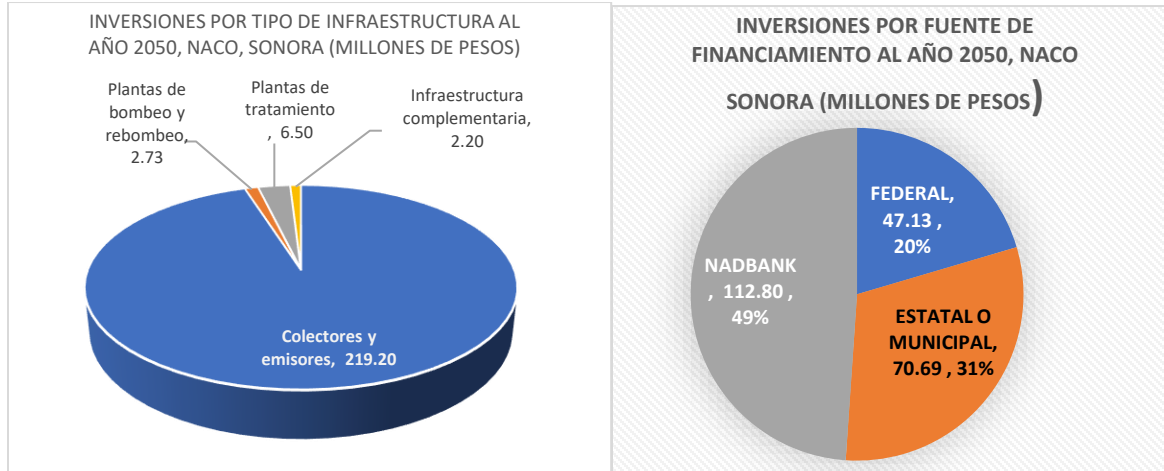


COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto	Inversión (mdp)	Fuentes de inversión (mdp)				Ejecución	
		Federal	Estatal o Municipal	NADBANK	Privada	Inicio	Fin
Plantas de tratamiento	6.50	1.30	1.95	3.25	-	2022	2050
Sistemas de reúso	-	-	-	-	-		
Infraestructura complementaria	2.20	0.88	1.32	-	-		
Total	230.62	47.13	70.69	112.80	-	2022	2050

Fuente: elaboración propia

Ilustración 28. Inversiones por tipo de infraestructura y fuente de financiamiento al año 2050, Naco, SO



Fuente: elaboración propia

4.1.1 Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos

Los estudios y proyectos pueden ser realizados utilizando diversas fuentes de financiamiento, ya sea con recursos propios o mediante los programas del Banco de América del Norte (BDAN), o bien apoyándose en los programas como el PRODI, que tiene una componente de estudios e infraestructura en las que pueden incluirse estudios como los que se describen a continuación:

- Eficiencia operativa y comercial.
- Estudios tarifarios.
- Eliminación de fugas.
- Actualización de padrones de usuarios.
- Mejora de infraestructura hidráulica.
- Diagnósticos de eficiencia energética y eficiencia de equipos.

El Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA), promueve estrategias de la CONAGUA a través del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), para promover la sostenibilidad operativa y financiera de los entes públicos, relacionados con el sector hídrico: hasta el 50 % para la elaboración o actualización de estudios, hasta el 50 % del costo de la



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

asesoría estratégica para la licitación y cierre financiero del proyecto, y hasta el 49 % del costo total del proyecto

Esta estrategia incluye estudios como los descritos en la siguiente lista:

- Diagnósticos de planeación integral.
- Ingenierías básicas.
- Evaluación socioeconómica.
- Análisis de conveniencia de un APP.
- Asesorías estratégicas.
- Plantas desaladoras.
- Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).
- Sostenibilidad operativa y financiera.

4.1.2 Planteamiento de opciones de organización para la ejecución

Ante el contexto actual resulta evidente que los desafíos del financiamiento de la infraestructura son muy grandes y requerirán de una mayor complementación entre los recursos propios de los organismos operadores, el sector privado, el sector público y la banca de desarrollo; además de que motiva a encontrar nuevas fuentes e instrumentos para financiar la infraestructura de saneamiento en la región.

Una identificación general de fuentes se muestra en la ilustración 29.

Ilustración 29. Identificación de fuentes de financiamiento en la región fronteriza norte



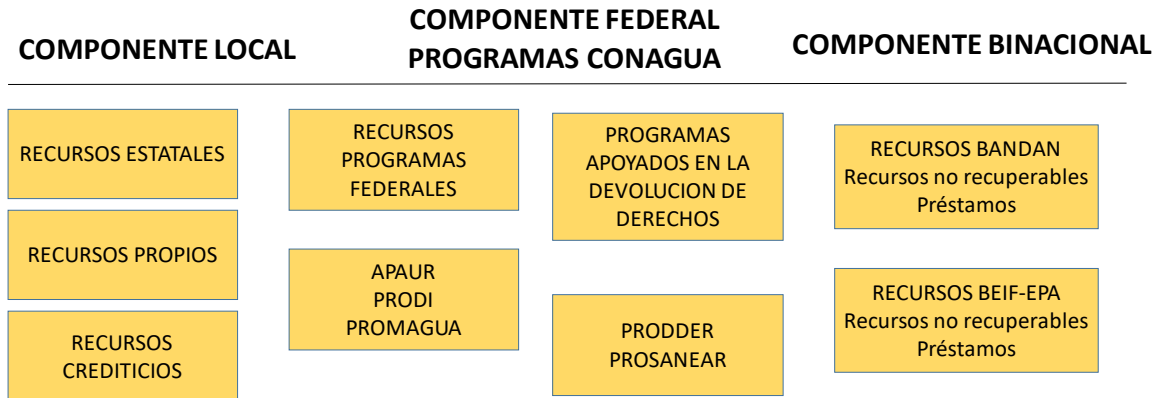
Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La organización del financiamiento de la ejecución de obras gráficamente puede representarse de la siguiente forma:

Ilustración 30. Fuentes de financiamiento para la ejecución de obras



Fuente: elaboración propia

Tabla 53. Programas de financiamiento mediante programas federales de la CONAGUA

Descripción (apartado)	Propósito	*Monto
Programa federal a cargo de la CONAGUA que apoya el financiamiento de obras y acciones mediante cinco apartados: Urbano (APAUR); Rural (APARURAL); Proyecto para el Desarrollo Integral de Organismos Operadores de Agua Limpia (AAL) y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (APTAR)	Incrementar y sostener la cobertura y eficiencia de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, a través del apoyo al financiamiento de obras de infraestructura y acciones para el desarrollo de dichos servicios en localidades urbanas y rurales del país.	Costo per cápita hasta de \$7,164.00. Apoyo entre 30 y 40 %; Poblaciones >500,000 hab.
APAUR	Incrementar o sostener la cobertura y mejorar la eficiencia en la prestación de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento básico, al apoyar obras y acciones en localidades a partir de 2500 habitantes, que permitan avanzar en el cumplimiento del derecho al acceso, disposición y saneamiento del agua.	Costo per cápita hasta de \$7,164.00. Apoyo entre 30 y 40 %; Poblaciones >500,000 hab.
PRODI. Los montos máximos destinados para hacer llegar el agua residual a la planta de tratamiento no podrán exceder el 20 % de la inversión asignada a una obra de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Sólo se apoyarán aquellas que apliquen en el mismo ejercicio fiscal. Programa financiado parcialmente con crédito externo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).	Desarrollar capacidades técnicas, operativas, recaudatorias y administrativas para mejorar la calidad del servicio de agua potable en poblaciones, preferentemente entre 50,000 y 900,000 habitantes. La finalidad será impulsar su sostenibilidad operativa y financiera mediante la reducción de costos de operación, el incremento de los ingresos propios y la reducción de pérdidas físicas del agua.	Base= 40 % Monto de programa. Hasta 70 % en zonas de atención prioritaria.
APATAR	Incrementar o mejorar la cobertura, mediante apoyo financiero y técnico a obras y acciones para tratar aguas residuales de origen municipal, cumpliendo con los parámetros	Recursos federales= Monto del pago de derechos en el ejercicio fiscal al 15 de noviembre.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Descripción (apartado)	Propósito	*Monto
	establecidos en permisos de descarga de acuerdo con la normatividad aplicable, incrementando la capacidad instalada de tratamiento, mejorando la calidad del agua e impulsando el ahorro de energía en los organismos operadores.	

Fuente: elaboración propia con base en Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA)/CONAGUA. Recursos fiscales (subsidios).

Tabla 54. Programas con base en la devolución del pago de derechos: CONAGUA

Programa/dependencia (tipo de recursos)	Descripción/(apartado)	Propósito	*Monto
PROSANEAR/CONAGUA. Devolución de derechos.	El Programa de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR) tiene como objetivo la asignación de recursos federales provenientes del pago de derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.	Apoyar acciones de construcción o implementación de infraestructura, operación y mejoramiento de eficiencia de saneamiento, o encaminadas a mejorar o mantener la calidad de las aguas residuales, a fin de no rebasar los límites permisibles establecidos en los permisos correspondientes y la normatividad aplicable.	Recursos federales= Monto del pago de derechos en el ejercicio fiscal al 15 de noviembre de 2020.
PRODDER/CONAGUA.	El objetivo principal del Programa de Devolución de Derechos (PRODDER) es asignar recursos a los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento provenientes del pago de derechos, para que se realicen acciones de mejora de eficiencia.	Apoyo a los prestadores de servicios de agua potable y saneamiento para incrementar eficiencias, coberturas y mejorar la prestación del servicio. Promoción de la inversión en infraestructura hídrica.	Recursos Federales= Monto del pago de derechos en el ejercicio fiscal al 15 de noviembre de 2020.

Fuente: elaboración propia

Tabla 55. Fuentes de financiamiento: recursos de la banca de desarrollo nacional e internacional

Programa/Banco	Descripción/(apartado)	Propósito	*Monto
FONADIN/BANOBRAS. Banca de desarrollo nacional.	Para impulsar obras de infraestructura social, (BANOBRAS) implementa el Programa para la Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA), destina apoyos no recuperables para el financiamiento parcial de estudios y proyectos a través de FONADIN.	Construcción de: acueductos, plantas desaladoras, plantas de tratamiento de aguas residuales. Sostenibilidad operativa y financiera	Apoyos financieros hasta del 50 % para la elaboración de estudios de preinversión, así como hasta del 49 % del costo total del proyecto.
Banco de Desarrollo de América del Norte (NADBANK). Institución financiera bilateral en el marco del Tratado de Libre Comercio, y capitalizada en partes iguales por México y Estados Unidos.	Desarrollar proyectos sustentables desde un punto de vista ambiental y financiero, con amplio apoyo comunitario, en un marco de colaboración y coordinación estrechas entre los dos países.	Financiamiento a entidades públicas y privadas de la región fronteriza México y Estados Unidos, para apoyar la implementación de proyectos de infraestructura ambiental.	De acuerdo con las características del proyecto y las necesidades financieras del promotor, entre las cuales se incluyen créditos directos, líneas de crédito revolvente y participación en emisiones de bonos municipales.

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.1.3 Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado y saneamiento corresponde al OOMAPAS-Naco y los recursos que se aplican provienen de la recaudación por el cobro de los servicios. Los organismos operadores también reciben algunos recursos presupuestarios que provienen de “devolución de impuestos” o de subsidios federales específicos para operación, como los del Programa de Devolución de Derechos (PRODDER).

Por lo anterior, el organismo operador requiere acciones de fortalecimiento institucional que permitan dar un mejor servicio, establecer tarifas adecuadas a las necesidades y contar con áreas técnica y comercial mejor equipadas, así como con personal que pueda hacer cambiar la percepción del servicio.

4.2 Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos

La prestación de los servicios de agua y saneamiento puede verse afectada por eventos de diversa naturaleza que pueden desencadenar situaciones de emergencia que impactan directamente en la salud pública de las poblaciones relacionadas. Ante la ocurrencia de un evento de este tipo, es fundamental y prioritario garantizar la continuidad y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, lo que lleva a pensar en la necesidad de desarrollar procesos eficientes de coordinación, planeación y organización, orientados a la reducción del riesgo.

4.2.1 Identificación de riesgos (construcción de matriz)

Para comprender el tema, ya que existen diversas formas de abordarlo, es necesario recordar tres conceptos que nos permitirán uniformar los criterios del análisis.

- **Amenaza:** la entenderemos como la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino de origen diverso: natural, político o administrativo.
- **Vulnerabilidad:** entendida como la susceptibilidad física, económica, política o social, que tiene una organización o una comunidad a sufrir daños o pérdidas, en caso de materializarse una amenaza.
- **Riesgo:** que sería la probabilidad de que se presente una amenaza sobre un sistema que tiene cierta vulnerabilidad, por lo que el riesgo es función de ambos conceptos (amenaza x vulnerabilidad).

A partir de estos conceptos la reducción del riesgo comprende acciones relacionadas con la prevención y mitigación, partiendo de un amplio conocimiento de las amenazas y vulnerabilidades a las que se ven expuestos los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, para considerar las acciones necesarias en la eliminación o disminución de los riesgos, y para la mitigación de los impactos, cuando se requiera generar una adecuada respuesta ante una situación de emergencia o desastre.

Riesgos relacionados con la realización o terminación de las obras

De acuerdo con lo anterior, los riesgos relacionados con la realización o terminación de las obras se refieren a los de no realización, terminación o retraso en la finalización de estas obras, que pueden puntualizarse de la siguiente forma:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- a) No terminación de las obras;
- b) Retrasos en la construcción o un sobre costo de la misma;
- c) Incapacidad del proyecto para cumplir con los objetivos técnicos y de capacidad requeridos o esperados;
- d) Escasez de la materia prima necesaria para la ejecución de las obras;
- e) Falta de personal calificado para realizar y operar el proyecto.

Riesgos económicos y financieros

En ese sentido, quedan incluidos diferentes factores económicos, internos o externos, que pueden afectar el desarrollo normal del proyecto y su posterior explotación. Los cambios en la economía, de la que se beneficia directamente el proyecto, pueden generar incertidumbre para los participantes en el mismo.

El financiamiento y obtención de recursos para adelantar o tener la infraestructura cuando se requiere son puntos centrales.

Este tipo de riesgo incluye el riesgo cambiario, ya que son de igual importancia los cambios en el valor de los productos o materia primas necesarias para ejecutar el proyecto, en caso de requerir equipos o materiales importados.

Riesgos relacionados con factores técnicos

En ese sentido, puede definirse el riesgo técnico como aquel que se materializa cuando los estudios técnicos de factibilidad del proyecto resultan incorrectos.

En resumen, los principales riesgos a los que pudieran enfrentarse los proyectos de la cartera que se gestiona se describen en la tabla 56.

Tabla 56. Descripción del tipo de riesgo y formas de mitigarlos

Tipo de Riesgo	Descripción	Forma de mitigación
Económico-financiero	No contar con suficiencia presupuestal federal o de la contraparte estatal, municipal o privada. El presupuesto o los recursos económicos requeridos no fueron autorizados en cualquiera de los tres niveles de Gobierno o de la banca de desarrollo o privada. Falta de disposición en tiempo y forma del presupuesto programado, desfasando la ejecución del proyecto u obra. Problemas en el tipo de organización adoptada para financiar, construir y operar un proyecto.	Mantener activas múltiples fuentes. Ajustar tarifas de forma tal que permitan incrementar los recursos para inversión. Mantener alta la calificación crediticia del organismo operador.
Legal	Que no sea posible la adquisición de los terrenos seleccionados para las obras por temas legales, como falta de escrituras, intestados, etcétera. Falta de permisos de paso o acceso o afectación, o que no se cuente con la liberación de los terrenos por ocupar. Que se presente atraso en la autorización de la cartera de proyectos o de los Oficios de Liberación de Inversión.	Preparar los proyectos con la anticipación adecuada para detectar problemáticas legales y buscar alternativas.
Administrativo	Que el proceso sea muy extensivo para la aceptación y certificación del proyecto por parte del BDAN. Proceso muy extensivo para la aceptación e incorporación en la cartera de proyectos de la Unidad de Inversiones SHCP. Problemática social que pudiera presentarse por la aplicación de ordenamientos legales en materia de agua.	Mantener actualizada la cartera en la unidad de inversiones.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tipo de Riesgo	Descripción	Forma de mitigación
Social	Oposición de los habitantes por la obra Malestar social por las afectaciones en el proceso de construcción y operación de las obras. Que el proyecto no cuente con la aceptación social, por afectaciones a los vecinos.	Considerar a los beneficiarios como posibles afectados durante la maduración de proyectos. Mantener comunicación con población del área para detectar inconformidades.
Político/administrativo	Que no corresponda con los proyectos planteados en el Plan Municipal de Desarrollo (compromisos de campaña). Obras o proyectos cuya terminación trascienda en el término de la administración municipal o estatal. Adquisición equivocada de bienes y equipamiento y periféricos, o en malas condiciones de operación.	Vigilar la correcta alineación estratégica de los proyectos. Cubrir requisitos para la multianualidad de los proyectos.
Técnico	Incumplimiento de las empresas contratadas para realizar los trabajos. Que no se cuente con el personal técnico para dar seguimiento al proceso de supervisión y operación de las obras. Que las labores de construcción y equipamiento se realicen en temporada lluviosa.	Buscar transferencia del riesgo mediante seguros. Aplicar la afectación de fianzas y sanciones.
Ambiental y natural	Que no se cuente con las aprobaciones en materia de impacto ambiental. Que los trabajos representen un riesgo para el medio ambiente. La ocurrencia de un sismo fuerte.	Tomar en cuenta en los programas de obra las contingencias del clima. Vigilar que se cuente con todos los estudios y trámites en materia ambiental

Fuente: elaboración propia

4.2.2 Evaluación de riesgos

Los proyectos de construcción e infraestructura, sin importar su tamaño, son riesgosos por naturaleza. La gran cantidad de participantes, los numerosos procesos involucrados, los problemas ambientales y de administración, son razones que dan lugar al riesgo, por lo que en ese sentido es pertinente señalar la importancia de la gestión de diferentes tipos de riesgo.

La identificación de la vulnerabilidad posibilita aplicar alternativas de intervención: oportunas, técnicamente viables y económicamente factibles; en consecuencia, la gestión del riesgo es un instrumento para la protección de los servicios de agua y saneamiento, ya que son redes vitales para el funcionamiento de las ciudades.

La gestión de riesgos es pues una necesidad en los sistemas de saneamiento, ya que tienen diversas características que contribuyen a su vulnerabilidad:

- Presentan una extensa exposición en términos de su carácter lineal de gran longitud.
- Importante número de personas relacionadas o comprometidas para su operación.
- Requieren uso continuo y su interrupción o falla puede maximizar el impacto del evento.
- Son fácilmente saturables o sufren daño en caso de un desastre.
- Su operación es indispensable durante la emergencia y para la recuperación.

Cada tipo de riesgo presenta cierto grado de posibilidad de ocurrencia y su calificación no es sencilla, aunque se pretende que quede identificado, con el fin de buscar la instrumentación de medidas de mitigación.

Para las obras y acciones identificadas en Naco, SO, la clasificación de cada tipo de riesgo por proyecto es la siguiente:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 57. Clasificación del grado y tipo de riesgo para cada proyecto

Clasificación	Tipos de riesgo	
A. Riesgo alto	1. Económico-financiero	5. Político/administrativo
M. Riesgo medio	2. Legal	
B. Riesgo bajo	3. Administrativo.	6. Técnico
	4. Social	7. Ambiental y natural

Fuente: elaboración propia

Tabla 58. Tipo y grado de riesgo por acción de la precartera de proyectos

Concepto	Inversión (mdp)	Inicio	Término	Tipo y grado de riesgo						
				1	2	3	4	5	6	7
Reemplazar 4.39 km tuberías deterioradas de la red de atarjeas que sobrepasan la vida útil, diámetro 20 cm (8 pulgadas).	26.34	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Reemplazar 5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	30.00	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Reemplazar 12.5 km de tuberías deterioradas de 8 pulgadas de diámetro de colectores que sobrepasan la vida útil.	75.00	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Rehabilitar emisor a gravedad 0.7 km de 45 cm (18 pulgadas) de diámetro en PVC.	7.50	2022	2024	M	B	M	B	M	B	M
Rehabilitar emisor a presión de 20 cm (8 pulgadas) de diámetro en PVC y una longitud de 1.7 km.	12.50	2022	2024	M	B	M	B	M	M	M
Rehabilitación de Estación de Bombeo Internacional, considerando equipos de bombeo, cárcamo, equipamiento eléctrico y válvulas.	1.30	2022	2024	M	B	M	B	M	B	M
Implementación y operación de sistemas administrativos, comerciales y contables).	1.00	2022	2024	M	B	M	B	M	B	B
Planeación integral (operativa y administrativa).	1.20	2022	2024	M	B	M	B	M	B	B
Elaboración de estudios y proyectos de ampliación y rehabilitación de redes de alcantarillado.	1.40	2022	2024	M	B	M	B	M	B	M
Reequipamiento de cárcamos de bombeo interlagunas Oriente con paneles solares (47 kW)	1.43	2022	2024	M	B	M	B	M	B	M
Prolongación del colector Oeste en una longitud de 2,152.18 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC.	16.95	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Prolongación del colector Central en una longitud de 1000 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC.	7.90	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Reposición del Colector central en un tramo de 1936 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC.	15.25	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Construcción de interceptor en la calle Juárez con una longitud de 1200 m y 45 (18 pulgadas) de diámetro.	12.15	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Rehabilitar los sistemas lagunares Oeste y Este, para que cumplan con la NOM-ECOL-1996.	6.50	2025	2030	M	B	M	B	M	M	M
Reposición del colector Oriente en un tramo de 370 metros con un diámetro de 25 cm (10 pulgadas) de PVC.	2.81	2025	2030	M	B	M	B	M	B	M
Reposición del colector Interceptor Oeste en un tramo de 1445.68 metros con un diámetro de 30 cm (12 pulgadas) de PVC.	11.39	2036	2050	M	B	M	B	M	B	M

Fuente: elaboración propia

4.2.3 Propuesta de mecanismos de mitigación

Algunas medidas de mitigación de riesgos son:

- Priorizar obras sobre la base de proyectos integrales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Incorporar el concepto de riesgo compartido, a través de la contratación de seguros para asegurar la terminación de las obras de infraestructura.
- Planear el crecimiento de servicios en áreas seguras.
- Posibilidad de generar proyectos participativos.
- Gestión de recursos ante organismos de financiamiento.
- Preparar y desarrollar los proyectos con los soportes técnicos requeridos.
- Exigir en el contrato compra de coberturas cambiarias.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

5 Bibliografía

- COMISION NACIONAL DEL AGUA. (2015). Reutilización de Aguas Residuales en México, caso Sonora. México.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA. (s.f.). Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento. *Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Mecánicas Libro 15*. México.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA. (s.f.). Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento . *Estructuras Tarifarias, Libro 54*. México.
- CONAGUA. (2018). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Diciembre 2018*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua.
- Gay Alanís, L. F. (diciembre-marzo de 2017). Infraestructura resiliente: Desempeño sostenido en un mundo siempre cambiante. *Entretextos*, 8(24), 75-84.
- Lara G., J. L. (1991). *Alcantarillado*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica. Departamento de Ingeniería Sanitaria.
- Manual de Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento, Naco, Son. (1995). Sonora, México: Gobierno del Estado de Sonora.
- Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología del Gobierno del Estado de Sonora. (1995). *PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL CENTRO DE*. Hermosillo, Son.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Acrónimos

Son	Sonora
BDAN	Banco de Desarrollo del Norte
CEA	Comisión Estatal del Agua de Sonora
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
Cm	Centímetros
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DOF	Diario Oficial de la Federación
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EE. UU.	Estados Unidos de América
EPA	Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos
FONADIN	Fondo Nacional de Inversiones
h/l	Huevos de helminto/litro
hab/ha	Habitantes por hectárea
Ha	Hectáreas
Hm ³	Hectómetro cúbico
HP	Caballos de Fuerza (Horse Power)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
km	Kilómetros
km ²	Kilómetros cuadrados
LAN	Ley de Aguas Nacionales
l/hab-día	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
MAPAS	Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA
M	Metros
m ³	Metros cúbicos
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
mg/L	Miligramos por litro
mm	Milímetros
Mm ³	Millones de metros cúbicos
msnm	Metros sobre el nivel medio del mar
NMP	Número más probable
NOM	Norma Oficial Mexicana
O&M	Operación y Mantenimiento
PBAR	Planta de bombeo de aguas residuales
PEAD	Poliétileno de alta densidad
pH	Potencial de hidrógeno
PNH	Programa Nacional Hídrico
POE	Periódico Oficial del Estado de Sonora
PRODDER	Programa de Devolución de Derechos
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
Psi	Libra por pulgada cuadrada
PVC	Policloruro de vinilo
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
s/día	Segundos por día
SST	Sólidos Suspendidos Totales
Son	Sonora



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Glosario de términos

Aerobio: Un proceso que ocurre en presencia del oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en una charca de oxidación.

Anaerobio: Proceso que se desarrolla con ausencia total de oxígeno, como la fermentación.

Aguas negras: Aguas residuales resultantes del consumo y descarga de los diferentes usos del agua.

Aguas pluviales: Aguas resultantes de los escurrimientos provenientes de precipitaciones pluviales.

Aguas residuales: Cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada por influencia de un proceso o una actividad. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores.

Aguas residuales industriales: Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener elementos tóxicos, tales como plomo, mercurio, níquel, cobre, solventes, grasas y otros, que requieren ser removidos antes de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

Alcantarillado: Conjunto de obras e instalaciones construidas en una población para la evacuación de las aguas negras y pluviales.

Atarjea: Es la tubería que recoge las aguas residuales de las descargas domiciliarias o albañal exterior para entregarlas al colector por medio de un pozo de visita.

Caudal: Es la cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

Colector: Es la tubería que recoge las aguas residuales de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor, en una planta de bombeo o en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Conducción por gravedad: Procedimiento de evacuación en que el desplazamiento del agua se debe, exclusivamente, a la pendiente del alcantarillado, es decir por acción de la fuerza de gravedad.

Conducción a presión: Procedimiento de evacuación o transporte de agua o cualquier fluido en que el desplazamiento se debe, exclusivamente, a la acción de medios mecánicos.

Desarenador: Equipo donde, por acción de la gravedad, se consigue la sedimentación de los sólidos más pesados, especialmente la arena.

Desbaste: Consiste en eliminar componentes sólidos del agua por medio de rejas que están formadas por barrotes paralelos.

Efluente: Salida del agua tratada mediante un proceso de tratamiento.

DBO (Demanda Biológica de Oxígeno): Es la cantidad de oxígeno (medido en el mg/L) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

DBO5 (Demanda Biológica de Oxígeno 5): Consumo de oxígeno disuelto por organismos aerobios en un tiempo de cinco días; se requiere para la estabilización de materia orgánica. Indicador de contaminación del agua, que representa el contenido de sustancias bioquímicamente degradables existentes en el agua.

Emisor: Conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. En su trayecto no recibe aportación adicional, y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

Interceptor: Es la tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento.

PTAR: (planta de tratamiento de aguas residuales): Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

Tratamiento preliminar: Es el tratamiento donde se remueven los sólidos de mayor tamaño y las arenas presentes en las aguas negras que pueden provocar daños al funcionamiento de los equipos involucrados en los diferentes procesos y operaciones que conforman el sistema de tratamiento.

Tratamiento primario: Es el tratamiento donde se remueve una fracción de los sólidos sedimentables y en suspensión por medios físicos y químicos. El efluente del tratamiento primario suele tener una cantidad alta de materia orgánica y una DBO también alta.

Tratamiento secundario: Es el tratamiento de las aguas residuales donde se transforma la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable. Está principalmente diseñado para la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos; en algunos casos se incluye desinfección en esta etapa.

Tratamiento terciario o avanzado: Son tratamientos adicionales que siguen a los tratamientos secundarios convencionales de las aguas residuales, para la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

Desarenadores: Son estructuras utilizadas para separar arenas y otros sólidos de densidad superior a la del líquido cloacal, que por su naturaleza interfieren en la operación y mantenimiento de las unidades que siguen en el tratamiento; evitan la paralización del sistema por fallas en las bombas.

Trituradores: Equipos constituidos por cilindros giratorios que se colocan para desmenuzar sólidos para la protección de las estaciones de bombeo u otras unidades de la planta de tratamiento que requieran dicha protección.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Localización de la ciudad de Naco, SO	8
Ilustración 2. Red de alcantarillado y saneamiento, Naco, SO.....	11
Ilustración 3. Ubicación de la caja de distribución de caudales.....	13
Ilustración 4. Planta general del sistema de alcantarillado, Naco, SO.....	13
Ilustración 5. Sistema lagunar del Este y línea de conducción de agua residual tratada a zona de riego	14
Ilustración 6. Basura acumulada en la descarga del emisor internacional en la laguna 1, anaerobia	16
Ilustración 7. Arreglo del sistema lagunar de tratamiento de aguas residuales Este, Naco, SO	17
Ilustración 8. Cárcamo de bombeo de la laguna 2 a la laguna 3 (2 equipos de 15 HP)	18
Ilustración 9. Ubicación de las plantas de tratamiento de Naco, SO	19
Ilustración 10. Reposición del colector Pesqueira en el tramo de la calle Internacional	25
Ilustración 11. Condiciones de la infraestructura de alcantarillado y saneamiento, Naco, SO	27
Ilustración 12. Semáforo de diagnóstico global de la infraestructura de alcantarillado y saneamiento, Naco, SO	27
Ilustración 13. Planta de bombeo; envía efluente para reúso de aguas residuales tratadas en riego	29
Ilustración 14. Gráfica de proyecciones de población al año 2050, tasa promedio y tasa alta, Naco, SO	33
Ilustración 15. Gráfica de proyección de la demanda al año 2050.....	35
Ilustración 16. Colectores y áreas de influencia, condiciones actuales	36
Ilustración 17. Colectores en las zonas sin servicio y de expansión urbana al 2050	41
Ilustración 18. Esquemas cerrados y esquemas abiertos de resiliencia	45
Ilustración 19. Zonas de concentración de caudales en el interceptor de la calle Internacional	46
Ilustración 20. Infraestructura paralela a la línea fronteriza existente y propuesta.....	47
Ilustración 21. Distribución de áreas de captación de caudales por interceptor, nueva distribución	48
Ilustración 22. Propuesta de nuevo interceptor en la calle Juárez para redistribuir caudales.....	53
Ilustración 23. Colectores y emisores para atender la demanda de alcantarillado al año 2050	54
Ilustración 24. Viviendas abandonadas en la calle Internacional, Naco, SO.....	62
Ilustración 25. Planta de bombeo Internacional y emisor a presión al sistema lagunar Oeste.....	67
Ilustración 26. Proceso de maduración de los proyectos elegibles para inversión pública.....	69
Ilustración 27. Criterios y factores de impacto de la infraestructura propuesta que pudieran reflejarse en una matriz de decisión	70
Ilustración 28. Inversiones por tipo de infraestructura y fuente de financiamiento al año 2050, Naco, SO	75
Ilustración 29. Identificación de fuentes de financiamiento en la región fronteriza norte.....	76
Ilustración 30. Fuentes de financiamiento para la ejecución de obras	77



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de tablas

Tabla 1. Datos generales de los servicios de agua y saneamiento de Naco, Sonora	6
Tabla 2. Resumen de la problemática, solución e inversión, Naco, Sonora	7
Tabla 3. Recopilación de la información	9
Tabla 4. Superficies de aportación de cada colector del sistema de saneamiento al sistema lagunar Oriente de Naco, SO	20
Tabla 5. Parámetros de la NOM-001-ECOL-1996 a cumplir por la PTAR Lagunas de Oxidación Oriente Naco, SO	21
Tabla 6. Tarifas para el año 2019. Servicios de agua y saneamiento, Naco, SO	24
Tabla 7. Información general de la facturación 2019, OOMAPAS-Naco	24
Tabla 8. Ingresos y egresos 2019, OOMAPAS-Naco	24
Tabla 9. Principales costos de operación y mantenimiento, Naco, SO	29
Tabla 10. Principales conceptos del presupuesto 2019 del OOMAPAS-Naco	30
Tabla 11. Tasas de crecimiento para diferentes periodos	32
Tabla 12. Población censal y conteos intermedios, Naco, SO	33
Tabla 13. Proyecciones de población al año 2050; diferentes metodologías, Naco, SO	33
Tabla 14. Cálculo de la demanda para tasa de crecimiento (i) promedio y alta	34
Tabla 15. Comparación de oferta y demanda para tasas (i) de crecimiento promedio y alta	35
Tabla 16. Tuberías de atarjeas a reemplazar por deterioro y antigüedad	37
Tabla 17. Infraestructura que requiere reemplazo o rehabilitación	41
Tabla 18. Alternativas de ampliación de la infraestructura de colectores	42
Tabla 19. Alternativas de plantas de bombeo del sistema de alcantarillado de Naco, SO	43
Tabla 20. Necesidades de infraestructura complementaria OOMAPAS-Naco	44
Tabla 21. Características de las tuberías de diferentes materiales rígidos (ventajas e inconvenientes para su uso)	51
Tabla 22. Características de diferentes tipos de tuberías rígidas (ventajas e inconvenientes para su uso)	51
Tabla 23. Colectores, áreas de aportación y caudales	53
Tabla 24. Colectores y emisores al año 2050, Naco, SO	53
Tabla 25. Características de la Estación de Bombeo Internacional	54
Tabla 26. Dimensiones de las lagunas del sistema de tratamiento	55
Tabla 27. Costo índice por diámetro y tipo de material	57
Tabla 28. Alternativas de inversión para colectores al año 2050, material PVC	57
Tabla 29. Alternativa 1: Costo anual de operación y mantenimiento de la red	58
Tabla 30. Alternativa 2. Inversiones requeridas para colectores al año 2050, material PEAD	58
Tabla 31. Alternativa 2: Costo anual de operación y mantenimiento de la red	59
Tabla 32. Conceptos considerados para cálculo de CC	59
Tabla 33. Diagramas de flujo de efectivo de los costos	60
Tabla 34. Valor presente de los costos de las alternativas con PVC y PEAD	60
Tabla 35. Valor anual uniforme de los costos para alternativas de PVC y PEAD	60
Tabla 36. Valor presente de los costos, alternativas de PVC y PEAD (millones de pesos)	61



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 37. Costos de rehabilitación de la planta de bombeo Internacional.....	62
Tabla 38. Costos de operación y mantenimiento anuales Estación de Bombeo Internacional	62
Tabla 39. Costos de rehabilitación de la planta de bombeo interlagunar	63
Tabla 40. Costos de operación y mantenimiento anuales de la planta de bombeo interlagunas....	63
Tabla 41. Costos de la alternativa 1 para mantener en operación los dos sistemas lagunares	63
Tabla 42. Costos de la alternativa 2, cancelar el sistema lagunar Oeste	63
Tabla 43. Acciones de infraestructura complementaria	64
Tabla 44. Alternativa 1. Colectores requeridos para incorporar zonas sin servicio y áreas de crecimiento	66
Tabla 45. Costo de la rehabilitación de la Estación de Bombeo Internacional y emisor a presión ..	66
Tabla 46. Inversiones para rehabilitar los sistemas lagunares de tratamiento de aguas residuales	67
Tabla 47. Alternativas de infraestructura complementaria para el OOMAPAS-Naco	68
Tabla 48. Acciones en colectores y emisores al año 2050, Naco, SO.....	71
Tabla 49. Acciones en estaciones y cárcamos de bombeo al año 2050, Naco, SO	71
Tabla 50. Acciones en plantas de tratamiento de aguas residuales al año 2050, Naco, SO	72
Tabla 51. Acciones en infraestructura complementaria e instrumentación al año 2050, Naco, SO	72
Tabla 52. Fuentes de financiamiento propuestas para los proyectos, obras y acciones identificados en Naco, SO	74
Tabla 53. Programas de financiamiento mediante programas federales de la CONAGUA	77
Tabla 54. Programas con base en la devolución del pago de derechos: CONAGUA.....	78
Tabla 55. Fuentes de financiamiento: recursos de la banca de desarrollo nacional e internacional	78
Tabla 56. Descripción del tipo de riesgo y formas de mitigarlos	80
Tabla 57. Clasificación del grado y tipo de riesgo para cada proyecto	82
Tabla 58. Tipo y grado de riesgo por acción de la precartera de proyectos	82