



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

REYNOSA
TAMAULIPAS

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	7
1.1 Recopilación y análisis de la información.....	7
1.1.1 Sistema principal de alcantarillado	10
1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario	10
1.1.1.2 Red primaria de alcantarillado (colectores, subcolectores y emisores)	11
1.1.1.3 Sitios de descarga y disposición final	11
1.1.1.4 Sistemas de bombeo principales.....	11
1.1.1.5 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales	12
1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales	13
1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales	13
1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación	13
1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR	14
1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual.....	14
1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.....	14
1.1.3.1 Cobertura de red reúso	14
1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes	15
1.1.4 Generalidades	15
1.1.4.1 Políticas de operación	15
1.1.4.2 Derechos de vía y tenencia de la tierra.....	15
1.1.4.3 Costos actuales de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento	16
1.1.4.4 Tarifas e información financiera del organismo de agua y saneamiento	16
1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.....	16
1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).....	16
1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación	38
1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra	38
1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final	38
1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento	38
1.2.6 Capacidades financieras del organismo	39
2 El déficit de saneamiento en la región	40
2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura	40
2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales	40
2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales	42
2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.....	44
2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.....	44
2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.....	45
2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso	46
2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento.....	47
2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil.....	47
2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada	51
2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.....	52
2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.....	54



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.2.5	Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos).....	56
2.2.6	Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.....	58
3	Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región	60
3.1	Planteamiento de alternativas	60
3.1.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	65
3.1.2	Alternativas para plantas de tratamiento	67
3.1.3	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	69
3.1.4	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	71
3.2	Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia	72
3.2.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	72
3.2.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	75
3.2.3	Alternativas para plantas de tratamiento	76
3.2.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	79
3.2.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	80
3.3	Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.....	80
3.3.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	80
3.3.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	86
3.3.3	Alternativas para plantas de tratamiento	88
3.3.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	94
3.3.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	95
3.4	Selección de las alternativas más convenientes	96
3.4.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	96
3.4.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	100
3.4.3	Alternativas para plantas de tratamiento	100
3.4.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	103
3.4.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	103
3.5	Integración de la cartera de acciones y proyectos.....	104
3.5.1	Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción 104	
3.5.2	Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales	105
3.5.3	Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.....	106
3.5.4	Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.....	106
3.5.5	Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación ...	107
4	Organización y alternativas de financiamiento	109
4.1	Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento	109
4.1.1	Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.....	109
4.1.2	Planteamiento de opciones de organización para la ejecución	110
4.1.3	Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento	111
4.2	Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos	111
4.2.1	Identificación de riesgos (construcción de matriz)	111



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.2.2	Evaluación de riesgos	117
4.2.3	Propuesta de mecanismos de mitigación	117
Acrónimos.....		119
Índice de tablas.....		120
Índice de ilustraciones.....		123



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Resumen

Este estudio se planteó para atender las necesidades de saneamiento de la frontera norte de México para lo cual se realizó un diagnóstico pormenorizado de la situación que guarda el sistema de saneamiento a la luz de los compromisos binacionales signados a través de las actas de la CILA. Posteriormente se revisó la capacidad de diseño para la demanda actual y futura, orientado a determinar las necesidades de infraestructura con un horizonte al 2050. A partir de ahí se propuso una serie de alternativas de cara a la demanda futura, que se han evaluado y ponderado para obtener una cartera de acciones y proyectos viables. En este documento se analiza la situación del saneamiento en Reynosa, TM, y los retos, capacidades e instrumentos con que se cuenta para hacerles frente.

Con el propósito de recolectar el agua residual que se genera en la ciudad de Reynosa, TM, se cuenta con un sistema de alcantarillado formado por una extensa red que, de acuerdo con la información de la COMAPA, es de 1,420 kilómetros de longitud, que incluyen redes de atarjeas, subcolectores, colectores, emisores y líneas de impulsión; están formadas por tuberías de diferentes tipos de materiales y diámetros. La red de atarjeas recolecta el agua residual desde la descarga domiciliaria y a través de los subcolectores y colectores que van interceptando las redes de atarjeas que conducen el agua residual, en la mayoría de los casos, hasta las estaciones de bombeo, a los colectores, o hasta los 3 sitios de tratamiento; se cuenta con 41 estaciones de bombeo de diferentes capacidades, entre las que destacan las EBAR's 1, 4, 10, 13, 22 y 30. Cabe señalar que la mayoría de las estaciones de bombeo requieren rehabilitación en forma general, como es en lo civil, y el equipamiento electromecánico que les permita enviar en forma permanente el agua residual a las plantas de tratamiento y, de esta forma, evitar su descarga sin tratamiento a drenes o canales aledaños.

La ciudad de Reynosa, TM, cuenta con una cobertura de alcantarillado del 93 por ciento, lo que significa que de los 758,119 habitantes de la ciudad, de acuerdo con los datos de proyección de la CONAPO al año 2020, una población de 705,050 tiene acceso al servicio de alcantarillado.

Las tuberías de la red de alcantarillado sanitario, en su mayoría se encuentran en condiciones aceptables; sin embargo, en algunos sectores, y debido al paso del tiempo, estas se encuentran con daño crítico y moderado, lo que hace necesario que se programe su sustitución. Aproximadamente 13 kilómetros de tuberías de 20 hasta 91 centímetros de diámetro, que han sufrido colapsos, por lo que es necesario su sustitución. Asimismo, cerca de 500 kilómetros de tuberías de la red se encuentran con daños moderados y críticos, los que próximamente empezarán a presentar problemas de caídos.

Reynosa, TM, cuenta con tres PTAR's, por lo que su índice de tratamiento de las aguas residuales es del 53 %. La COMAPA opera dos de estas PTAR, llamadas simplemente 1 y 2, con capacidades de tratamiento de 1000 y 750 lps. Adicionalmente, existe al sureste de la ciudad una pequeña planta de tratamiento, conocida con el nombre de Pirámides, la cual tiene una capacidad de 2 l/s. Las tres PTAR se encuentran operando adecuadamente, sin embargo, a futuro se requerirá una rehabilitación para mantenerlas en buenas condiciones de operación.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los volúmenes tratados en las PTAR no son el total generado de aguas residuales en la población, ya que parte de esa agua se descarga a diferentes cuerpos receptores sin algún tratamiento, por falta de infraestructura para hacerla llegar a los sitios de descarga, o por falla en parte de ella, con los riesgos de contaminación del medio ambiente y la posibilidad de provocar problemas de salud a la población.

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

Tabla 1 Resumen de problemática, solución e inversión, Reynosa, TM.

<p>Problemática</p>	<p>Las tuberías de red de alcantarillado sanitario de Reynosa, TM, en su mayoría se encuentran en condiciones aceptables, sin embargo, en algunos sectores y debido al paso del tiempo, estas se encuentran con daño crítico y moderado, lo que hace necesario que se programe su sustitución.</p> <p>Actualmente Reynosa, TM, cuenta con aproximadamente 13 kilómetros de tuberías de 20 hasta 91 centímetros de diámetro que han sufrido colapsos, por lo que se hace necesario su sustitución. Así mismo cerca de 500 kilómetros de tuberías de la red se encuentran con daños moderados y críticos, los que próximamente empezaran a presentar problemas de caídos.</p> <p>Existen sectores que no cuentan con el servicio de recolección de sus aguas residuales, y por último, podemos citar que la infraestructura existente como colectores, líneas de impulsión, pero sobre todo las redes de atarjeas, no cuentan con información de cotas de brocal, plantillas y profundidades de pozos de visita, así como algunas trayectorias de tuberías están mal trazadas; así mismo, las estructuras principales no cuentan con las coordenadas físicas reales, en resumen, no es confiable en trayectorias y en información de tuberías, por lo que es necesario que se lleve a cabo la actualización del catastro basado en datos reales obtenidos en campo a fin de que sea confiable para estudios posteriores y la toma de decisiones para los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los de rehabilitación y sustitución de la infraestructura de alcantarillado.</p> <p>El sistema de alcantarillado de la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con 41 estaciones de bombeo, con el objeto de hacer llegar las aguas residuales a colectores, emisores, estaciones de bombeo o hasta los sitios de tratamiento, cabe señalar que la mayoría de ellas requieren una rehabilitación de forma general, ya que uno de los problemas generales es la falta de equipamiento electromecánico.</p> <p>En lo que respecta a las 3 plantas de tratamiento de aguas residuales, actualmente se encuentran operando dentro de rangos que le permiten cumplir con calidad de agua exigida en su permiso de descarga correspondiente, sin embargo, a futuro se requerirá hacerles una rehabilitación para mantenerlas en buenas condiciones de operación.</p>
<p>Solución</p>	<p>Para el año 2050 se requerirá de contar con infraestructura de saneamiento para 3,387.78 litros por segundo, que comparada con la capacidad instalada actual que es de 1,752 litros, se necesitaría construir sistemas de tratamiento por 1,635.78 litros por segundo, lo que permitiría dar el tratamiento a las aguas residuales generadas por el 100% de la población a ese año.</p> <p>Se requiere la rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro, así como su ampliación.</p> <p>Existen un poco menos de 300 kilómetros de tuberías de concreto muy antiguas que en breve iniciaran con problemas de caídos, por lo que es importante considerar su sustitución dentro de los programas de inversión inmediatos, en donde debe de conjuntarse recursos de los tres órdenes de gobierno.</p> <p>Rehabilitar estaciones de bombeo con problemas de falta de equipamiento electromecánico, EBAR 10, 14, así como cárcamos de bombeo PTAR No. 4 y 2.</p> <p>Rehabilitación de las PTAR 1 y 2, así como la ampliación de capacidad de las PTAR 2, 3 y 4 así como de la PTAR Pirámides para que permitan atender las necesidades de la población futura.</p>
<p>Inversión</p>	<p>Se presenta una cartera de acciones y proyectos para atender la demanda de saneamiento en Reynosa, TM. al 2050 por un total de 2,006 mdp para llevar a cabo 40 acciones de los cuales 11 atenderán la problemática de colectores y emisores con una inversión de 305 mdp, 5 acciones requeridas para plantas de bombeo y rebombeo con una inversión de 146 mdp, 12 acciones para plantas de tratamiento de aguas residuales con una inversión de 1,085 mdp y 12 acciones para infraestructura complementaria con una inversión de 471 mdp.</p>



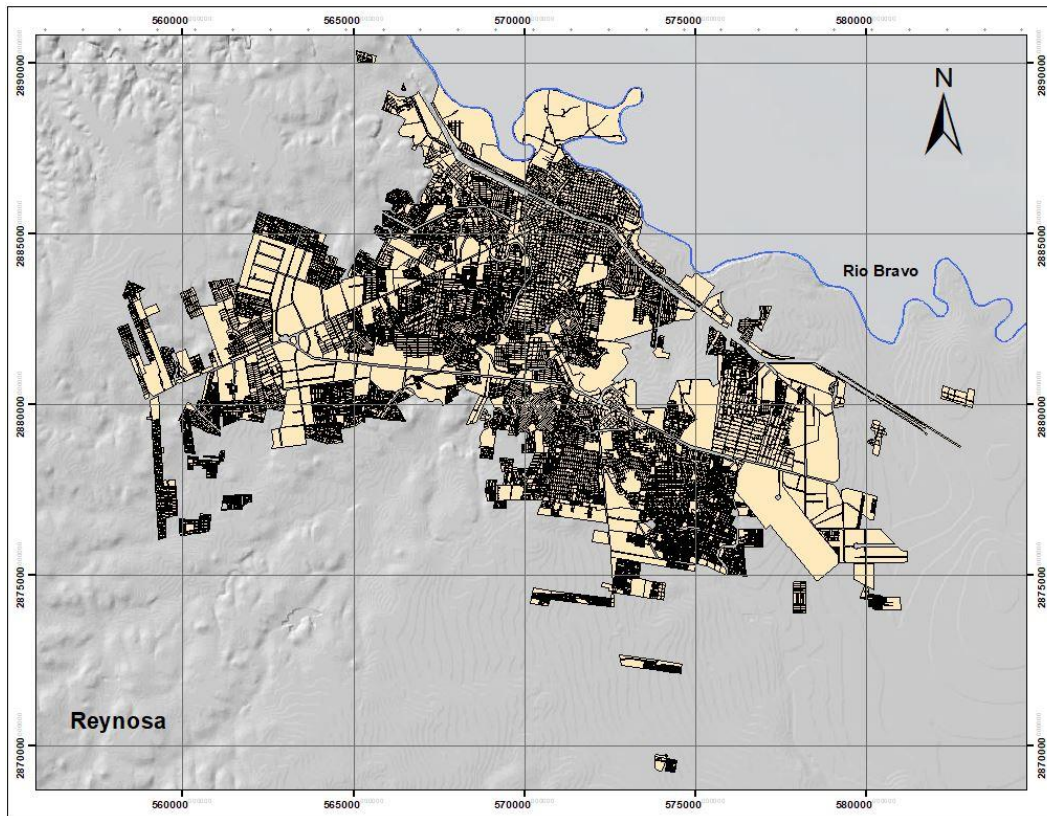
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1 Diagnóstico de los sistemas de saneamiento de la región

1.1 Recopilación y análisis de la información

Con la finalidad de establecer una visión amplia de la problemática de los principales sistemas de saneamiento en la frontera norte, que vierten sus aguas residuales al río Bravo del estado de Tamaulipas, y conocer la infraestructura de saneamiento actual (sistemas principales de alcantarillado, bombeo y tratamiento), incluyendo los aspectos de operación y mantenimiento con que cuentan las localidades en estudio, se procedió a recopilar la información de estudios disponibles y planes que se han desarrollado en los últimos diez años, de carácter técnico, comercial, legal, financiero y jurídico de los principales sistemas en dependencias, federales, estatales y municipales, tales como: Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas (CEAT), Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Reynosa (COMAPA), ubicadas en la zona denominada como Frontera Chica del estado de Tamaulipas, así como de los sitios web de: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Comisión Nacional de Población (CONAPO).

Ilustración 1. Plano base de la ciudad de Reynosa, TM



Fuente: Cartas topográficas escala 1:20,000 INEGI

Previo al acopio de la información en campo, se elaboraron listas de cotejo, a fin de consignar la información organizada, secuenciada y estructurada con que cuentan el organismo operador de agua potable y alcantarillado. En dichas listas de cotejo se estructuró la información por temas, tal



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS



como: información general; comercial y operativa, y la información técnica, así como un apartado de propuestas para el mejoramiento del sistema de alcantarillado y saneamiento, esto último a fin de conocer y tomar en cuenta las propuestas de los directivos y personal técnico del organismo operador.

Para conocer las características de las localidades y de la población, a fin de establecer un marco socioeconómico de las comunidades en estudio, se consultó la información publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); de igual manera, para el análisis de proyección de población en el horizonte del proyecto, se consideraron las publicadas por el Consejo Nacional de Población y Vivienda (CONAPO), en su página <https://www.gob.mx/conapo>, así como el Anuario Estadístico y Geográfico de Tamaulipas 2017, https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TAMS_ANUARIO_PDF.pdf.

Se recurrió a las oficinas del Organismo de Cuenca Río Bravo de la CONAGUA, para recabar información que se tomará en consideración del “Programa Hídrico-Ambiental de la Frontera Norte 2009-2030”, elaborado por la CONAGUA en el 2009, además de buscar en la página web: <https://www.gob.mx/conagua>, así como consultar y recabar información del BDAN de la cartera de estudios y proyectos certificados, realizados y en proceso, que sean de utilidad para tener una visión más amplia de la problemática.

Con la información recabada se analizaron las características de la comunidad y de su población, y los servicios de alcantarillado y saneamiento con que cuenta cada una de las localidades, lo que permitió establecer el marco físico de la región donde se llevará a cabo el estudio, delimitar su área de influencia y definir los aspectos relevantes que sirvieron de base para realizar el Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a nivel Gran Visión. En la tabla siguiente se muestra el listado de dependencias consultadas y la información analizada.

Tabla 2. Resumen de información recopilada por fuente

DEPENDENCIA	INFORMACIÓN OBTENIDA
	Tratado de Aguas, firmado el 3 de febrero de 1944 Acta 261 de fecha 24 de septiembre de 1979 Acta 279 de fecha 28 de agosto de 1989 Informe de diagnóstico del sistema de alcantarillado y saneamiento de las poblaciones mexicanas en la frontera Mex/EUA
	Programa Hídrico-Ambiental de la Frontera Norte 2009-2030. Ley de Aguas Nacionales. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Ley Federal de Derechos. Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento (edición 2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), http://sina.conagua.gob.mx/sina/ Registro Público de Derechos del Agua (REPGA) Ficha Técnica enviada por el organismo operador con la información a diciembre de 2019.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

DEPENDENCIA	INFORMACIÓN OBTENIDA
 <p>Banco de Desarrollo de América del Norte</p>	<p>Certificación de Proyecto de Alcantarillado y Saneamiento en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas 2016</p> <p>Auditoría de Eficiencia Energética en 2014, realizada para la ciudad de Reynosa, Tamaulipas.</p>
 <p>INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA</p>	<p>Tabulados del cuestionario básico del XI Censo General de Población y Vivienda 1990.</p> <p>Tabulados del cuestionario básico del Censo de Población y Vivienda 1995.</p> <p>Tabulados del cuestionario básico del XII Censo General de Población y Vivienda 2000.</p> <p>Tabulados del cuestionario básico del II Censo de Población y Vivienda 2005.</p> <p>Tabulados del cuestionario básico del XIII Censo General de Población y Vivienda 2010.</p> <p>Tabulados del cuestionario básico de la Encuesta Intercensal 2015.</p> <p>Serie histórica censal e intercensal (1990-2010).</p> <p>Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE).</p> <p>Censo Económico 1989.</p> <p>Censo Económico 1994.</p> <p>Censo Económico 1999.</p> <p>Censo Económico 2004.</p> <p>Censo Económico 2009.</p> <p>Censo Económico 2014.</p> <p>Cuaderno estadístico municipal. Soto La Marina, estado de Tamaulipas. Edición 2009.</p> <p>Sistema de Información Geográfica (GIS)</p>
 <p>CEAT COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA DE TAMAULIPAS</p>	<p>Ley de Aguas del Estado de Tamaulipas.</p> <p>Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral de la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Reynosa, Tamaulipas.</p> <p>Tarifas 2020 del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de la COMAPA de Reynosa.</p>
	<p>Decreto de creación de la COMAPA de Reynosa.</p> <p>Planos de la red de atarjeas.</p> <p>Datos de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).</p> <p>Datos de estaciones de bombeo de aguas residuales.</p> <p>Análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua residual, efectuado en el año 2019.</p> <p>Fichas técnicas 2019.</p>
	<p>PLAN Municipal de Desarrollo 2018-2021 del municipio de Reynosa, Tamaulipas</p>
 <p>CONAPO CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN</p>	<p>Proyecciones de población del estado de Tamaulipas y de sus municipios.</p>

Fuente: Dependencias de Gobierno

Como primer actividad para realizar los trabajos objeto del contrato, se realizó contacto con las autoridades de las dependencias como: Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Organismo de Cuenca Río Bravo, Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), Comisión Estatal del Agua de Tamaulipas (CEAT), Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Reynosa (COMAPA) a las cuales se les informó sobre los trabajos objeto del contrato, consistentes en la elaboración del “Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran Visión”, así como la información que requeríamos nos proporcionaran para revisión y análisis, comunicándole al organismo operador (COMAPA) que posteriormente se llevarán a cabo visitas para realizar recorridos de campo, con el fin de verificar parte de la información proporcionada sobre la infraestructura existente, identificar o corroborar en forma conjunta con las autoridades locales municipales y del organismo operador,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

la problemática y necesidades, así como verificar las zonas sin servicio de alcantarillado y posibles áreas de desarrollo o crecimiento.

1.1.1 Sistema principal de alcantarillado

Para poder recolectar y hacer llegar el agua residual que se genera en la Ciudad de Reynosa, TM, a colectores o hasta los dos sitios de tratamiento, se cuenta con 40 estaciones de bombeo de diferentes capacidades, entre las que destacan las que envían el agua hasta las dos plantas de tratamiento de aguas residuales. Cabe señalar que la mayoría de las estaciones de bombeo citadas requieren rehabilitación en forma general, como lo es en lo civil y en el equipamiento electromecánico, que les permita enviar en forma permanente el agua residual a las plantas de tratamiento y, de esta forma evitar, su descarga sin tratamiento a drenes o canales aledaños.

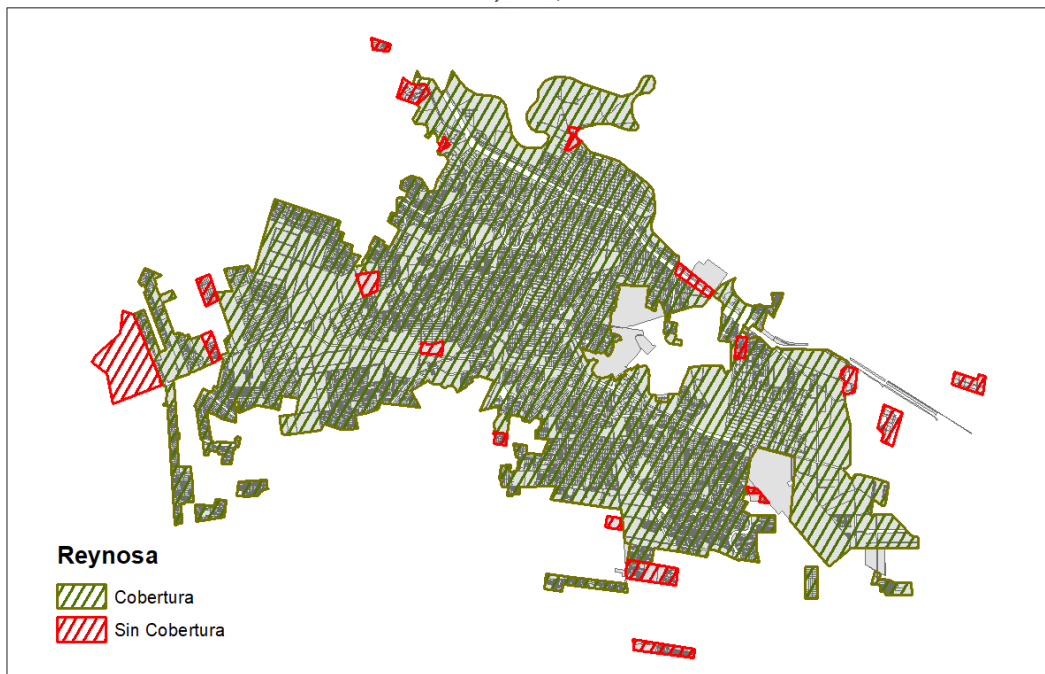
1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario

Tabla 3. Cobertura de drenaje sanitario en Reynosa, TM

Población	% Cobertura agua potable	% Cobertura alcantarillado	% cobertura saneamiento
758,119	97	93	53

Fuente: CONAPO Población 2020; COMAPA Reynosa

Ilustración 2. Cobertura de alcantarillado Reynosa, TM



Fuente: Plan Maestro

Tabla 4. Tipos de descargas sanitarias, Reynosa, TM

Tipo de servicio	Conectadas a la red
Domésticas	232,482
Otras	11,397
Total	243,879

Fuente: COMAPA del municipio de Reynosa



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

La ciudad de Reynosa, TM, cuenta con un sistema de alcantarillado formado por una red muy extensa que, de acuerdo con información de la COMAPA, es de 1420 kilómetros de longitud, que incluyen redes de atarjeas, subcolectores, colectores, emisores y líneas de impulsión; están formadas por tuberías de diferentes tipos de material y diámetros; la red de atarjeas recolecta el agua residual desde la descarga domiciliar y a través de los subcolectores y colectores que van interceptando las redes de atarjeas, conducen el agua residual en la mayoría de los casos hasta las estaciones de bombeo, para de ahí llevarlas hasta el sitio de tratamiento y posteriormente descargar en el lugar de disposición final, que regularmente es a un cuerpo receptor de propiedad nacional, previo tratamiento.

1.1.1.3 Sitios de descarga y disposición final

La disposición de las descargas de aguas residuales tratadas es hacia los cuerpos receptores de propiedad nacional, que en el caso de las PTAR de Reynosa, TM, se describen a continuación:

PTAR 1. Cuenta con una capacidad de 1000 lps; una vez tratada el agua residual, se descarga al dren El Anhel y posteriormente al río Bravo.

PTAR 2. Cuenta con una capacidad de 750 lps; una vez que se trata el agua residual, se descarga al canal Guillermo Rodhe.

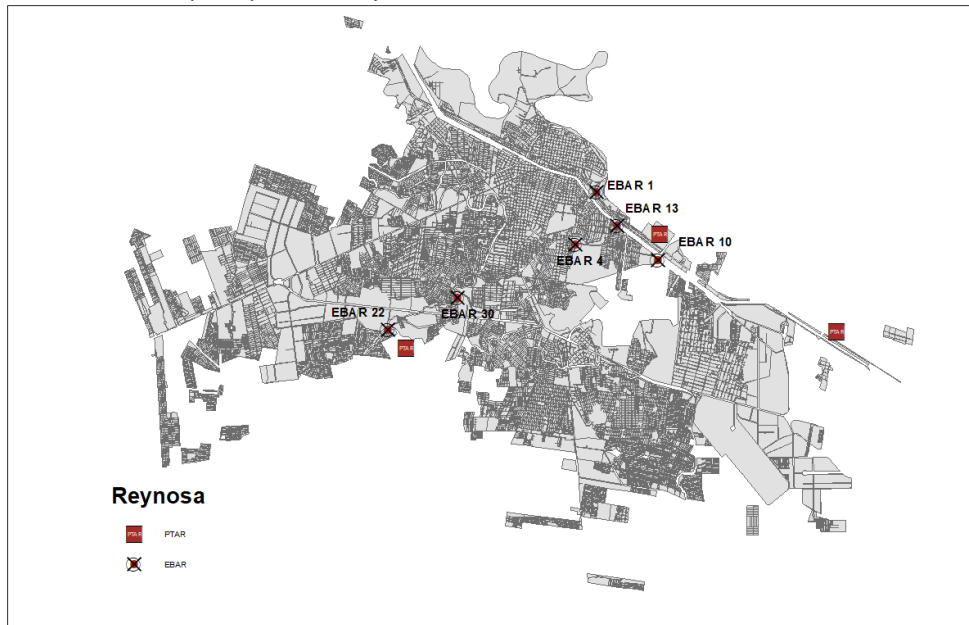
PTAR Pirámide, de 2 lps de capacidad, la cual descarga al canal Guillermo Rodhe.

Existen zonas de la ciudad que no cuentan con infraestructura para hacer llegar el agua residual a los sitios de tratamiento mencionados, por lo que esta se descarga sin tratamiento en diferentes sitios.

1.1.1.4 Sistemas de bombeo principales

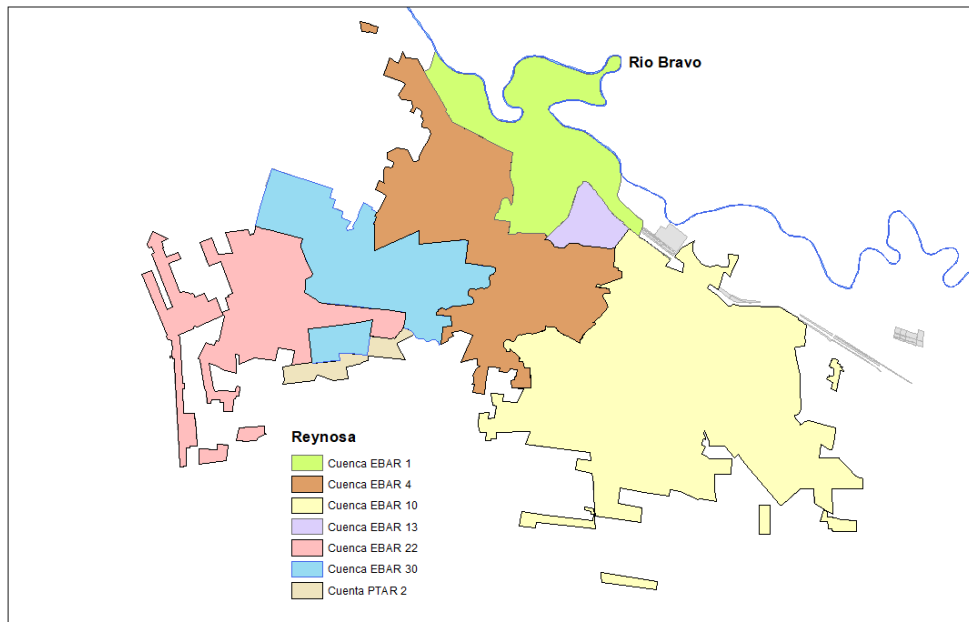
De acuerdo con las condiciones topográficas del terreno se hace necesario contar con más de 40 estaciones de bombeo de aguas residuales para hacer llegar el agua hasta los colectores o estaciones de bombeo principales, entre las que podemos mencionar las estaciones 1, 4, 10, y 13, que envían el agua a la planta de tratamiento PTAR 1; las estaciones 30 y 22, que envían el agua a la PTAR 2, que se ubican en la siguiente ilustración.

Ilustración 3. EBAR principales de Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia con información de COMAPA

Ilustración 4. Cuencas de aportación de aguas residuales de Reynosa, TM



Fuente: Plan Maestro

1.1.1.5 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales

En Reynosa, TM, se cuenta con una capacidad instalada de tratamiento de 1750 lps, lo que equivale a 55.188 Hm³ de agua residual, preferentemente del tipo doméstica.

Los volúmenes que son tratados en las PTAR no son el total generado de aguas residuales en la población, ya que parte del agua se descarga a diferentes cuerpos receptores sin tratamiento, sobre



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

todo por falta de infraestructura para hacerla llegar a los sitios de descarga, o la por falla de parte de ella, con los riesgos de contaminación del medio ambiente y la posibilidad de provocar problemas de salud a la población.

1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales

La ciudad de Reynosa, TM, cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales.

- PTAR 1 de 1000 lps.
- PTAR 2 de 750 lps.
- PTAR Pirámides de 2 lps.

1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales

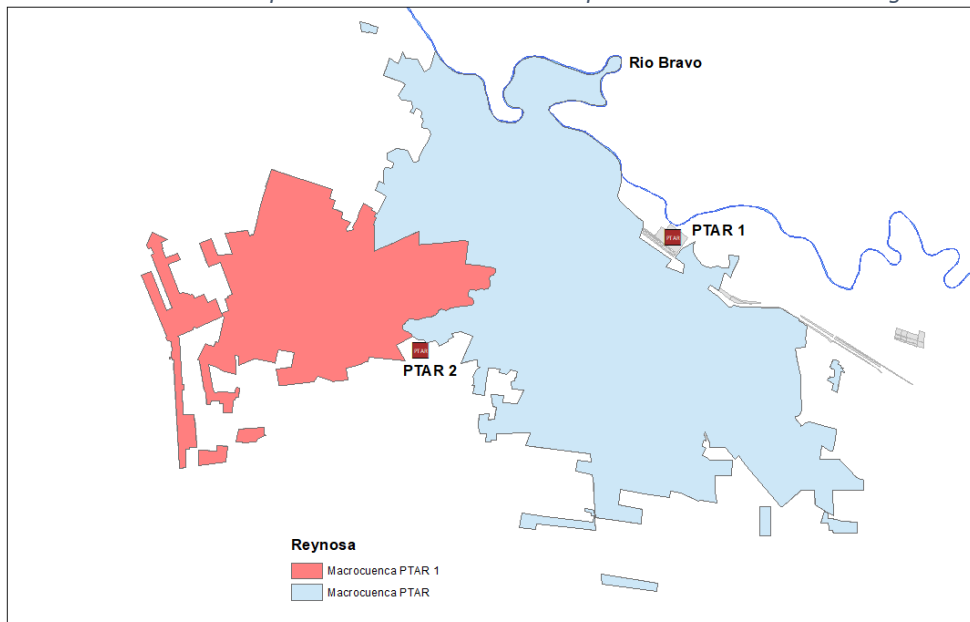
La cobertura de saneamiento o índice de tratamiento de las aguas residuales (ITRAT), es del 53 %.

$$(\%)ITRAT = \frac{\text{Volumen de aguas que sale de las PTAR y cumple con la NOM}}{\text{Volumen total producido de aguas residuales}}$$

El caudal producido por los 758,119 (datos de CONAPO) habitantes de la ciudad de Reynosa, TM, (con y sin servicio de alcantarillado), se estimó en **1,750 lps**, los cuales se recolectan y se mandan a las plantas de tratamiento por medio de los colectores que funcionan por gravedad, las estaciones de bombeo y las líneas de impulsión. Se trata en las tres plantas un caudal promedio de 932 lps (gasto reportado por la COMAPA a la CONAGUA), mismas que cumplen con las condiciones particulares de descarga, fijadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en los permisos de descarga correspondientes.

1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación

Ilustración 5. Cuencas de aportación de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Plan Maestro



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR

La planta 1 son lagunas de oxidación construidas en 1970, y lodos activados convencionales, con una capacidad de 1000 lps, la cual descarga las aguas tratadas al dren El Anhelito.

La planta 2 fue construida en el 2004; su tratamiento son filtros percoladores y cuenta con una capacidad de 750 lps; esta planta se amplió recientemente en dos módulos de más de 250 lps, cada uno, con lo que se llegó a una capacidad de tratamiento de 750 lps; descarga sus aguas residuales al canal Rodhe;

La planta Pirámides es de lodos activados, con una capacidad de 2 lps, y tiene su descarga al canal Rodhe.

Por lo que respecta al volumen autorizado para descargar a cuerpos receptores, propiedad de la nación, así como a la calidad del agua tratada que sale del efluente de las PTAR, la COMAPA cuenta con un título de asignación y permiso de descarga N° 06TAM100226/24HAOC08, emitido el 14 de octubre del 2004, por un plazo de 10 años, para descargar aguas residuales por un volumen de 38,316,240 m³ anuales (1,215 l/s) en dos descarga hacia los cuerpos receptores del dren El Anhelito (22,548,240 m³/año) y el dren Santa Anita (15,768,000 m³/año).

Las tres plantas de tratamiento de aguas residuales dan cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual

Tabla 5. Capacidad instalada de las PTAR y operación actual, Reynosa, TM

PTAR	Sistema de tratamiento	Capacidad instalada (lps)	Caudal tratado (lps)
1	Lagunas de oxidación y lodos activados convencionales	1,000	
2	Filtros percoladores	750 (Con la ampliación de 500 lps)	
Pirámides	Lodos activados	2	
Total		1,752	932

Fuente: COMAPA, Reynosa

1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada

1.1.3.1 Cobertura de red reúso

El agua residual tratada de la PTAR ptar1 descarga al dren El Anhelito y posteriormente al río Bravo, por lo que es conveniente que la COMAPA realice las gestiones y negociaciones necesarias para lograr acuerdos para su utilización en las ramas: agrícola, industrial, municipal (riego de áreas verdes), intercambio por agua de primer uso, etcétera, de tal forma que a esta agua residual tratada se le dé el mayor reúso posible.

La PTAR 2, una vez que da tratamiento al agua residual, vierte el agua al canal Rodhe, a través del cual se le da un reúso en el sector agrícola, por lo que es conveniente que la COMAPA lleve a cabo negociaciones con los usuarios agrícolas, con el fin de lograr el intercambio de agua residual tratada por agua de primer uso, lo que le permitirá al organismo operador contar en sus asignaciones con más volumen de agua para la ciudad de Reynosa, TM.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El agua residual tratada en la PTAR Pirámides descarga al canal Rodhe, con un volumen mínimo. Se estima que el total de agua tratada es destinada para su reúso

1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes

Las PTAR del sistema de saneamiento de la ciudad de Reynosa, TM cumplen con las condiciones particulares de descarga (CPD), establecidas en el permiso de descarga 06TAM100226/24HAOC08, emitido el 14 de octubre de 2004, otorgado por la CONAGUA, que señala un volumen de descarga de 38,316,240 m³ anuales (1,215 l/s) en dos descargas hacia los cuerpos receptores del dren El Anhelito (22,548,240 m³/año), y el dren Santa Anita (15,768,000 m³/año).

Tabla 6. Calidad del agua tratada en la PTAR, Reynosa, TM

Parámetro	Dren El Anhelito CPD, establecido en permiso de descarga	Canal Rodhe CPD, establecido en permiso de descarga	Dren El Anhelito, calidad de agua descargada de la planta 1	Canal Rodhe, calidad de agua descargada de la Planta 2
DBO5	75	75	54	16
SST	75	75	37	11

Fuente: Información de años anteriores

Los efluentes de la planta 1 son descargados al dren El Anhelito y posteriormente al río Bravo, por lo que no se da algún uso al agua residual tratada.

En el caso del agua residual tratada de la planta 2, esta es descargada al canal de riego Rodhe, para su utilización en el riego agrícola.

1.1.4 Generalidades

1.1.4.1 Políticas de operación

La COMAPA Reynosa cuenta con Manuales de Operación y Mantenimiento de la infraestructura que se utiliza para proporcionar el servicio de recolección y tratamiento de sus aguas residuales, mismos que contemplan las actividades principales para la adecuada operación del sistema de alcantarillado y saneamiento, la prevención de fallas en sus componentes y las medidas que deben tomarse en caso de alguna contingencia en la infraestructura hidráulica.

COMAPA Reynosa otorga el servicio a 243,879 usuarios de alcantarillado sanitario, y para garantizarlo en forma continua y eficiente cuenta con un programa adecuado de operación y mantenimiento.

1.1.4.2 Derechos de vía y tenencia de la tierra

Las tuberías o ductos subterráneos, que se utilizan para proporcionar los servicios públicos de agua potable y alcantarillado, están localizados a lo largo de aceras, banquetas o camellones de las vialidades públicas de la ciudad de Reynosa, TM.

La infraestructura utilizada para hacer llegar el agua residual recolectada por la red de alcantarillado, subcolectores, colectores, hasta el sitio de tratamiento, en su gran mayoría son estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR's), las cuales están construidas en terrenos propiedad del organismo operador, COMAPA Reynosa; y, de igual forma, también son propiedad del citado organismo los terrenos donde se encuentran las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

No se cuenta con registros sistematizados para definir los costos de operación y mantenimiento del sistema de saneamiento de COMAPA Reynosa, sólo existe el reporte del costo anual del consumo de energía eléctrica del año 2019, que ascendió a 11.19 mdp, el cual tiene un costo muy representativo de la operación.

1.1.4.4 Tarifas e información financiera del organismo de agua y saneamiento

El 26 de febrero del 2020 fueron publicadas las tarifas del servicio de agua potable de la COMAPA Reynosa, en el Periódico Oficial, órgano del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tamaulipas.

Lo anterior, derivado de la décima sesión ordinaria del acuerdo del Consejo de Administración de la COMAPA Reynosa, efectuada el 28 de enero del 2020, donde se aprobó la actualización de las tarifas del servicio de agua para el ejercicio fiscal 2020.

La indexación de la tarifa fue del 2.83 por ciento.

El cobro del servicio de alcantarillado será del 40 por ciento del importe del consumo del agua.

El cobro del servicio de saneamiento será del 30 por ciento del importe del consumo del agua.

El sistema tarifario de la COMAPA Reynosa está estructurado en un esquema compuesto por tarifas diferentes para igual número de rangos de consumo para los usos doméstico, comercial, industrial y servicio público.

1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento

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

De acuerdo con los datos oficiales de CONAPO al año 2020, la ciudad de Reynosa, TM, tiene una población de 758,119 habitantes, con una cobertura global de drenaje del 93 %, que representa una población de 705,050 habitantes que cuentan con drenaje, y 50,069 habitantes que representan el 7% y que no tienen ese servicio. En la siguiente tabla se presenta el resumen de la cobertura del servicio de drenaje en la ciudad de Reynosa, TM.

Tabla 7. Cobertura del servicio de drenaje en Reynosa, TM

Población CONAPO 2019	Cobertura (%)		Población		
	Con Drenaje	Sin Drenaje	Con Drenaje	Sin Drenaje	Total
758,119	93	7	705,050	50,069	758,119

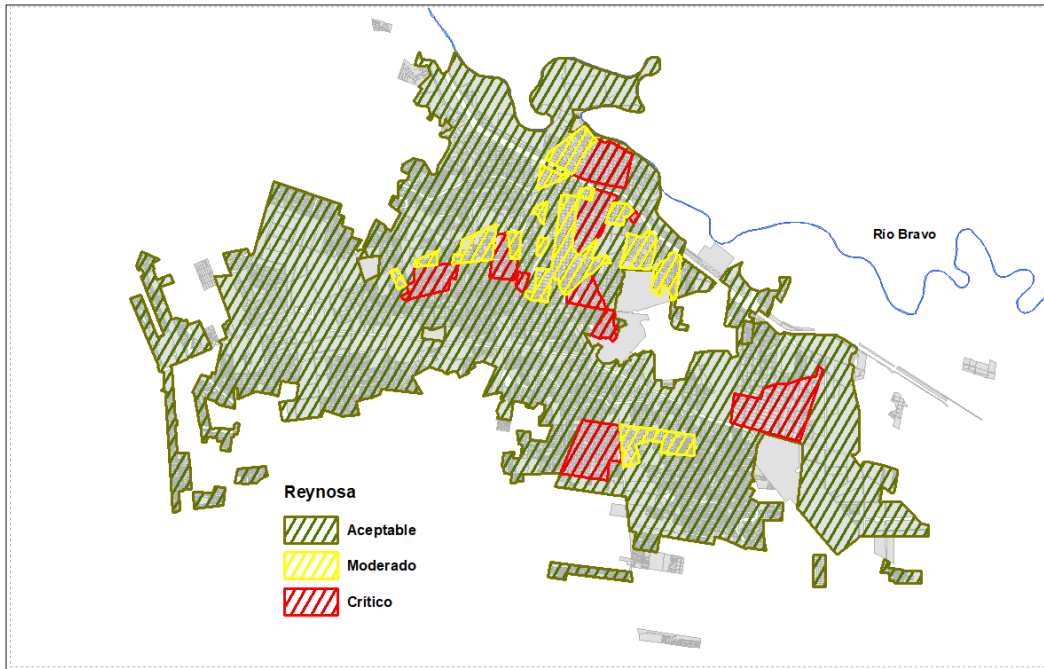
Fuente: Habitantes, CONAPO; cobertura COMAPA Reynosa

Como se mencionó en el punto 1.1.1.2, la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario con una serie de tuberías de diferentes diámetros y materiales, en una longitud de 1420 kilómetros, según información proporcionada por la COMAPA. Dicho sistema incluye redes de atarjeas, subcolectores, colectores, emisores y líneas de impulsión; la red de atarjeas recolecta el agua residual desde la descarga domiciliaria, y a través de los subcolectores y colectores que van interceptando las redes de atarjeas que conducen el agua residual hasta las estaciones de bombeo, en la mayoría de los casos, para de ahí llevarla hasta las planta de

tratamiento de aguas residuales 1 y 2, y posteriormente descargar en el lugar de disposición final: dren El Anhelo y canal Rhode, respectivamente.

A continuación se muestran las zonas donde se localizan tuberías de alcantarillado, clasificadas como deterioradas y muy deterioradas.

Ilustración 6. Clasificaciones por daño de las tuberías-semáforo



Fuente: Plan Maestro

En el mapa anterior se observan en color rojo las zonas donde existen tuberías muy deterioradas, y en color amarillo las zonas con tuberías deterioradas.

Considerando lo indicado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA (MAPAS, libro 4), la vida útil de elementos que forman la red de alcantarillado es de 15 a 30 años, colectores y emisores de 20 a 40 años; puede decirse que las zonas indicadas en el mapa anterior tienen más de 45 años de antigüedad, por lo que ya rebasaron el período de vida, lo que está ocasionando que se presenten caídos en varias de estas zonas, generando taponamientos y derrames de aguas negras en la vialidades de la ciudad, lo que provoca molestias a la población, así como el riesgo de contraer enfermedades, además del daño que se pueda causar al medio ambiente.

De acuerdo con lo señalado, puede decirse que el problema en el sistema de recolección de aguas residuales, que opera la COMAPA Reynosa, es la saturación de las líneas, las cuales generan remansos, desbordamientos en pozos y coladeras e inundaciones, estas últimas producidas a veces por la misma saturación de la red, y en otras ocasiones por la falta de equipos suficientes en las estaciones de bombeo, lo que obliga a inundar los predios de las zonas aledañas.

La causa de la saturación de las líneas de drenaje tiene tres orígenes:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Los caídos ocasionados por la corrosión en las claves de los tubos, producida, 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 cual provoca una mayor exposición de las paredes de los tubos a los gases agresivos que genera la corrosión del concreto de las paredes de los tubos, llegando al grado de desaparecerlos, permitiendo el ingreso de tierra al conducto, sobre todo en época de lluvias, cuando se ablanda el material del subsuelo, y eso provoca taponamientos que a su vez forman remansos y desbordamientos en pozos y coladeras.
- Las redes de drenaje limitadas en su capacidad de conducción por los diámetros y las condiciones topográficas de la región, ya que se construyeron con mínimas pendientes que ahora restringen la capacidad de desalojo de las aguas residuales de las colonias aledañas conectadas a esas tuberías.
- El ingreso de objetos inapropiados a las tuberías, como la tierra de calles no pavimentadas, que es arrastrada por la lluvia, y las raíces de árboles aledaños a los tubos.

De lo señalado anteriormente, puede decirse que un gran número de pozos de visita del sistema de alcantarillado están saturados con una carga hidráulica que hace que trabajen a presión, además de que es imposible ver la clave y el arrastre de los tubos, situación en el sistema que ha ido aumentando año tras año, tanto por la falta de mantenimiento preventivo y correctivo a las redes de drenaje, como por la carencia de programas intensivos y suficientes de reparación de caídos y sustitución de tuberías dañadas, sin demeritar las inversiones que la COMAPA Reynosa ha ejercido con el apoyo de los Gobiernos federal y estatal para llevar a cabo algunas obras de sustitución de tuberías colapsadas o muy deterioradas.

Tabla 8. Longitud y diámetros de las tuberías con caídos en Reynosa, TM

Zona	Longitud			Km) y Diámetros (cm)					Total	Estilo semáforo
	20	30	38	40	45	61	76	91		
Caídos existentes	5.65	0.84	0.03	0.11	0.36	2.44	0.73	3.55	13.71	

Fuente: Plan Maestro

Tabla 9. Infraestructura de tuberías deteriorada y muy deteriorada, Reynosa, TM

No	Zona	Longitud (km) de diámetros (cm)									Total
		20	25	30	38	45	61	76	91	107	
1	Tuberías muy deterioradas	9.13	50.58	186.62	3.45	7.70	5.34	5.64	0.52	1.06	270.03
2	Tuberías deterioradas	10.05	43.79	162.40	3.32	1.52	3.28	1.57	0.99	0.00	226.92
	Suma	19.18	94.37	349.02	6.77	9.21	8.61	7.21	1.51	1.06	496.95

Fuente: Plan Maestro con información de COMAPA

De los dos cuadros anteriores podemos decir que existen más de 13 kilómetros de tuberías de 20 a 91 cm de diámetro, que se han colapsado y que han generado obstrucción al flujo del agua, los cuales no se han podido reparar o sustituir por falta de recursos económicos, principalmente del organismo operador COMAPA, además de la insuficiencia de recursos asignados a los programas federalizados de aportación federal, estatal y municipal.

De igual forma, en lo que respecta a la red de drenaje, de aproximadamente 500 km de tuberías, se tienen tramos con daño moderado y crítico, los cuales tendrán mayormente problemas similares a los indicados en el párrafo anterior, ya que son tuberías de concreto simple o reforzado que, por su



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

antigüedad, han sido expuestas durante un tiempo muy prolongado a los gases corrosivos que generan las aguas residuales, debido a las bajas velocidades ocasionadas por las mínimas pendientes que tienen los tubos, o por las propias obstrucciones de caídos en tuberías aguas abajo. La información sobre 500 km se muestra en la Ilustración 26. Clasificaciones por daño de las tuberías- semáforo, donde se indica su estado.

De las deficiencias detectadas, se tiene que faltan colectores y líneas de impulsión, pero sobre todo redes de atarjeas; no cuentan con información de cotas de brocal, plantillas y profundidades, y algunas trayectorias de colectores y líneas de impulsión están mal trazadas, y no están dibujadas las conexiones de con las estaciones de bombeo que operan y las que están fuera de operación; por otro lado, las estructuras principales no tienen las coordenadas físicas reales. Es necesario que se lleve a cabo la actualización del catastro, basado en datos reales obtenidos en campo para estudios posteriores y la toma de decisiones para los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como para los de rehabilitación y sustitución de infraestructura de alcantarillado.

Por último, en cuanto a la vigilancia de la calidad de las aguas residuales, descargadas al sistema municipal por parte de los usuarios no domésticos, entre los cuales pueden mencionarse a las industrias, los comercios y los servicios, la COMAPA lleva a cabo un programa de muestreo y control, con el objeto de que se dé cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Es necesario que este programa continúe en forma eficiente y puntual, además de reforzarlo para prevenir y controlar la contaminación de las descargas de aguas residuales no domésticas, que vierten a la red de drenaje y alcantarillado municipal, mediante la aplicación de la normatividad establecida para proteger y hacer más eficiente la infraestructura de recolección y conducción, pero sobre todo la de tratamiento a cargo de la COMAPA, y coadyuvar al bienestar de la población de Reynosa, TM.

En este sentido, puede señalarse la conveniencia de continuar con el proyecto para la prevención y control de las descargas en la COMAPA, con personal, equipo y espacios adecuados, que permitan llevar a cabo los trabajos de vigilancia al 100 %, en el menor tiempo posible, ya que de no hacerse las verificaciones y no aplicarse las posibles sanciones a los propietarios de las descargas no domésticas, que incumplan la normatividad vigente, se corre el riesgo de no asegurar las condiciones de operación adecuadas de las PTAR, de acuerdo con características de diseño.

Redes de subcolectores y colectores

La red de subcolectores y colectores, que conforman el sistema de alcantarillado residual, está constituida por tuberías con diámetros que van de 20 a 122 cm, con una longitud superior a 320 kilómetros. En la siguiente tabla se muestran las longitudes y diámetros de la red de colectores y subcolectores, y en la siguiente próxima se presenta el trazo que siguen los colectores y subcolectores que van interceptando las redes de atarjeas para transportar las aguas residuales, en la mayoría de los casos, hasta las EBAR, de donde se bombea a los sitios de emplazamiento de las PTAR 1 y 2 de la ciudad de Reynosa, TM.



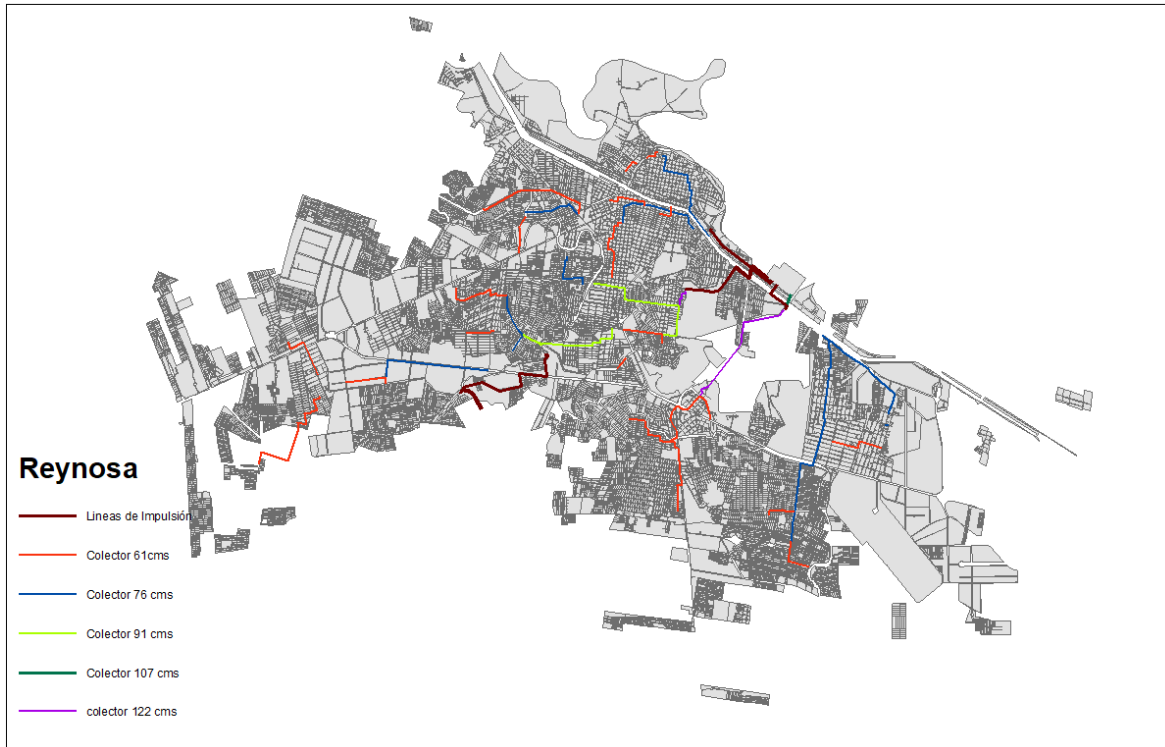
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 10. Diámetros y longitudes de colectores y subcolectores, Reynosa, TM

Nombre	Longitud (km) de diámetros (cm)										Total km
	20	25	30	38	45	61	76	91	107	122	
Colectores	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.1	35.3	19.1	1.9	4.2	126.6
Subcolectores	6.4	15.1	69.6	39.5	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	193.5
Suma	6.4	15.1	69.6	39.5	63.0	66.1	35.3	19.1	1.9	4.3	320.1

Fuente: Plan Maestro con información de COMAPA Reynosa

Ilustración 7. Colectores y líneas de impulsión en Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia COMAPA Reynosa

Tabla 11. Materiales de las tuberías de colectores y subcolectores, Reynosa, TM

Tipo	Longitud (km) material				Total km
	Acero	Concreto	PEAD	PVC Sanitario	
Colectores	0.05	29.16	4.30	93.77	127.29
Subcolectores	0.15	48.43	0.00	144.24	192.83
Suma	0.20	77.59	4.30	238.02	320.12
Semáforo					

Fuente: COMAPA Reynosa

De lo anterior se deduce que en las últimas décadas se han llevado a cabo las nuevas obras de colectores con tuberías de PVC, y se ha ejecutado la sustitución de colectores y subcolectores de concreto con daños estructurales severos, en los cuales se han utilizado tuberías de PVC para su reemplazo, en algunos casos aprovechando estas obras para incrementar el diámetro del conducto.

Sin embargo, existen tramos de subcolectores y colectores que requieren ser sustituidos o aumentar el diámetro de sus tuberías, ya que se encuentran trabajando por encima de su capacidad de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

conducción. Esto en una longitud aproximada de 77 km, que es la suma de las tuberías de acero y concreto, como se observa en la tabla 21.

Adicionalmente a los colectores y subcolectores por gravedad, el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales requiere de líneas de impulsión (presión), para conducir el agua de las EBAR a los pozos o cajas rompedoras de presión, o cambio de régimen, para que a partir de estas últimas el agua residual fluya por gravedad por los conductos hasta el sitio de otra EBAR o de una PTAR. Actualmente el sistema de alejamiento cuenta con 47.1 km de tuberías de impulsión de diferentes diámetros y materiales, como puede verse en las siguientes tablas.

Tabla 12. Longitud y diámetros en las líneas de impulsión, Reynosa, TM

Nombre	Longitud en km							Diámetro en pulgadas				Total km
	3"	6"	8"	10"	12"	14"	18"	20"	24"	30"	36"	
Líneas de Impulsión	0.20	4.28	7.13	2.29	4.72	3.48	0.13	5.54	7.15	8.53	3.70	47.13

Fuente: COMAPA Reynosa

Tabla 13. Longitud por tipo de material en las líneas de impulsión, Reynosa, TM

Nombre	Longitud (km) material				Total km
	A-C	Acero	PEAD	PVC	
Líneas de impulsión	5.70	0.15	10.26	31.03	47.13
Semáforo					

Fuente: COMAPA Reynosa

A pesar de que existe una gran longitud de colectores y subcolectores y líneas de impulsión de PVC, persisten algunos problemas de funcionamiento en el sistema de recolección y alejamiento del agua residual, que generan molestia a los usuarios del servicio y en algunos casos a los transeúntes de las vialidades; entre los principales problemas se describen los siguientes:

Existen algunos colectores que se construyeron sin la previsión de un crecimiento considerable de la mancha urbana, por lo que han quedado rebasados en su capacidad de conducción por el diámetro que tienen.

Existe una gran cantidad de colectores que, por las condiciones topográficas de la región, se profundizaron, requiriendo de bombeos aguas abajo para subir el agua residual hasta los pozos, a partir de los cuales se pudiera conducir por gravedad hasta el sitio de disposición final, lo que origina que el adecuado funcionamiento del sistema de recolección dependa básicamente de la correcta operación de las estaciones de bombeo que, a su vez, dependen, en primer lugar, de la existencia de los equipos necesarios para desalojar el agua, y en segundo lugar, de la eficiencia y potencia de los equipos instalados en dichas estaciones, así como del mantenimiento que se le dé a los diferentes componentes, tanto electromecánicos como hidráulicos.

Existen algunos colectores que tienen problemas de corrosión en las claves de los tubos, debido a la antigüedad de estos y a las bajas velocidades del flujo del agua por las reducidas pendientes con las que se construyeron, que provocan una mayor exposición de las paredes de los tubos a los gases agresivos que produce la corrosión del concreto de los tubos.

Existen colectores con problemas de saturación, debido a fallas o caídos de las claves de los tubos, lo que ha permitido el ingreso de tierra al conducto, generando taponamientos que derivan en remansos y desbordamientos en pozos y coladeras, lo que provoca el derrame de aguas residuales

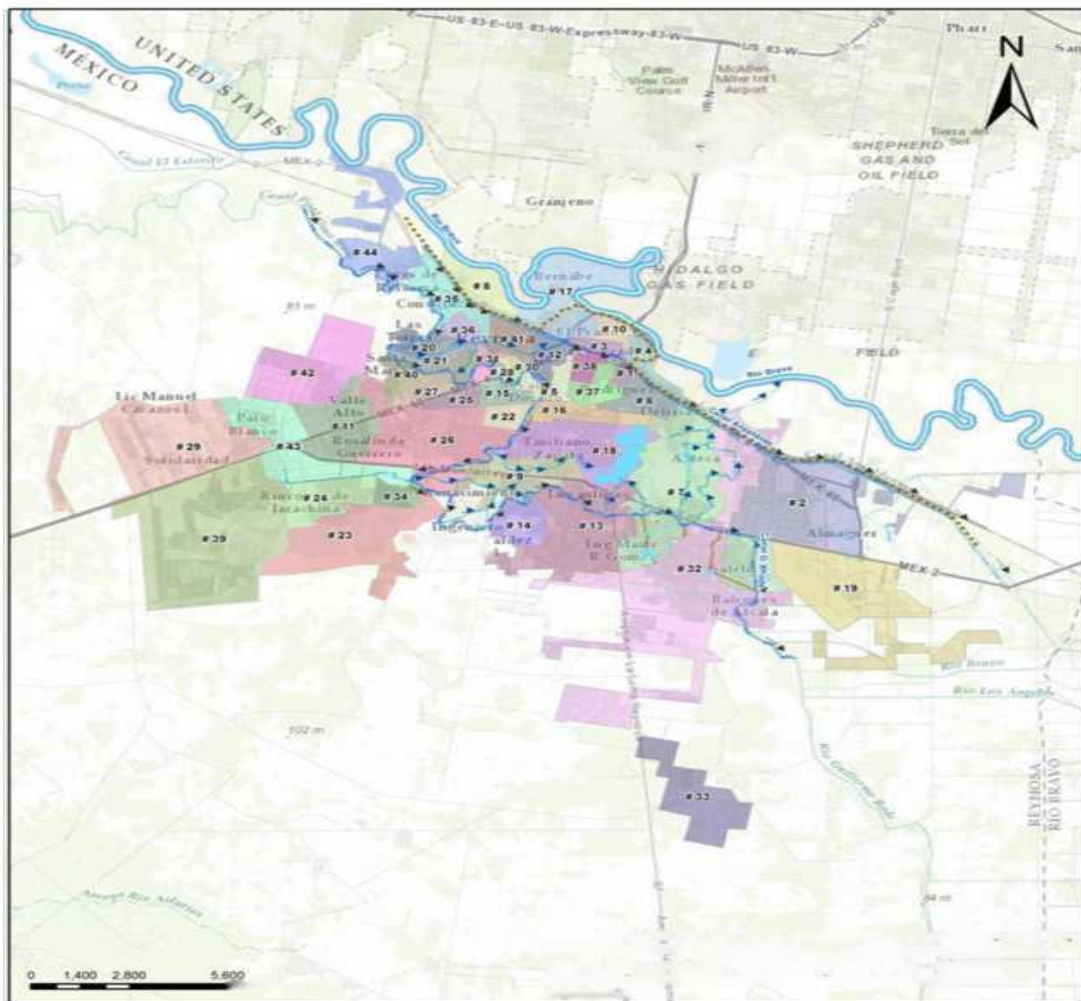


COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

a las vialidades. Para determinar las necesidades a detalle es conveniente considerar, dentro de la cartera de proyectos, el estudio y proyecto ejecutivo correspondientes.

Por otro lado, el diseño del funcionamiento del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa, TM hasta los sitios de disposición final que son las PTAR, donde los colectores, subcolectores y líneas de impulsión, además de las EBAR, son los elementos fundamentales, está compuesto e integrado por 44 microcuencas pertenecientes a 13 subcuencas concernientes a ocho cuencas principales de tres macrocuencas de las PTAR.

Ilustración 8. Microcuencas del sistema de recolección de las aguas residuales de Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia con información de COMAPA

Tabla 14. Microcuencas del sistema de recolección y alejamiento de aguas residuales, Reynosa, TM

NP	Microcuencas	Subcuenca	Cuenca	Macrocuenca	Superficie (ha)
1	San Valentín-Santa Lucía-Esfuerzo Nacional	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	1951.22
2	EBAR 25, Lomas de Jarachina	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	481.64
3	PTAR Pirámides	PTAR Pirámides	PTAR Pirámides	PTAR Pirámides	578.80
4	EBAR #7	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	708.65



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

NP	Microcuencas	Subcuenca	Cuenca	Macrocuenca	Superficie (ha)
5	EBAR #13	EBAR #13	EBAR #13	PTAR #1	207.07
6	Paseo de Las Flores-Nuevo Amanecer	EBAR #10 Col. Zacatecas	EBAR #10	PTAR #1	2,385.00
7	EBAR 27 Flores Magón-La Laguna	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	686.59
8	Jarachina Sur-Puerta del Sol II	PTAR #2 gravedad	PTAR #2	PTAR #2	914.02
9	Villa Florida-EBAR #25	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	751.29
10	La CIMA Valle Alto-Las Cumbres	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	954.58
11	Mocambo-Hidalgo	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	31.42
12	Villa Las Haciendas	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	496.09
13	Jardines Coloniales - Las Fuentes	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	111.84
14	Las Quintas-Fraccionamiento Moderno	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	134.59
15	Olmo-Santa Cecilia	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	76.78
16	Valle Alto-Arboledas	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	239.25
17	López Mateos	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	45.91
18	Rancho Grande-Riveras del Bosque	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	82.35
19	Hacienda las Fuentes-Campestre	EBAR#11	EBAR #4	PTAR #1	75.58
20	Vicente Guerrero	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	169.47
21	Rancho Grande	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	287.38
22	Hacienda Las Fuentes	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	156.74
23	Infonavit Canadá-Módulo 2000	EBAR #6	EBAR #4	PTAR #1	106.86
24	EBAR #5-Enrique Cárdenas	EBAR #6	EBAR #4	PTAR #1	118.79
25	EBAR #16	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	434.90
26	Puerta del Sol	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	110.94
27	Los Arcos-Paseo Residencial	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	1247.06
28	Jarachina Sur-Tecnológico	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	346.83
29	Villa Florida-Industrial Norte	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	669.12
30	EBAR 29, 28, 18 y 9	EBAR #10, colonia Independencia	EBAR #10	PTAR #1	1,234.18
31	Bienestar-Francisco Villa	EBAR #10, colonia Independencia	EBAR #10	PTAR #1	1328.93
32	EBAR #33-Tamaulipas	EBAR #10, colonia Principal	EBAR #10	PTAR #1	932.73
33	EBAR #14-Lomas del Villar	EBAR #10, colonia Principal	EBAR #10	PTAR #1	1464.42
34	EBAR #34-Lomas de las Torres	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	230.89
35	EBAR #6-AltaVista	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	213.97
36	EBAR #15	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	304.88
37	EBAR #2-Centro	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	110.43
38	EBAR #1	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	210.05
39	Centro-R. El Maestro	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	73.38
40	EBAR #3	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	151.37
41	EBAR #12-Rosita	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	153.71
42	Rodríguez	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	90.99
43	Refinería PEMEX-Flovigar	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	150.57
44	Beatty-Altamira	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	52.83
				Total	21,264.09

Fuente: Plan Maestro

Tabla 15. Cuencas principales del sistema de alcantarillado de la ciudad de Reynosa, TM

No.	Cuenca	Macrocuenca	Superficie (has)	Longitud colectores (km)	Longitud líneas de impulsión (km)
1	Cuenca EBAR #1	PTAR #1	2,006.87	27.38	4.94
2	Cuenca EBAR #13	PTAR #1	207.07	5.30	5.69
3	Cuenca EBAR #10	PTAR #1	7,345.41	114.43	11.08



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

No.	Cuenca	Macrocuena	Superficie (has)	Longitud colectores (km)	Longitud líneas de impulsión (km)
4	Cuenca EBAR #4	PTAR #1	3,699.41	70.17	4.52
5	Cuenca PTAR #2, gravedad	PTAR #2	914.02	0.00	0.97
6	Cuenca EBAR #22	PTAR #2	3,978.34	54.67	10.55
7	Cuenca EBAR #30	PTAR #2	2,534.34	44.39	9.38
8	Cuenca PTAR Pirámide	PTAR Pirámide	578.80	4.14	0.00
	Suma		21,264.26	320.48	47.13

Fuente: Plan Maestro

Tabla 16. Macrocuencas del sistema de alcantarillado de Reynosa, TM

No.	Macrocuena	Superficie (has)	Longitud colectores (km)	Longitud líneas de impulsión (km)
1	PTAR #1	13,258.76	217.28	26.24
2	PTAR #2	7426.70	99.07	20.90
3	PTAR Pirámide	578.80	4.14	0.00
	Suma	21,264.25	320.48	47.13

Fuente: Plan Maestro

En resumen, se señala que el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con ocho cuencas principales de las cuales 4 (EBAR 1, 4, 10 y 13) descargan en la macrocuena de la PTAR 1; tres cuencas (EBAR 22, 30 y una a gravedad) descargan en la macrocuena de la PTAR 2, y la cuenca Pirámides que descarga en la macrocuena de la PTAR Pirámides.

Plantas de bombeo

Como se mencionó en párrafos anteriores, el sistema de alcantarillado sanitario requiere de una gran cantidad de estaciones de bombeo para elevar el agua hasta un pozo de visita, a partir del cual el agua fluya por gravedad, y en otros casos para descargarla a las plantas de tratamiento. En la actualidad cuentan con 41 estaciones de bombeo (EBAR), de las cuales algunas de ellas no se encuentran operando de manera constante. En las siguientes tablas e ilustraciones se presenta la información de la localización de las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR), con sus coordenadas basadas en la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (UTM).

Tabla 17. Plantas de bombeo con su ubicación y sitio de aportación-semáforo, Reynosa, TM

No.	ID	Nombre	X	Y	Z	Aporta	# equipos	Semáforo
1	EBAR#1	Colonia La Copa	573062.55	2884759.15	30.39	PTAR #1	6	
2	EBAR#2	Zona Centro	571694.58	2886644.79	32.83	EBAR #1	2	
3	EBAR#3	Colonia Longoria	570804.02	2885597.24	33.07	EBAR #1	2	
4	EBAR#4	Colonia Leal Puente	572384.71	2883104.47	30.65	PTAR #1	4	
5	EBAR#5	Colonia Hidalgo	569288.04	2885254.40	33.46	EBAR #6	3	
6	EBAR#6	Colonia Módulo 2000	569873.06	2883403.69	46.58	EBAR #4	4	
7	EBAR#7	Zona centro	571283.68	2886496.76	31.20	EBAR #2	1	
8	EBAR#8	Zona centro	571775.79	2886756.65	31.66	EBAR #1	1	
9	EBAR#9	Parque Industrial, Reynosa	578238.35	2877477.99	38.30	EBAR #10	2	
10	EBAR#10	Colonia Ernesto Zedillo	575015.56	2882612.05	28.94	PTAR #1	3	
11	EBAR#11	Colonia Las Torres	568345.70	2885737.46	32.40	EBAR #5	1	



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

No.	ID	Nombre	X	Y	Z	Aporta	# equipos	Semáforo
12	EBAR#12	Colonia del Bosque Sur	569620.41	2884647.57	44.78	EBAR #1	1	Amarelo
13	EBAR#13	Colonia Las Delicias	573710.62	2883692.21	31.10	PTAR #1	3	Verde
14	EBAR#14	Villas de IMAQ	575595.73	2878495.59	43.52	EBAR #10	3	Verde
15	EBAR#15	Colonia Módulo 2000 Rancho Grande	569382.03	2886753.58	32.63	EBAR #7	1	Amarelo
16	EBAR#16	Colonia Roma	570729.33	2881191.81	32.41	EBAR #4	2	Verde
17	EBAR#17	Fraccionamiento La Cima	565180.28	2884505.21	52.10	EBAR #30 y EBAR #4	4	Verde
18	EBAR#18	Parque Industrial Colonial	579536.59	2876375.42	35.00	EBAR #9	3	Verde
19	EBAR#20	Los Muros I	565652.27	2881818.54	55.91	EBAR #30 y EBAR #4	2	Verde
20	EBAR#21	Los Muros II	565982.99	2881719.94	56.88	EBAR #30 y EBAR #4	2	Verde
21	EBAR#22	Puerta del Sol	566427.04	2880392.86	45.20	PTAR #2	4	Amarelo
22	EBAR#23	Riberas del Carmen	576291.04	2875556.08	39.69	EBAR #10	3	Verde
23	EBAR#24	Los Fresnos	558856.69	2880305.00	76.13	EBAR #22	1	Verde
24	EBAR#25	Vista Hermosa	565134.10	2886378.08	51.86	EBAR #30 y EBAR #4	4	Verde
25	EBAR#26	Loma Real	559275.69	2880796.86	81.01	EBAR#22	2	Amarelo
26	EBAR#27	El Anhelito	571544.69	2881154.36	29.22	EBAR #4	3	Verde
27	EBAR#28	Parque Industrial Colonial	580436.72	2875531.50	34.42	EBAR# 18	3	Verde
28	EBAR#29	El Campanario	581170.12	2874007.00	33.24	EBAR# 18	1	Verde
29	EBAR#30	Las Fuentes S/Lomas	568652.84	2881413.76	47.14	PTAR #2	6	Amarelo
30	EBAR#31	Los Almendros II	575896.73	2875028.68	40.43	EBAR #10	2	Verde
31	EBAR#32	Paseo del Prado	566714.42	2880818.56	43.05	EBAR #30 y EBAR #4	4	Verde
32	EBAR#33	Ramón Pérez	568862.54	2877547.75	52.46	EBAR #10	2	Verde
33	EBAR#34	Lomas del Pedregal	568931.06	2879301.22	44.10	EBAR #16	3	Amarelo
34	EBAR #35	Los Pinos	559211.97	2882336.60	77.46	EBAR #40	3	Verde
35	EBAR #36	Las Palmas	577193.33	2876369.22	37.68	EBAR #23	4	Verde
36	EBAR #37	Aeropuerto	576485.62	2877052.26	40.85	EBAR #14	1	Verde
37	EBAR #38	Los Arcos	556303.84	2879652.54	94.22	EBAR #22	3	Amarelo
38	EBAR #39	Villa Esmeralda	575668.08	2875800.60	41.96	EBAR #10	1	Verde
39	EBAR #40	Ventura	559589.87	2881698.33	76.95	EBAR #22	3	Verde
40	EBAR#41	Agencias Aduanales	578858.10	2880376.05	35.03	EBAR #10		Verde
41	EBAR	Las Haciendas	566611.44	2888988.64	32.23	EBAR #5		Verde

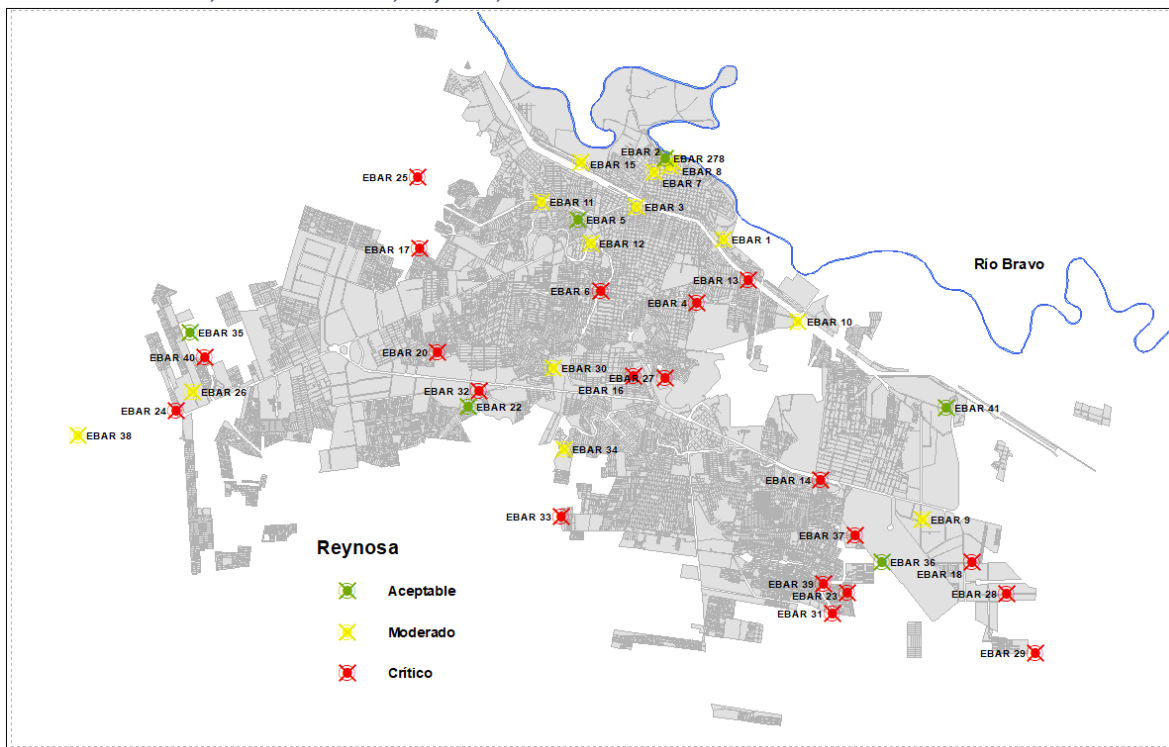
Fuente: Plan Maestro y COMAPA Reynosa



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

A partir de la información recabada, en relación con las EBAR, puede establecerse que en estas estaciones de bombeo de aguas residuales sólo se encuentra instalado y operando aproximadamente el 50 % de los equipos que se requieren, y para los cuales están construidas las EBAR; es decir que existen múltiples de descarga con preparación para acoplarles el total de los equipos de bombeo para la operación y de reserva, en caso de falla de alguno de ellos, de los cuales sólo están instalados y operando la mitad, lo que ocasiona que algunas de las estaciones no estén operando, situación que resulta ser aún más grave porque todo ello también ocurre en las principales EBAR que envían el agua residual recolectada hasta los sitios de tratamiento.

Ilustración 9, Ubicación EBAR, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

La falta de equipos en las estaciones de bombeo representa uno de los mayores desafíos que tiene el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales, ya que resulta imposible desalojar el gasto máximo instantáneo y máximo extraordinario, y en algunos casos hasta el gasto medio de aguas residuales que llegan a las EBAR, por lo que se desfogan sin ningún tratamiento a los canales de riego afluentes del río Bravo.

Como puede observarse la situación es muy grave, debido a la falta de equipos de bombeo en las estaciones, pero sobre todo en las EBAR principales, ya que estas concentran casi la totalidad del agua que debe ser enviada a las PTAR para ser tratada, en cumplimiento de lo dispuesto en las Ley de Aguas Nacionales, título de asignación y permiso de descarga, y en las Normas Mexicanas vigentes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Además de las estaciones de bombeo de aguas residuales principales, se cuenta con estaciones de bombeo de menores dimensiones y capacidades, mismas que descargan a las principales, en las cuales el mantenimiento y la vigilancia de la operación es mínima, ya que la gran mayoría sólo operan con un equipo, lo cual es muy vulnerable y riesgoso en caso de una falla de cualquier tipo, lo que provocaría desbordamiento en los pozos de visita o en las mismas EBAR, generándose inundaciones de aguas negras en las zonas más bajas.

Otra situación que presentan las EBAR pequeñas es que en su mayoría los equipos que se les instalan provienen de otras estaciones; es decir que se retiran equipos para darles mantenimiento o reparación y cuando ya están listos se instalan donde se tiene la necesidad de estos, siendo que muchas de las veces no cumplen con la capacidad requerida por la estación de bombeo donde se colocan, lo que provoca que no desalojen el total del agua. En otras ocasiones, esos equipos son demasiado grandes para las necesidades, lo que genera gastos innecesarios de energía eléctrica y riesgos de dañarse por el bajo nivel que puede provocarse al no estar al cuidado los operadores.

En conclusión, la gran mayoría de las estaciones de bombeo están en regulares y malas condiciones, además de que se requiere hacer la sustitución de los equipos de bombeo por unos de mejor eficiencia y adecuados a los requerimientos de gasto y carga para su óptima operación.

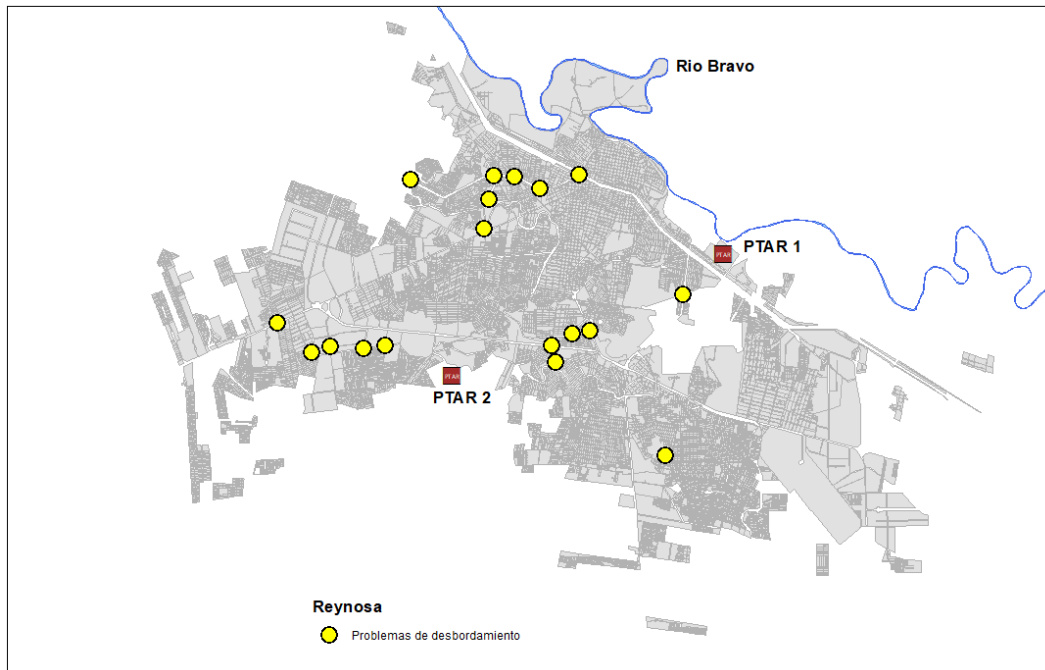
Drenaje pluvial

Los problemas por encharcamientos se presentan en las zonas urbanas por ineficiencia a causa de fallas, azolvamiento o inexistencia de sistema de alcantarillado pluvial, y también como consecuencia de intensas precipitaciones pluviales, debido a que el terreno se encuentra en las zonas más bajas, provocando saturaciones y acumulación de agua de lluvia excedente por un largo periodo de tiempo, lo que ocasiona el incremento del nivel del agua. En la siguiente imagen se presentan los puntos considerados como críticos por problemas de desbordamientos de canales y drenes, detectados por el organismo operador.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 10. Puntos con problemas de desbordamiento de canales y drenes, Reynosa, TM



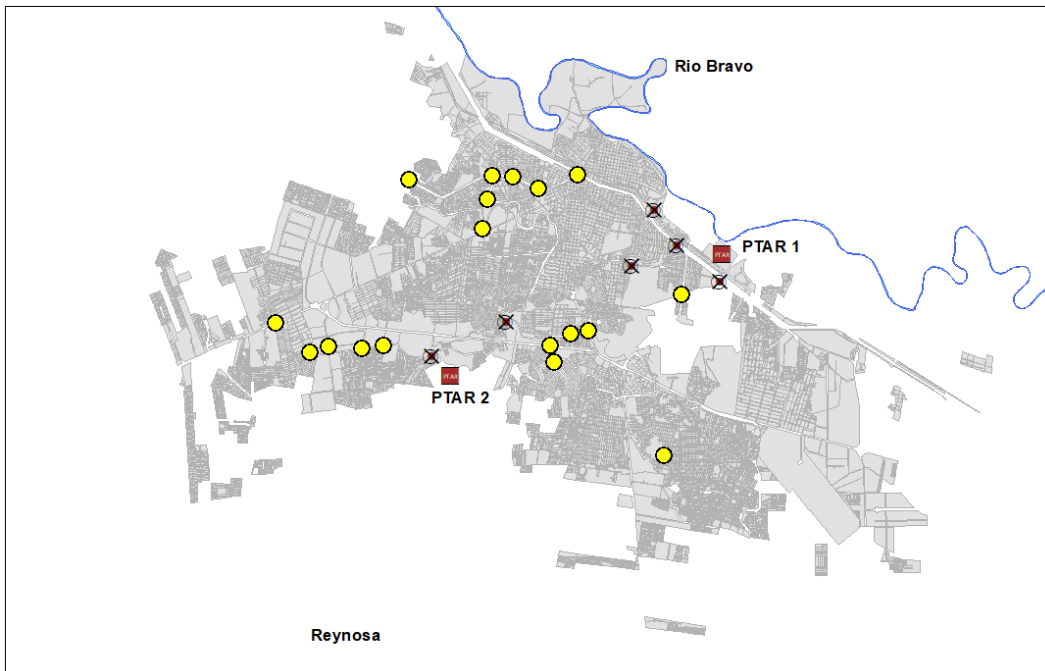
Fuente: elaboración propia con información de COMAPA Reynosa

De acuerdo con la información existente, se cuenta con estructuras para el desalojo de las aguas pluviales, en caso de inundaciones, las cuales están sobre los canales o en áreas identificadas con problemas de inundaciones o encharcamientos, pero estas no son suficientes para evitar las inundaciones que se presentan en época de lluvia abundante. En la siguiente imagen se presenta la ubicación de las zonas críticas de encharcamiento, así como la ubicación de los cárcamos de bombeo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 11. Puntos críticos por problemas de desbordamiento de canales, drenes y estaciones de bombeo



Fuente: COMAPA Reynosa

De acuerdo con lo anterior, se propone diseñar acciones y programas para mitigar y reducir oportunamente estos riesgos a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura, mejorando normas y procurando su aplicación, y al mismo tiempo preparar e informar a la población para que sepa cómo actuar antes, durante y después de una contingencia, sobre todo en zonas consideradas como de mayor peligro.

De lo anterior puede concluirse que la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con un drenaje pluvial muy limitado, que en ocasiones se ha visto invadido por edificaciones de particulares, lo que agrava más el problema del desalojo de las aguas pluviales. Esto se observa año con año en épocas de lluvia y se pudo constatar a finales del mes de julio de 2020 con el paso del huracán Hanna por esta ciudad fronteriza.

Con el objeto de contar con un estudio que permita resolver la problemática citada, en el año 2016, a través de programas federalizados, el Gobierno del estado llevó a cabo, a través de un contrato con el IMTA, un estudio que venía acompañado de dos proyectos ejecutivos para la programación de inversiones que permitan la ejecución de las obras.

Saneamiento de las aguas residuales

La ciudad de Reynosa, TM, como ya se mencionó, cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuales la COMAPA opera dos de ellas: la PTAR 1 y la PTAR 2, con capacidades de tratamiento de 1000 y 750 litros por segundo, respectivamente, que en conjunto dan un gasto total de tratamiento de 1750 litros por segundo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Adicionalmente, existe al sureste de la ciudad una pequeña planta de tratamiento, conocida con el nombre de Pirámides, la cual tiene una capacidad de 2 l/s.

Tabla 18. Información de las PTAR existentes en Reynosa, TM

Nombre de la PTAR	Operado por	Tipo	Estatus	Año de construcción	Capacidad total de la planta l/s	Capacidad actual de la planta l/s	Cuerpo receptor	Semáforo
PTAR 1 Nuevo Tamaulipas	COMAPA	Lagunas de oxidación/lodos activados convencionales	En operación	1970 2008	1,000	1,000	Descarga al canal El Anhele	Ambar
PTAR 2 Puerta del Sol	COMAPA	Filtros percoladores	En operación	2004	750	250	Descarga al canal Rodhe	Ambar
PTAR Las Pirámides	COMAPA	Mecanizada, lodos activados	En operación		2	2	Descarga al canal Rodhe	Verde

Fuente: COMAPA Reynosa

PTAR 1

La planta de tratamiento de aguas residuales N.º1 está compuesta por dos módulos de diferentes procesos: lagunas de oxidación y lodos activados, debido a que en 1970 sólo se había construido la planta con un proceso de lagunas de oxidación, las cuales presentaron algunas fallas que no permitieron cumplir con las condiciones particulares de descarga; posteriormente, en el 2008, se construyó la planta de tratamiento de lodos activados, la cual se encuentra en operación.

Por lo que toca al módulo de la PTAR 1, de lodos activados, este consiste en oxidar las aguas residuales para agotar la demanda de oxígeno, conocida como DBO5 y los sólidos totales, principalmente, para tener como resultado aguas tratadas, clarificadas y estables.

En cuanto al tratamiento de lodos activados convencionales, que se tiene en la PTAR 1, este consiste en un sedimentador primario que es la variante que los distingue; el proceso de tratamiento comienza a partir del pretratamiento, que consiste en remover de las aguas residuales todo el material que inhibe los procesos bioquímicos de la depuración de la materia orgánica, que parte de la remoción del material grueso flotante por medio del cribado con canastillas de limpieza manual; en este mismo proceso se realiza la remoción de material granular, como gravas finas y arenas, por medio de un desarenador que consta de tres canales para la separación de estos materiales; se continúa con la sedimentación primaria a través de dispositivos llamados conos Imhoff; en este proceso los sólidos suspendidos se van aglomerando de tal modo que se forman flóculos que al ir creciendo adquieren mayor volumen y, por consiguiente, mayor peso, hasta caer libremente a través del líquido por medio de la fuerza gravitacional; el lodo sedimentado se extrae mediante carga hidráulica y se deposita en lechos de secado; como tercer paso del tratamiento continúa el proceso de aeración, que consiste en oxidar la materia biodegradable, por lo que se dice que se está sometiendo a un proceso de "lodos activados", llamado así porque se forman en los tanques de aireación pequeños grumos que contienen materia orgánica muerta, bacterias saprófitas que se alimentan de esta última materia, utilizando al mismo tiempo las pequeñas burbujas de aire de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

donde obtienen el oxígeno para su metabolismo; el cuarto paso del tren de tratamiento se refiere al clarificador secundario por gravedad o sedimentador secundario; en esta parte se sigue desarrollando la actividad bacteriana y se distingue por la transición suave entre las velocidades altas de entrada y la velocidad uniforme que requiere la zona de asentamiento, que debe controlarse cuidadosamente para evitar turbulencias y arrastres, principalmente; asimismo, en esta parte se cuenta con una zona de lodos donde se depositan y se comprimen de manera natural, para que por medios mecánicos se extraiga el lodo producido sin afectar las velocidades bajas que se requieren en este proceso. Una vez que se tiene el efluente del sedimentador secundario, se aplica la desinfección, que consiste en aplicar gas cloro en la entrada de la estructura, conocida como tanque de contacto de cloro, la cual fue diseñada con un tiempo de retención para que actúe el desinfectante; esta actividad se lleva a cabo por la calidad bacteriológica que solicitan las condiciones particulares de descarga del título de concesión y permiso de descarga.

Por lo que toca al módulo de tratamiento de lagunas de oxidación, localizado en la PTAR 1, este está parcialmente fuera de servicio, ya que este tratamiento se utiliza exclusivamente para el agua excedente que ya no puede ser ingresada a la planta de lodos activados, dándole un tiempo de retención para su clarificación y posterior cloración.

Este proceso de tratamiento consiste básicamente en una secuencia de un sistema lagunar constituido por estructuras simples para embalsar agua, que tienen profundidades y tiempos de retención variables. En las lagunas se lleva a cabo un proceso de autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo fisicoquímicos y biológicos.

Respecto a la producción de lodos, se tiene que en los sistemas lagunares, como es el caso de la PTAR de Reynosa, al igual que en todos los sistemas de tratamiento, hay una producción de lodos, con la ventaja de que esta producción es relativamente menor que la que se obtiene en otros sistemas, como es el caso del sistema de lodos activados. Pero, además, se tiene una ventaja adicional, que se obtiene al depositarse los lodos en el fondo de las lagunas, ya que esto hace que los lodos generen con el tiempo un sustrato anaerobio que asimila a su vez los lodos que se van generando; es decir, el sustrato activa un proceso paralelo de destrucción de lodos que reduce significativamente la tasa neta de producción de lodos residuales. No obstante, resulta importante tener en cuenta que esta tasa de producción siempre será positiva, por lo que se requiere que cada un cierto tiempo se retiren los lodos del fondo de las lagunas, como parte del mantenimiento de la PTAR.



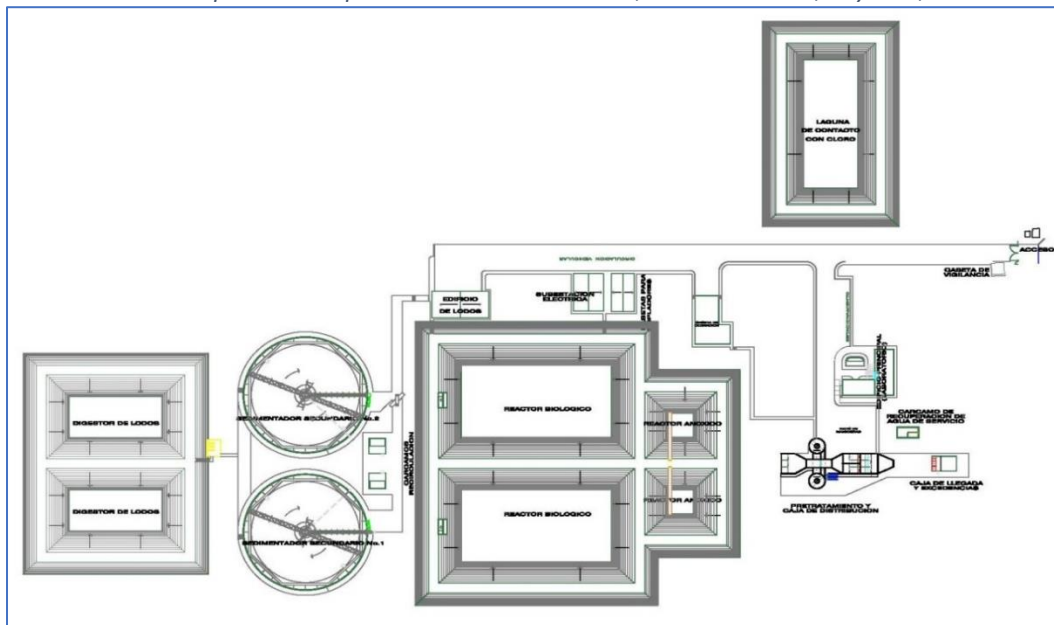
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 12. Planta de tratamiento N° 1, lagunas de oxidación y lodos activados, Reynosa, TM



Fuente: COMAPA

Ilustración 13. Esquema de la planta de tratamiento N° 1, lodos activados, Reynosa, TM



Fuente: Estudio de Auditoría Energética



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

PTAR 2

Esta planta tiene un tren de tratamiento a base de filtros percoladores, que es un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales con la biomasa adherida en un medio fijo; en su forma más general este medio fijo lo constituye un lecho de piedras empacadas en las que se adhiere y se desarrollan los macroorganismos que intervienen en el proceso de oxidación de la materia orgánica en presencia de aire. En estas unidades, usualmente después del tratamiento químico, el agua residual es rociada sobre el lecho filtrante y percola a través de él para ser recolectada en el fondo.

Al paso de las aguas residuales por el medio filtrante, se forma en las piedras una película bacteriana que aprovecha la materia orgánica contenida en las aguas residuales como alimento al entrar en contacto con ellas. Al crecer esta película bacteriana los microorganismos se ven limitados en la cantidad de alimento que reciben y eventualmente mueren, siendo arrastrados por el flujo de las aguas residuales. Debido a lo anterior, es necesario contar con sedimentadores secundarios después de los filtros, con el objetivo de retener, antes de la descarga del sistema, los sólidos arrastrados del proceso.

En algunos casos, y con el objeto de proporcionar tratamiento adicional a las aguas y mantener húmedo el medio filtrante, es común la recirculación del efluente del sedimentador secundario al filtro rociador o el agua del efluente del propio filtro.

Avances recientes en tecnología de materiales han permitido sustituir el medio filtrante convencional (piedras) por elementos plásticos, cuyo peso y diseño permiten incrementar la profundidad del filtro hasta 6 o 7 metros, reduciendo considerablemente el área requerida para su implementación.

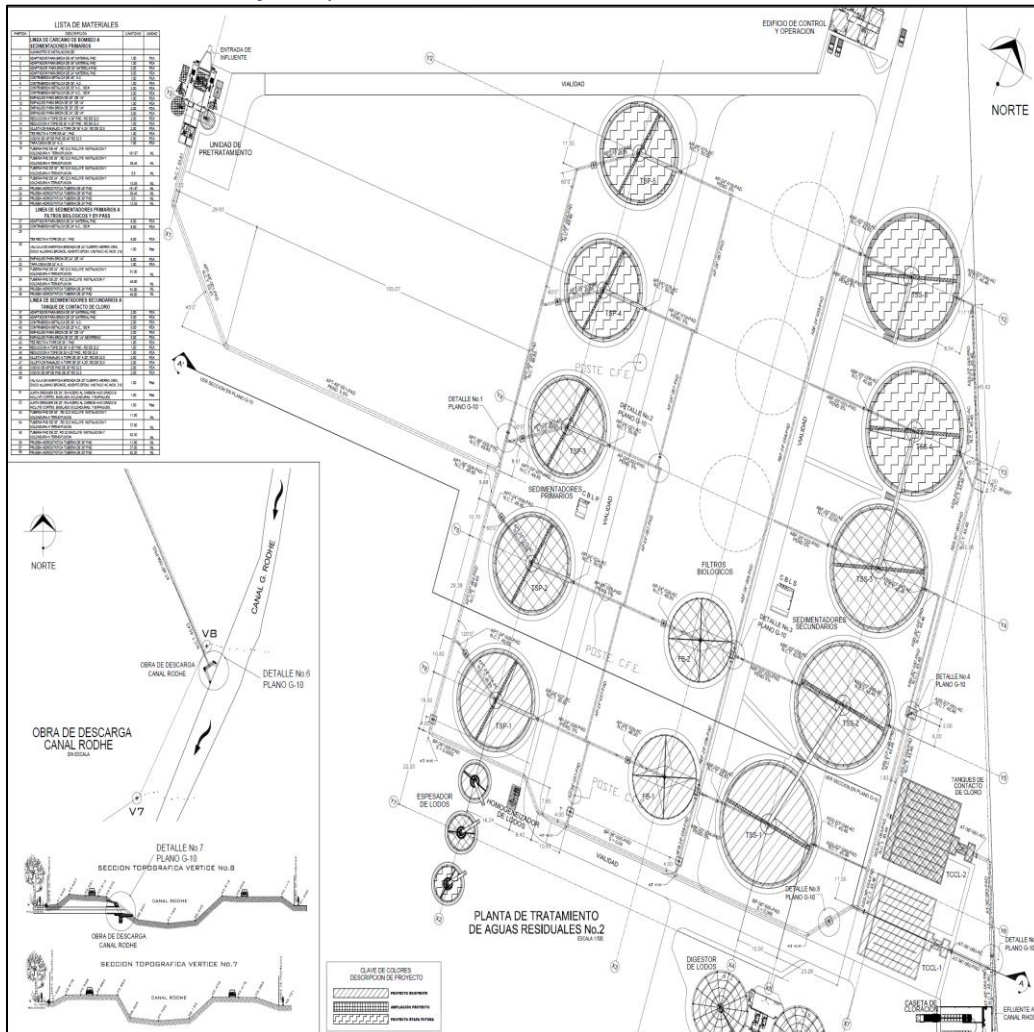
Los filtros percoladores son el sistema biológico más sencillo de operar, ya que con una observación adecuada de las características del influente, con el objeto de evitar cargas de choque en el medio filtrante, mediante recirculación, puede garantizarse una eficiencia confiable del sistema.

Los filtros percoladores son eficientes para la remoción de materia orgánica de las aguas residuales, aunque la calidad del efluente obtenido en este proceso no es tan alta como el obtenido con el proceso de lodos activados de la PTAR 1, además de que la remoción de otros contaminantes, como metales pesados e inorgánicos, es menor.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 14. PTAR 2, filtros percoladores



Fuente: Estudio de Auditoría Energética

Por lo que respecta al volumen autorizado para descargar a cuerpos receptores propiedad de la nación, así como a la calidad del agua tratada que sale del efluente de las PTAR, la COMAPA cuenta con un título de asignación y permiso de descarga N° 06TAM100226/24HAOC08, emitido el 14 de octubre del 2004 por un plazo de 10 años, para descargar aguas residuales por un volumen de 38,316,240 m³ anuales (1,215 l/s) en dos descarga hacia los cuerpos receptores del dren El Anhelito (22,548,240 m³/año), y el dren Santa Anita (15,768,000 m³/año).

Tabla 19. Título de asignación y permiso de descarga, Reynosa, TM

No.	Volumen de la descarga (m ³ /año)	Cuerpo receptor	Tipo de descarga	Latitud	Longitud
1	22,548,240	Dren El Anhelito	Servicio urbano municipal	26°01'52.9"	098°10'53.2"
2	15,768,000	Dren Santa Anita	Público urbano	26°01'47.3"	098°19'41.6"

Fuente: CONAGUA

En lo referente a las características principales que deben reunir las aguas residuales tratadas en el caso de las dos plantas, PTAR 1 y 2, en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, y se puede señalar la demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ y sólidos suspendidos totales SST, que establece como valor máximo 75 y 75 en ambos casos.

Tabla 20. Parámetros establecidos y calidad de aguas tratada en las PTAR Reynosa, TM

Nombre del parámetro	Valor del parámetro de acuerdo con NOM	Agua residual tratada de la PTAR 1	Agua residual tratada de la PTAR 2
DBO ₅	75	54	16
SST	75	37	11

Fuente: COMAPA

Como puede observarse en la tabla anterior, el agua de los efluentes de las PTAR cumple con los parámetros establecidos en lo que se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno y a los sólidos suspendidos totales, ya que se establece una DBO₅ de 75 para las dos plantas, y se obtienen resultados de 54 y 16 en las PTAR 1 y 2, respectivamente, así como en el parámetro de SST se establece un máximo de 75, en ambos casos, y la calidad del efluente es de 37 y 11 en las PTAR 1 y 2, respectivamente.

En mayo del 2016 fue certificado por el Banco de Desarrollo de América del Norte un proyecto de alcantarillado y saneamiento para la ciudad de Reynosa, TM, con la finalidad de recibir apoyo financiero de recursos no reembolsables para su ejecución, por parte de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

El proyecto consistió en la ampliación de la capacidad de la PTAR 2, que da servicio a la zona sur de la ciudad de Reynosa, TM, cuya capacidad en ese tiempo era de 250 litros por segundo, mediante la construcción de dos módulos de tratamiento de 250 litros, cada uno, así como la construcción de la estación de bombeo 278 y la rehabilitación de la estación de bombeo 1, en la zona norte de Reynosa, TM.

El propósito del proyecto es proporcionar un mejor acceso a servicios sustentables, en el rubro de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, ampliando la capacidad de la PTAR 2, con la construcción de la estación de bombeo número 278, y la rehabilitación la estación de bombeo 1, para reducir el riesgo de descargas de aguas residuales sin tratamiento o con tratamiento inadecuado, y mejorar la calidad de las descargas del efluente a los cuerpos receptores, con lo que se contribuirá a reducir la contaminación del agua y el riesgo de enfermedades de transmisión hídrica.

El proyecto incluye los siguientes elementos:

- Infraestructura de alcantarillado sanitario, que incluye construcción de la estación de bombeo 278 (88 lps), la rehabilitación de la estación de bombeo 1 (360 lps), mejoramiento de las estaciones de bombeo de la PTAR 2, EB-30 (600 lps) y EB-22 (200 lps), aproximadamente 970 m lineales de alcantarillado por gravedad, 5762 m lineales de línea a presión y 18 pozos de visita;
- Aumento de la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales 2 (PTAR 2), que consiste en dos módulos de tratamiento tipo filtros rociadores, con capacidad para tratar 250 lps, cada uno.
- Desmantelamiento de tres estaciones de bombeo (2, 7 y 8).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La ciudad de Reynosa, TM, contaba hasta antes de este proyecto con una capacidad de tratamiento de aguas residuales de 1250 lps en dos plantas de tratamiento, denominadas: PTAR 1, la cual da servicio al sector norte, y PTAR 2, que sirve al sector sur de la ciudad, con capacidades de 1000 y 250 lps, respectivamente. En esa fecha, las aguas residuales de la ciudad de Reynosa, TM, ya excedían a la capacidad de tratamiento, en un gasto aproximado a los 400 lps, mismos que estaban siendo descargados al río Bravo sin tratamiento, o con un tratamiento inadecuado.

Aunado a la falta de capacidad de saneamiento, las estaciones de bombeo 1, 2, 7, y 8 de la zona norte de la ciudad, han excedido su vida útil, presentan fugas y problemas recurrentes que derivan igualmente en descargas de aguas residuales crudas al río Bravo. El proyecto certificado permitirá consolidar las estaciones de bombeo 2, 7 y 8 en una sola estación de bombeo (278) y rehabilitar la estación 1, además de mejorar las estaciones de bombeo de la PTAR 2 (30 y 22), de manera que el agua residual pueda ser conducida de forma segura a las instalaciones de saneamiento y se eviten fugas y derrames.

Con este proyecto se podrá reducir el riesgo de que los habitantes de Reynosa, TM, estén expuestos a las aguas residuales y se evite la contaminación de importantes cuerpos de agua, como es el río Bravo. El proyecto beneficiará a 73,513 hogares, aproximadamente, o a una población estimada en 266,853 habitantes. El proyecto también permitirá que un flujo de alrededor de 400 lps, que actualmente se bombea de la zona sur de la ciudad a la PTAR 1, en la zona norte, y luego se descarga sin tratamiento, sea bombeado directamente a la PTAR 2, en la misma zona sur, usando menos energía, ya que esta agua residual estará más cerca de la infraestructura de saneamiento.

Tabla 21. Obra por ejecutar con el proyecto y costo en dólares americanos, Reynosa, TM

Usos	Monto	%
Infraestructura de conducción y equipamiento*	\$ 1,350,413	8.6
Ampliación de capacidad (PTAR-2)	\$ 7,227,810	46.1
Construcción relacionada a las estaciones de bombeo 1 y 278	\$ 5,900,426	37.7
Contingencias	\$ 590,043	3.8
Supervisión	\$ 590,043	3.8
TOTAL	\$ 15,658,735 M.N.	100.0

Fuente: BDAN

Tabla 22. Estructura financiera del proyecto, Reynosa, TM

Fuente	Tipo	Monto	%
México	No reembolsable	\$ 8,578,223	54.8
BDAN-BEIF fondos para construcción	No reembolsable	\$ 7,080,512	45.2
TOTAL		\$ 15,658,735 M.N.	100

Fuente: BDAN

Del proyecto descrito anteriormente, puede informarse que ya están concluidas las inversiones y la infraestructura construida.

Problemática y soluciones

Como lo informamos anteriormente, la ciudad de Reynosa, TM, de acuerdo con los datos oficiales de CONAPO al año 2020, cuenta con una población de 758,119 habitantes, con una cobertura global del servicio de alcantarillado sanitario del 93 %, que representa una población de 705,050 habitantes que cuentan con este servicio, y 50,069 habitantes que representan el 7 % que no



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

cuentan con él. Por lo anterior, y con el propósito de ampliar la cobertura de tan importante servicio a las zonas que carecen de éste, se propone lo siguiente:

1. Elaboración del proyecto ejecutivo para la introducción del servicio de alcantarillado sanitario a las zonas que carecen de este.
2. Ampliación de la red de alcantarillado sanitario a las zonas sin servicio.

La ciudad de Reynosa, TM, cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, con una serie de tuberías de diferentes diámetros y materiales en una longitud de 1420 kilómetros, según información proporcionada por la COMAPA de esa ciudad, misma que considera redes de atarjeas, subcolectores, colectores, emisores y líneas de impulsión.

Considerando lo indicado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA (MAPAS, libro 4), la vida útil de elementos que forman la red de alcantarillado es de 15 a 30 años, colectores y emisores de 20 a 40 años, por lo que puede decirse que las zonas señaladas en el mapa cuentan con más de 45 años de antigüedad, de manera que ya rebasaron el período de vida citado por el MAPAS, y ello ocasiona que se presenten caídos en varias de las zonas, generando taponamientos y derrames de aguas negras en la vialidades de la ciudad, provocando molestia en la población y el riesgo de contraer enfermedades, además del daño que se pueda causar al medio ambiente. De lo anterior se determina que es necesario la sustitución de caídos de drenaje en una longitud aproximada de 13 kilómetros.

Asimismo, entre las deficiencias detectadas se tiene que faltan colectores, líneas de impulsión, pero sobre todo las redes de atarjeas; no se cuenta con información de cotas de brocal, plantillas y profundidades y algunas trayectorias están mal trazadas, tanto de colectores como de líneas de impulsión, además de que no están dibujadas las conexiones de los colectores y de las líneas de impulsión con las estaciones de bombeo que operan y las que están fuera de operación. Por otro lado, las estructuras principales no tienen las coordenadas físicas reales. En resumen el catastro no es confiable en trayectorias y en información de tuberías, por lo que es necesario que se lleve a cabo su actualización con base en datos reales obtenidos en campo, a fin de que sea confiable para estudios posteriores y para la toma de decisiones para los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los de rehabilitación y sustitución de infraestructura de alcantarillado.

A pesar de que en las últimas décadas se han construido subcolectores y colectores con material de PVC, todavía existen algunos kilómetros de tuberías que requieren ser sustituidos o aumentar el diámetro de sus tuberías, ya que estos se encuentran trabajando por encima de su capacidad de conducción. Para ello es necesario llevar a cabo los proyectos ejecutivos.

De igual forma, existen líneas de impulsión que conducen el agua residual recolectada de una estación de bombeo a pozos de visita, o a otras estaciones de bombeo y a los sitios de tratamiento, y en algunos casos ya han quedado por debajo de su capacidad, por lo que es necesario elaborar proyectos ejecutivos para su adecuación y construcción correspondiente.

Como lo informamos en páginas anteriores, el sistema de alcantarillado funciona en parte a gravedad y en otros casos se requiere de estaciones de bombeo para hacer llegar las aguas residuales hasta el sitio en donde se encuentran ubicadas las PTAR; en su gran mayoría las estaciones de bombeo se encuentran en regulares y malas condiciones, por lo que se requiere llevar



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

a cabo la sustitución de los equipos de bombeo por unos de mejor eficiencia y que sean adecuados a los requerimientos de gasto y carga, necesarios para su óptima operación.

En lo referente a las plantas de tratamiento, podemos decir que actualmente cumplen con la calidad de agua fijada en las condiciones particulares de descarga; sin embargo, es necesario que el organismo operador las opere a su máxima capacidad y les otorgue el mantenimiento necesario para que se conserven en condiciones de continuar descargando con los rangos de calidad exigidos por la normatividad vigente.

1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación

En el caso de la ciudad de Reynosa, TM, se han realizado Planes Maestros y Diagnósticos Integrales de Planeación (DIP 's), en los que se ha plasmado la pertinencia de la utilización y sobre todo la aplicación de los Manuales de Operación de la COMAPA Reynosa, por lo que es conveniente acompañarlos de un programa de incentivos que nos permitan establecer los programas de mejoras continuas para el beneficio del personal y del organismo operador, lo que redundará en una mejor atención a los usuarios del servicio de alcantarillado y saneamiento.

Sobre las políticas de operación, estas deberán ser encaminadas, de tal manera que pueda lograrse en el organismo operador una sustentabilidad económica, que le permita desarrollar manuales de procesos actualizados e implementar un sistema de administración estratégica, entre otros.

Cabe señalar que la COMAPA Reynosa cuenta con Manuales de Operación y Mantenimiento para el control y manejo de las estaciones de bombeo y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, mismos que son utilizados por el personal operativo del organismo; estos manuales son una guía general para la operación de las EBAR y de las PTAR, con el resultado de su buena y constante aplicación; se obtendrán las condiciones óptimas de funcionamiento de la infraestructura de saneamiento.

1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra

Las atarjeas, subcolectores, y colectores, incluidos en la cartera de proyectos, se instalarán en servidumbres y derechos de vía municipales; asimismo, se señala que las estaciones de bombeo, incluidas en el diagnóstico para su rehabilitación, se encuentran en terrenos propiedad de la COMAPA Reynosa.

De esta manera podemos señalar que, para llevar a cabo las obras y acciones enunciadas en el diagnóstico como requerimientos, no es necesario la adquisición adicional de terrenos, sólo solicitar a la autoridad municipal, en su momento, el permiso de construcción en la vía pública.

1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final

En relación con las condiciones de descarga del agua residual tratada de las plantas 1 y 2, puede decirse que estas descargas se realizan sin ningún problema al dren El Anheló y al canal Rodhe, respectivamente, además de que se cuenta con los permisos de descarga correspondientes.

1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento

En la COMAPA Reynosa no se cuenta con registros sistematizados y separados por rubros, que permitan definir o conocer los costos de operación y mantenimiento del sistema de saneamiento del organismo operador, sólo existe el reporte del costo anual del consumo de energía eléctrica en



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

el rubro de saneamiento del año 2019, que ascendió a 11.19 mdp, que es un costo muy representativo de la operación de la infraestructura.

1.2.6 Capacidades financieras del organismo

La COMAPA Reynosa, en su ficha técnica y administrativa que reporta a la CONAGUA, correspondiente al ejercicio 2019, indica que la facturación anual por los servicios que presta fue por 882.33 mdp, y el importe de lo recaudado fue por 674.43 mdp; por otra parte, los egresos en el mismo periodo fueron de un importe de 608.62 mdp, por lo que tuvo un saldo de 65.81 mdp, cantidad insuficiente para hacer frente a las necesidades de obras de rehabilitación o construcción de la infraestructura. De los datos observados podemos decir que existe un área de oportunidad para que la COMAPA se haga de más recursos, y esta es el aumento de su eficiencia comercial, con lo que podría atender al menos algunas de sus acciones más urgentes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2 El déficit de saneamiento en la región

2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura

2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales

De conformidad con el censo de población y vivienda, realizado por el INEGI en el año 2010, la ciudad de Reynosa, TM, contaba con una población de 589,466 habitantes, lo que representa el 18 % de la población total de Tamaulipas. Entre los años 2000 y 2010 tuvo una tasa promedio de crecimiento anual del 3.9 %, muy superior a la tasa promedio del país (1.8 %).

De acuerdo con la guía de política urbana del municipio, denominada La Visión de Reynosa 2030, en los últimos 35 años Reynosa, TM, ha triplicado su población, pero la superficie se ha multiplicado por cuatro. **Como consecuencia, se ha reducido la densidad de habitantes.** El crecimiento fragmentado ha dejado vacíos en el interior del área urbana que son oportunidades para acoger el crecimiento necesario. Los vacíos urbanos suponen una **superficie suficiente para absorber el crecimiento** demográfico hasta el 2030, por lo que la ciudad no necesita crecer hacia fuera.

Conforme al censo 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la población asentada en el municipio de Reynosa, TM, era del orden de 608,891 habitantes, y con la encuesta intercensal del 2015 la población en el municipio subió a 646,202 habitantes, lo que representó una tasa de crecimiento en ese periodo del 6.13 por ciento. Por otro lado, de acuerdo con las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), para el año 2020 la población de la ciudad de Reynosa, TM ascenderá a 707,935 habitantes.

Proyección de la población

Tabla 23. Población 2010-2020, Reynosa, TM

Método	2010	2020
Proyección CONAPO	589,466	707,935
Método aritmético	589,466	670,416
Método geométrico por porcentajes	589,466	719,847
Método geométrico logarítmico	589,466	719,434
Método Malthus	589,466	719,847
Método de incrementos diferenciales	589,466	695,160
Promedio	589,466	705,440
Adoptado PROMEDIO	589,466	707,935

Fuente: Datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional de Población (CONAPO), elaboración propia de proyección de población de los diferentes métodos

En zonas urbanas el consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios; se divide según su uso en: doméstico y no doméstico. Este consumo depende principalmente del clima, tipo de usuario y clase socioeconómica de los usuarios. El consumo doméstico medio de una clase socioeconómica puede presentar diferencias por diversas causas, entre las que sobresalen: la presión en la red, la intermitencia en el servicio, la suficiencia del abastecimiento de agua, la existencia de alcantarillado sanitario y el precio del agua.

Cuando el análisis se realiza para una red de distribución, preferentemente debe utilizarse información de usuarios por tipo de toma y sus respectivos consumos; la obtención del consumo se realiza a través de un análisis de los consumos del organismo operador, considerando las tomas con



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

medición y sin tandeo, ya que representa el agua que la población está dispuesta a consumir a la tarifa actual.

Para la ciudad de Reynosa, TM se consideró la dotación de agua potable 350 l/hab/día. Considerando que el agua residual que se genera corresponde al 75 % de la demanda de agua potable, de acuerdo con las recomendaciones del IMTA.

Tabla 24. Agua potable y descarga de aguas residuales generadas 2010-2020 Reynosa, TM

Localidad	2010		2020	
	Gasto medio	Gasto descarga	Gasto medio	Gasto descarga
Reynosa	2,387.88 l/s	1,790.91 l/s	2,857.69 l/s	2,143.26 l/s

Fuente: elaboración Propia

Como hemos señalado, la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR's), con una capacidad instalada de 1752 lps; comparando esta capacidad instalada con el gasto de descarga, calculado para el año 2020, se deduce que para cubrir el 100 % del servicio de tratamiento de las aguas generadas por la población se presenta un déficit en la capacidad instalada de 391 lps. Cabe mencionar que este déficit es considerando al 100 % de la población servida con ese servicio.

Por otro lado, es conveniente mencionar la información que se tiene publicada por parte del Registro Público de Derechos de Agua REPD, sobre el volumen de explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y descarga de aguas residuales con que cuenta la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Reynosa, TM, misma que se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 25. Aprovechamiento de las aguas nacionales y descarga de aguas residuales, Reynosa, TM

Título de concesión/asignación	Fecha de registro	Volumen de aprovechamiento (m ³ /año)	Volumen de descarga (m ³ /día)	Observaciones
6TAM100226/24HADA16	18/Jun/1996	48'400,000	83,376	Concesión de aguas superficiales y permiso de descarga.
06TAM156116/24HMDA16	21/Ene/2019	788,400		Concesión de aguas subterráneas.
06TAM156118/24HMDA16	21/Ene/2019	378,432		Concesión de aguas subterráneas.
06TAM156100/24HMDA16	21/Ene/2019	1'261,440		Concesión de aguas subterráneas.
06TAM156105/24HMDA16	21/Ene/2019	693,792		Concesión de aguas subterráneas.
06TAM156108/24HMDA16	21/Ene/2019	946,080		Concesión de aguas subterráneas.
06TAM156112/24HMDA16	21/Ene/2019	473,040		Concesión de aguas subterráneas.
06TAM156102/24HMDA16	21/Ene/2019	2'049,840		Concesión de aguas subterráneas.
Total		54'991,024 (1743.7 lps)	83,376 (965.0 lps)	

Fuente: elaboración propia con información del REPD

De lo anterior se observa que el volumen de explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y descarga de aguas residuales concesionados o asignados, es inferior a lo que el



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

organismo operador está explotando o aprovechando y al volumen que está descargando de sus sistemas de tratamiento, por lo que no se está cumpliendo sobre este punto, respecto a lo que se establece en la Ley de Aguas Nacionales, en el artículo 119, fracciones III y VIII.

ARTÍCULO 119 de la Ley de Aguas Nacionales: La autoridad del agua sancionará, conforme a lo previsto por esta ley, las siguientes faltas:

III. Explotar, usar o aprovechar aguas nacionales en volúmenes mayores a los autorizados en los títulos respectivos o en las inscripciones realizadas en el Registro Público de Derechos de Agua;

VIII. Explotar, usar o aprovechar aguas nacionales sin el título respectivo, cuando así se requiere en los términos de la presente ley;

Por lo expuesto anteriormente, es sumamente importante que la COMAPA realice las gestiones necesarias ante el Organismo de Cuenca Río Bravo de la CONAGUA para regularizar esta situación.

2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales

Para el presente estudio de Gran Visión se estableció un horizonte de planeación de 30 años y se consideran los volúmenes de aguas residuales generados actualmente, los derechos de agua, las extracciones reales (de acuerdo con los registros), el incremento en el reúso de las aguas residuales tratadas y la disponibilidad actual y futura de agua, con base en las predicciones asociadas al cambio climático.

Con la información analizada se inferirá el comportamiento de las aportaciones de aguas residuales al sistema de saneamiento de la ciudad de Reynosa, TM, a 10, 20 y 30 años (a los años 2030, 2040 y 2050). Con el propósito de determinar la proyección de la población de Reynosa, TM, se estimaron las tasas de crecimiento en función de la proyección de población, emitidas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) al año 2030. Para calcular la población del 2031 al 2050 se consideró la tendencia de crecimiento poblacional del período, publicado por CONAPO.

Adicional a lo anterior, se estimó la proyección de población con base en los censos y conteos de población y vivienda de los años 2000 y 2010, publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), aplicando cinco métodos estadísticos: aritmético, geométrico por porcentajes, geométrico logarítmico, Malthus y de incrementos diferenciales, considerándose el promedio de los métodos para aplicarlo en la determinación de la demanda futura de saneamiento.

Tabla 26. Proyección de población 2010-2050, Reynosa, TM

Método	2010	2020	2030	2040	2050
Proyección CONAPO	589,466	707,935	788,129	846,020	886,534
Método aritmético	589,466	670,416	751,366	832,316	913,266
Método geométrico por porcentajes	589,466	719,847	850,229	980,610	1,110,992
Método geométrico logarítmico	589,466	719,434	878,057	1,071,654	1,307,936
Método Malthus	589,466	719,847	879,067	1,073,505	1,310,949
Método de incrementos diferenciales	589,466	695,160	825,597	980,777	1,160,700
Promedio	589,466	705,440	828,741	964,147	1,115,063
Adoptado PROMEDIO	589,466	705,440	828,741	964,147	1,115,063

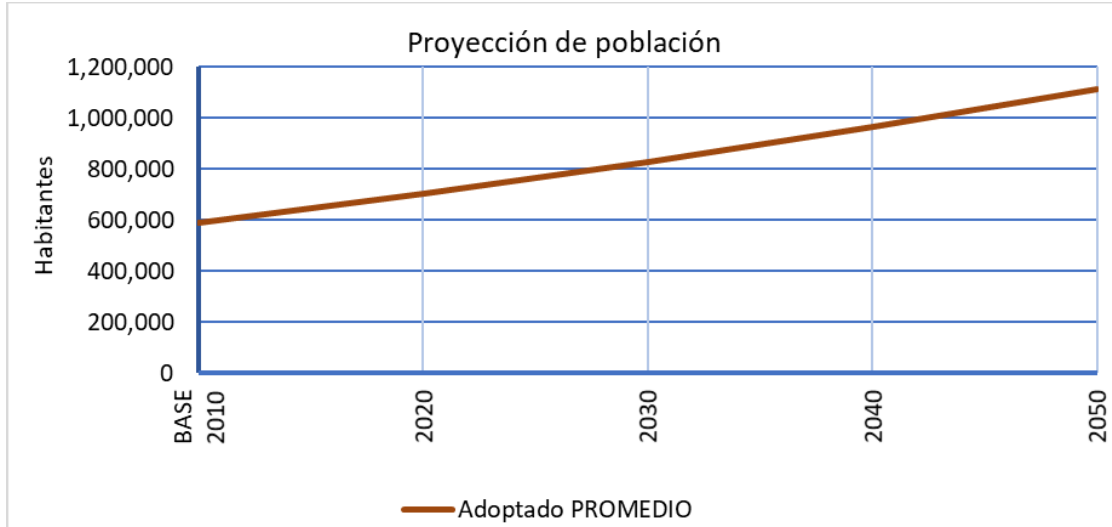
Fuente: Datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Comisión Nacional de Población (CONAPO). Elaboración propia, proyección de población por los diferentes métodos



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

A continuación se presenta una tabla donde pueden observarse los resultados de cada uno de los métodos citados, y la población en períodos de 10 años, a partir del año 2010.

Ilustración 15. Proyección de población 2010-2050, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

Con el objeto de llevar a cabo el diseño, resulta fundamental determinar la demanda futura al período del estudio, la cual se calcula con base en los consumos de las diferentes clases socioeconómicas, las demandas de acuerdo con la actividad comercial, industrial, etcétera. Para la estimación de la demanda debe considerarse lo siguiente: la proyección del volumen doméstico total se realiza multiplicando los valores de las proyecciones de población de cada clase socioeconómica (de ser el caso), por sus correspondientes consumos per cápita para cada año, dentro del periodo de proyecto. El número de tomas a lo largo del tiempo tendrá congruencia con el crecimiento determinado por CONAPO para la población. Este mismo criterio es aplicable a poblaciones rurales.

Para el caso de la localidad de Reynosa, TM, se determinó considerar una dotación de agua potable de 350 l/hab/día.

Para la determinación del gasto de aguas residuales que se producirá al año de estudio, debe considerarse que este gasto corresponde al 75 % de la demanda de agua en el año considerado en el estudio que, en este caso, es a los años 2030, 2040 y 2050; el 25% restante del agua se considera que no llega al sistema de recolección de aguas residuales.

Tabla 27. Demanda futura de saneamiento de aguas residuales 2010-2050, Reynosa, TM

2020		2030		2040		2050	
Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales
2,857.69 l/s	2,143.26 l/s	3,357.17 l/s	2,517.88 l/s	3,905.69 l/s	2,929.27 l/s	4,517.04 l/s	3,387.78 l/s

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Después de haber realizado el cálculo del gasto de descarga a los períodos del presente estudio, mismo que se plasmó en la tabla anterior, podemos concluir que para el año 2050 se requerirá infraestructura de saneamiento para 3,387.78 litros por segundo que, comparada con la capacidad instalada actual, que es de 1750 litros, se necesitaría construir sistemas de tratamiento por 1,637.78 litros por segundo, lo que permitiría dar el tratamiento a las aguas residuales generadas por el 100 % de la población a ese año.

2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales

En la ciudad de Reynosa, TM existe una gran cantidad de colectores, que van desde 61 a 122 centímetros de diámetro; sin embargo, los colectores principales son los que conducen las aguas residuales a las estaciones de bombeo que hacen llegar el agua a las plantas de tratamiento, por lo que en este caso nos vamos a referir a ellos.

Área de influencia o cuenca de la PTAR 1; a esta planta llegan las aguas residuales de las EBAR 1, 4, 10 y 13.

A la EBAR 1 se conducen las aguas residuales por tuberías de 76 centímetros, por donde se pueden conducir 270 litros por segundo con una velocidad de 0.6 m/s.

A la EBAR 4 llegan las aguas residuales a través de un colector de 122 centímetros que puede conducir un gasto de 700 lps a una velocidad de 0.6 m/s.

A la EBAR 10 llegan colectores de 76 y 122 centímetros que pueden conducir gastos de 227 y 700 lps, respectivamente.

Por último, a la EBAR 13 llega un colector de 45 centímetros de diámetro que conduciría un gasto de 57 lps

De lo anterior podemos concluir que para la cuenca de la PTAR 1, puede conducirse un gasto muy superior a la capacidad (1000 lps) de la citada planta, por lo que no se requeriría ampliar la capacidad de estos colectores.

En lo que se refiere a la cuenca de la PTAR 2, a futuro se requerirá reforzar los colectores de la EBAR 22 a 76 centímetros, y para la EBAR 30 a 122 centímetros.

Como ya lo hemos informado, para satisfacer la demanda actual de tratamiento se requiere ampliar la capacidad actual, que es de 1752 litros por segundo, en 391 litros por segundo, y a futuro (2050) será necesario aumentar en 1635 litros lo que se cuenta en este momento, para lo cual es necesario llevar a cabo los proyectos ejecutivos para la construcción de la nueva PTAR 3, que será ubicada en terrenos de la COMAPA, localizados al noreste de la ciudad de Reynosa, TM. El proyecto incluirá las nuevas estaciones de bombeo, así como los colectores y líneas a presión necesarios para hacer llegar el agua residual al nuevo sitio de tratamiento.

2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales

Como lo hemos comentado anteriormente, la COMAPA Reynosa cuenta con dos principales plantas de tratamiento de aguas residuales que, en conjunto, tienen una capacidad de tratamiento de 1750 litros por segundo; las aportaciones a cada una de ellas se realizan de la siguiente manera:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

A la PTAR llegan las aguas provenientes de las EBAR 1, 4, 10 y 13; de estas estaciones podemos mencionar que la EBAR 1 actualmente se encuentra en proceso de rehabilitación total, a través de un contrato de obra pública de la COMAPA Reynosa por 4.11 millones de dólares, financiado por el Banco de Desarrollo de América del Norte; de igual forma, la EBAR 4, fue rehabilitada por la COMAPA, para lo cual realizó dos contratos de obra pública en los años 2018 y 2019 por un total de 32.91 millones de pesos, más IVA. En lo que se refiere a la EBAR 10, que es la más grande, no vemos la conveniencia de hacer propuestas de modificación, ya que parte del agua que llega de esta estación deberá ser conducida hacia un nuevo sitio de tratamiento (planta 3), que puede ser en terrenos de la COMAPA, situados al noreste de la ciudad de Reynosa, TM, hacia donde, al realizarse el proyecto ejecutivo, se tendrían que construir nuevas estaciones de bombeo de aguas residuales.

En cuanto a la PTAR 2 podemos comentar que esta recibe agua residual de tres cuencas principales: de las EBAR 22 y 30, y una tercera a gravedad. Como lo hemos informado, en 2016 fue certificado un proyecto de alcantarillado y saneamiento, por parte del Banco de Desarrollo de América del Norte BDAN, en donde se incluyó la ampliación de la PTAR 2, de 250 a 750 litros por segundo, y donde también se consideraron las mejoras a las estaciones de bombeo 22 y 30, por lo que no es necesario llevar a cabo modificaciones a estas EBAR, en cuanto al aumento de capacidades. Para el futuro deberá realizarse el proyecto ejecutivo correspondiente, ya que es posible que exista la necesidad de construir nuevas estaciones de bombeo de aguas residuales en la zona de influencia de la PTAR 2, debido a que esta planta puede crecer hasta 1250 litros por segundo de capacidad.

2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento

La ciudad de Reynosa, TM, actualmente cuenta con una capacidad instalada de tratamiento de aguas residuales de 1752 litros por segundo, de acuerdo con la tabla siguiente.

Tabla 28. Capacidad instalada de tratamiento, Reynosa, TM

PTAR	SISTEMA DE TRATAMIENTO	CAPACIDAD INSTALADA (LPS)
1	Lagunas de oxidación y lodos activados convencionales	1,000
2	Filtros percoladores	750 (Con la ampliación de 500 lps)
Pirámides	Lodos activados	2
Total		1,752

Fuente: elaboración propia con información de COMAPA Reynosa

Por otro lado, se realizó el cálculo de las necesidades de infraestructura de saneamiento de la ciudad de Reynosa, TM, para los años 2020, 2030, 2040 y 2050, lo cual puede observarse en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla 29. Requerimiento de tratamiento actual y futuro de Reynosa, TM

2020		2030		2040		2050	
Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales
2,857.69 l/s	2,143.26 l/s	3,357.17 l/s	2,517.88 l/s	3,905.69 l/s	2,929.27 l/s	4,517.04 l/s	3,387.78 l/s

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

De las dos tablas anteriores podemos concluir que para dar el servicio de tratamiento al 100 por ciento del agua residual generada por los habitantes de Reynosa, TM, tenemos que para el año 2020 se requiere una capacidad instalada de plantas de tratamiento de 2,143.26 litros por segundo; sin embargo solo se cuenta con una capacidad de 1752 litros en las tres plantas existentes, por lo que podemos decir que actualmente se tiene un déficit de 391.25 litros por segundo. Por otro lado, observamos que para el año de este estudio, que es al 2050, se tendrán requerimientos de infraestructura de saneamiento por un gasto de 3,387.78 litros por segundo, por lo que para ese año tendríamos que aumentar la capacidad instalada en 1,635.78 litros por segundo.

2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso

En la actualidad el reúso de aguas residuales tratadas más ampliamente, utilizado en México, es para riego agrícola; sin embargo, los diferentes tipos de reúso urbano e industrial que requieren agua regenerada de alta calidad, similar o mejor que la calidad del agua potable, adquieren cada vez mayor importancia. En estos casos, la tecnología de tratamiento de las aguas residuales municipales debe incluir procesos avanzados, con el propósito de remover del agua constituyentes específicos y acondicionar la calidad del agua regenerada a la requerida para el uso deseado. De lo anterior deducimos que debemos estudiar detalladamente el uso más conveniente que debe darse al agua residual tratada, para que las exigencias de la calidad en el reúso no sean tan onerosas para el organismo operador, o que, al realizar la negociación con los posibles clientes de esta agua residual tratada, se considere el costo del tratamiento, para que este sea compensado.

En el caso de la ciudad de Reynosa, TM, el agua residual tratada de la planta 1 descarga al dren El Anhelito y posteriormente al río Bravo, por lo que es conveniente que la COMAPA realice las gestiones y negociaciones necesarias para lograr acuerdos para su utilización en la rama agrícola, industrial, municipal (riego de áreas verdes), el intercambio por agua de primer uso, etcétera, de tal forma que a esta agua residual tratada se le dé el mayor reúso posible.

La planta 2, una vez que le da tratamiento al agua residual, vierte el agua al canal Rodhe, a través del cual se le da un reúso en el sector agrícola; sin embargo, no existe negociación alguna con los usuarios para que el organismo operador de Reynosa, TM, obtenga algún beneficio por el agua que descarga y es utilizada en el riego agrícola. Considerando lo expuesto anteriormente, pensamos que es conveniente que la COMAPA lleve a cabo negociaciones con los usuarios agrícolas, con el fin de lograr el intercambio de agua residual tratada por agua de primer uso, lo que le permitirá al organismo operador contar en sus asignaciones con más volumen de agua, necesaria para la ciudad de Reynosa, TM.

El agua residual tratada en la planta de tratamiento Pirámides, cuya capacidad es de 2 lps, descarga al canal Rodhe, con un volumen mínimo.

Los tipos de reúso más comunes son el aprovechamiento del agua tratada en actividades agrícolas, industriales, recreativas y recarga de acuíferos.

La agricultura requiere mayor cantidad de agua que otros usos, como el doméstico o el industrial; sin embargo, para el uso de aguas residuales deben considerarse aspectos de calidad, con el fin de evitar riesgos a la salud pública, principalmente en lo que se refiere a sus características microbiológicas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para actividades industriales que requieren grandes cantidades de agua, con una calidad no tan alta, pueden usarse aguas residuales municipales tratadas, permitiendo así la disminución del consumo de agua de primer uso. En algunas industrias el reúso del agua puede ser directo de las plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales. En otros casos puede necesitarse un tratamiento adicional, con el objeto de obtener una mejor calidad del agua o con especificaciones más rigurosas.

Reúso urbano. Existen actividades donde se puede utilizar el agua residual tratada, como el uso en sanitarios, lavado de pisos y riego de jardines que no requieren agua de calidad potable. Estos usos representan aproximadamente el 30 por ciento del consumo doméstico.

De lo expuesto anteriormente, concluimos que el organismo operador debe llevar a cabo acciones inmediatas para realizar un estudio de mercado en forma detallada que le permita conocer a los posibles consumidores de aguas residuales que trata actualmente, así como las calidades que debe de reunir el agua, con la finalidad de realizar los proyectos ejecutivos de las nuevas plantas de tratamiento que se deban construir para cubrir la capacidad de tratamiento necesario, y que le permita la toma de decisiones en ese sentido, considerando la falta de disponibilidad del recurso en esa zona del país y la necesidad de la COMAPA de contar con más volumen de agua concesionada para cubrir la demanda actual y futura de la población de Reynosa, TM.

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

2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil

Los sistemas de alcantarillado sanitario son los encargados de conducir las aguas servidas o aguas residuales, producto de las actividades humanas, tales como usos domésticos, comercio, industrias y servicios, a su destino final. El sistema de alcantarillado requiere atención y revisiones periódicas, ya que cumple una función primordial para la salud y bienestar de los centros poblacionales. Fallas causadas por falta de mantenimiento pueden elevar considerablemente los costos de operación. La operación correcta de un alcantarillado sanitario se lleva a cabo con un mantenimiento permanente de las instalaciones comunes, mecánicas y electromecánicas, para lograr la eficiencia máxima de los recursos invertidos diariamente. Para lograr dar a la infraestructura de la red de alcantarillado una operatividad eficiente y un óptimo mantenimiento preventivo, los operadores del sistema deben contar con toda la información disponible, principalmente los planos de diseño, y estar capacitados para su correcta interpretación en gabinete y en campo.

Como se mencionó en el punto 1.1.1.2, la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario con una serie de tuberías de diferentes diámetros y materiales, con una longitud de 1420 kilómetros, según información proporcionada por la COMAPA de esa ciudad, la cual considera redes de atarjeas, subcolectores, colectores, emisores y líneas de impulsión; la red de atarjeas recolecta el agua residual desde la descarga domiciliaria y, a través de los subcolectores y colectores que van interceptando las redes de atarjeas, conduce el agua residual, en la mayoría de los casos, hasta las estaciones de bombeo, para de ahí llevarlas hasta el sitio de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales 1 y 2, para posteriormente descargar en el lugar de disposición final: dren El Anheló y canal Rodhe, respectivamente.



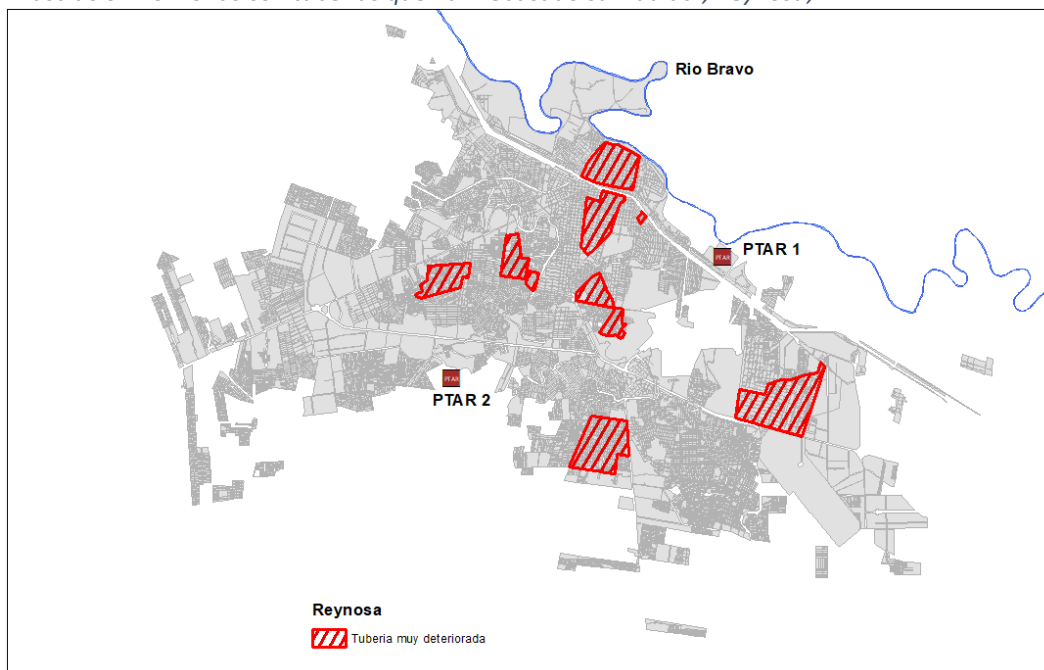
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Considerando lo indicado en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA (MAPAS, libro 4), la vida útil de elementos que forman la red de alcantarillado es de 15 a 30 años, colectores y emisores de 20 a 40 años; por lo que puede decirse que las zonas en donde existen tuberías que cuentan con más de 45 años de antigüedad ya han rebasado el período de vida citado por el Mapas, lo que está ocasionando que se presenten caídos en varias de estas zonas, generando taponamientos y derrames de aguas negras en la vialidades de la ciudad.

De lo descrito anteriormente puede señalarse que a pesar de las inversiones que se realizan, por parte de los gobiernos, federal, estatal, municipal, y la propia COMAPA Reynosa, estas no son suficientes para atender las necesidades de sustitución de tuberías, principalmente de concreto en diferentes diámetros que han llegado al término de su vida útil; por tal motivo, actualmente se presentan caídos de drenaje que requieren ser atendidos en forma inmediata.

Por otro lado, podemos mencionar que, de acuerdo con la edad de las tuberías, señalada en párrafos anteriores, también existen un poco menos de 300 kilómetros de tuberías de concreto muy antiguas que en breve comenzarán con problemas de caídos, por lo que es importante considerar su sustitución dentro de los programas de inversión inmediatos, en donde deben conjuntarse recursos de los tres órdenes de Gobierno.

Ilustración 16. Zonas con tuberías que han rebasado su vida útil, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia con información de COMAPA

Asimismo, es necesario llevar a cabo los proyectos ejecutivos y las obras correspondientes que permitan al organismo operador incrementar la cobertura del servicio de alcantarillado sanitario, ya que existen zonas con importante población que carecen de este importante servicio.

Los colectores que conforman el sistema de alcantarillado residual de la ciudad de Reynosa, TM, están constituidos por tuberías con diámetros que van desde 61 hasta 122 cm, con una longitud



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

superior a 126 kilómetros, de los cuales en su gran mayoría son de PVC o de PEAD; sin embargo existen todavía cerca de 30 kilómetros de tuberías de concreto que es necesarios sustituir, debido a que han cumplido su vida útil, por lo que algunos de ellos presentan corrosión en las claves de las tuberías.

Ilustración 17. Red de colectores en Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia COMAPA

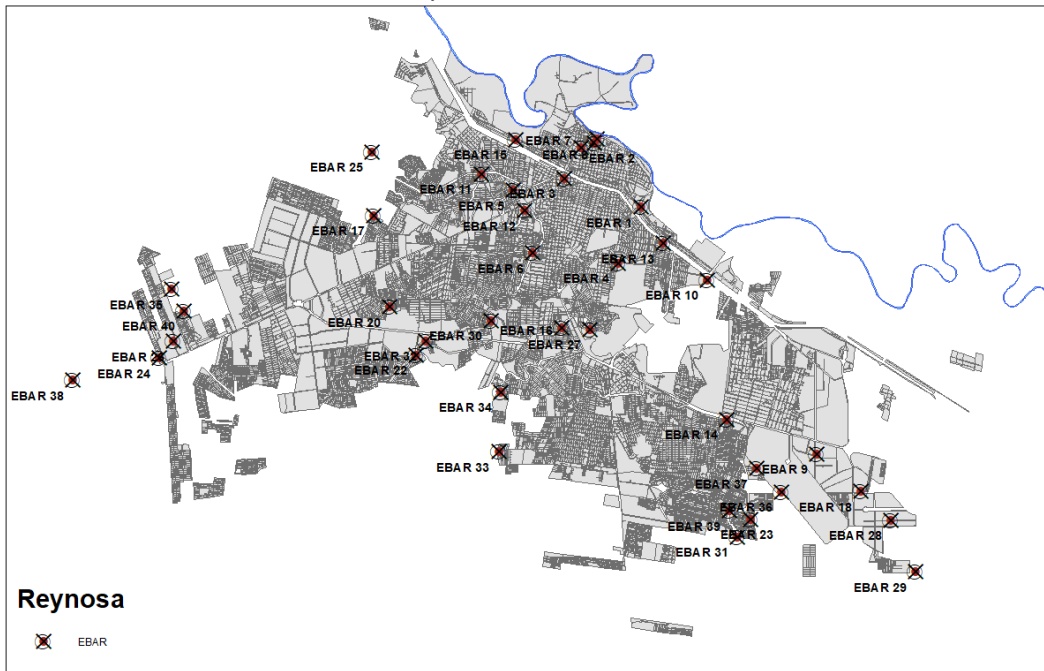
El sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa, TM cuenta con ocho cuencas principales, de las cuales cuatro de ellas (EBAR 1, 4, 10 y 13) descargan en la macrocuenca de la PTAR 1; tres cuencas (EBAR 22, 30 y una a gravedad), descargan en la macrocuenca de la PTAR 2, y la cuenca Pirámides que descarga en la macrocuenca de la PTAR Pirámides.

Como ya se mencionó, el sistema de alcantarillado sanitario requiere una gran cantidad de estaciones de bombeo para elevar el agua hasta un pozo de visita, a partir del cual el agua fluya por gravedad y, en otros casos, para descargarla a las plantas de tratamiento. En la actualidad cuentan con 41 estaciones de bombeo (EBAR), algunas de las cuales no se encuentran operando de manera constante.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 18. Ubicación EBAR's en Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

A partir de la información recabada en relación con las EBAR, puede establecerse que en las estaciones de bombeo de aguas residuales sólo se encuentran instalados y operando aproximadamente el 50 % de los equipos que se requieren y para los cuales están construidas las EBAR citadas, situación que resulta ser aún más grave porque lo descrito anteriormente también ocurre en las principales estaciones que envían el agua residual recolectada hasta los sitios de tratamiento.

Este problema, como lo es la falta de equipos en las estaciones de bombeo, representa uno de los mayores desafíos que tiene el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales, ya que resulta imposible desalojar el gasto máximo instantáneo y máximo extraordinario, y en algunos casos hasta el gasto medio de aguas residuales que llegan a las EBAR, teniendo que desfogarlas sin ningún tratamiento a los canales de riego y drenes afluentes del río Bravo,

En mayo del 2016 fue certificado por el Banco de Desarrollo de América del Norte un proyecto de alcantarillado y saneamiento para la ciudad de Reynosa, TM, con la finalidad de recibir apoyo financiero de recursos no reembolsables para su ejecución, por parte de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA.

Dentro de dicho proyecto se consideró la construcción de la estación de bombeo 278 (88 lps), la rehabilitación de la estación de bombeo N.º1 (360 lps), el mejoramiento de las estaciones de bombeo EB-30 (600 lps) y EB-22 (200 lps).

El desmantelamiento de tres estaciones de bombeo (2, 7 y 8), ya que estas serían sustituidas por una sola, la estación 278.



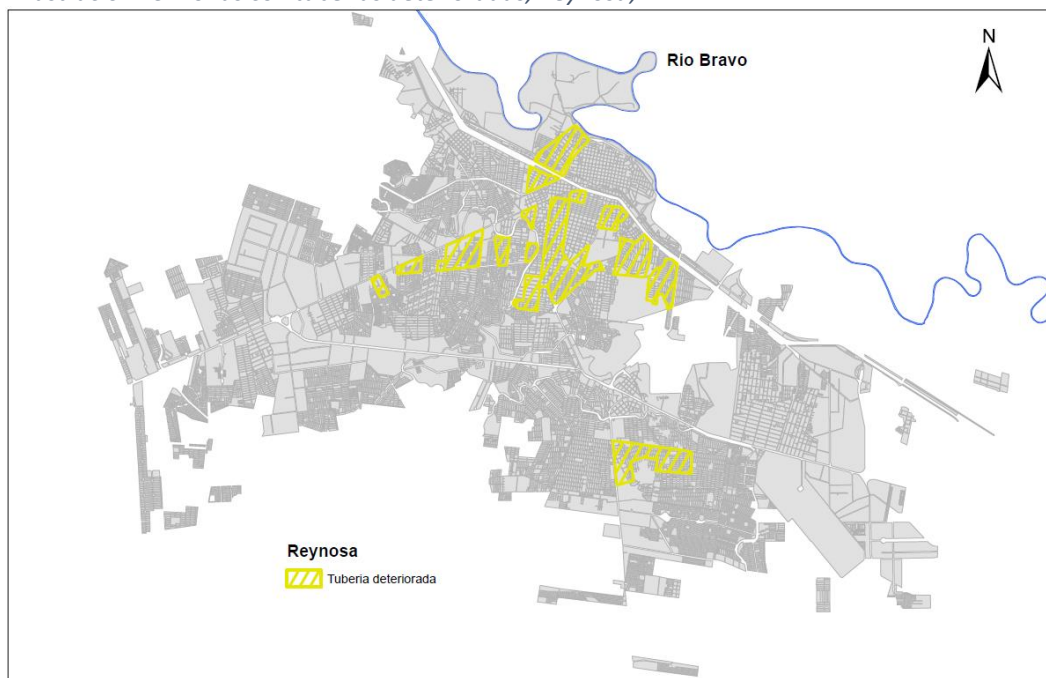
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

De lo anterior puede informarse que sólo se ha concluido el mejoramiento de las EBAR 30 y 22, quedando pendiente de terminar la rehabilitación de la EBAR 1 y la rehabilitación de la EBAR 278, que han cumplido con su vida útil, así como el desmantelamiento de las estaciones 2, 7 y 8, una vez concluida y puesta en marcha la estación 278. Cabe señalar la urgencia de la terminación de los trabajos, ya que con ello se garantizará el envío del agua residual generada en estas cuencas hasta el sitio de tratamiento que, en el caso de estas dos últimas estaciones, es la PTAR 1.

2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada

En lo referente a la red de alcantarillado sanitario, podemos mencionar que la COMAPA Reynosa, a través de los diferentes programas con participación federal y estatal, ha estado llevando a cabo obras de sustitución de tuberías que están ya deterioradas; sin embargo, estas inversiones no han sido suficientes para hacer el reemplazo de todas las tuberías que así lo requieren, por lo que a la fecha más de 200 kilómetros de tuberías se encuentran en mal estado o deterioradas, principalmente las de concreto, las cuales requieren de inversiones importantes, porque de no llevarse a cabo su sustitución, los caídos se presentarán con mayor frecuencia, lo que conllevará a la prestación de un mal servicio de recolección de las aguas residuales.

Ilustración 19. Zonas con tuberías deterioradas, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia con información de COMAPA

A pesar de que en las últimas décadas se han construido subcolectores y colectores con material de PVC, todavía existen tuberías de subcolectores y colectores que requieren ser sustituidas o bien aumentar su diámetro, ya que están trabajando por encima de su capacidad de conducción; para ello es necesario llevar a cabo los proyectos ejecutivos para tal fin.

Como lo informamos en páginas anteriores, el sistema de alcantarillado funciona en parte a gravedad, y en otros casos se requiere de estaciones de bombeo para hacer llegar las aguas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

residuales hasta el sitio en donde están ubicadas las PTAR; en su gran mayoría las estaciones se encuentran en regulares y malas condiciones, por lo que se requiere realizar los proyectos ejecutivos que permitan llevar a cabo la sustitución de los equipos de bombeo por unos de mejor eficiencia y adecuados a las necesidades de gasto y carga, para su óptima operación.

Por otro lado, es importante informar que no se cuenta con infraestructura de alcantarillado, y alguna con la que se cuenta no es confiable, como, por ejemplo colectores y líneas de impulsión, pero sobre todo las redes de atarjeas, además hay información de cotas de brocal, plantillas y profundidades, algunas trayectorias están mal trazadas, tanto de colectores como de líneas de impulsión; no están dibujadas las conexiones de los colectores y líneas de impulsión con las estaciones de bombeo que operan y las que están fuera de operación; por otro lado, las estructuras principales no tienen las coordenadas físicas reales. En resumen, el catastro no es confiable en trayectorias y en información de tuberías, por lo que es necesario actualizarlo con base en datos reales obtenidos en campo, a fin de que sea confiable para estudios posteriores y la toma de decisiones para los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los de rehabilitación y sustitución de la infraestructura de alcantarillado.

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

En cuanto a las estaciones de bombeo de aguas residuales, se han tomado acciones para sustituir algunas de ellas, ya sea a través de compromisos adquiridos con la certificación de proyectos por el Banco de Desarrollo de América del Norte BDAN, como es el caso que se menciona a continuación:

Como lo informamos en el apartado 2.2.1, en mayo del 2016 fue certificado por el Banco de Desarrollo de América del Norte un proyecto de alcantarillado y saneamiento para la ciudad de Reynosa, TM, con la finalidad de recibir apoyo financiero de recursos no reembolsables para su ejecución, por parte de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA.

El proyecto consistió en la ampliación de la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, que da servicio a la zona sur de la ciudad de Reynosa, TM, cuya capacidad en ese tiempo era de 250 litros por segundo, mediante la construcción de dos módulos de tratamiento de 250 litros cada uno, así como la construcción de la estación de bombeo 278 y la rehabilitación de la estación de bombeo 1, en la zona norte de Reynosa, TM.

El propósito del proyecto es proporcionar un mejor acceso a servicios sustentables, en el rubro de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, con la ampliación de la capacidad de la PTAR 2, la construcción de la estación de bombeo 278, y la rehabilitación de la estación de bombeo 1, para reducir el riesgo de descargas de aguas residuales sin tratamiento o con tratamiento inadecuado, y mejorar la calidad de las descargas del efluente a los cuerpos receptores.

El proyecto incluyó las siguientes acciones:

- Infraestructura de alcantarillado sanitario, que incluye construcción de la estación de bombeo 278 (88 lps); la rehabilitación de la estación de bombeo 1 (360 lps), y el mejoramiento de las estaciones de bombeo de la PTAR 2 (EB-30 (600 lps) y EB-22 (200 lps).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Aumento de la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales 2 (PTAR 2), que consiste en dos módulos de tratamiento, tipo filtros rociadores, con capacidad para tratar 250 lps, cada uno, con lo que se aumentaría su capacidad de 250 a 750 lps.
- Desmantelamiento de tres estaciones de bombeo: 2, 7 y 8.
- La ciudad de Reynosa, TM contaba hasta antes de este proyecto con una capacidad de tratamiento de aguas residuales de 1250 lps, en dos plantas de tratamiento, denominadas PTAR 1, la cual da servicio al sector norte, y PTAR 2, que sirve al sector sur de la ciudad, con capacidades de 1000 y 250 lps, respectivamente. En esa fecha las aguas residuales de la ciudad de Reynosa, TM, ya excedían la capacidad de tratamiento, lo que ocasionaba la descarga al río Bravo sin tratamiento o con tratamiento inadecuado.

Aunado a la falta de capacidad de saneamiento, las estaciones de bombeo 1, 2, 7, y 8, de la zona norte de la ciudad, habían excedido su vida útil, presentando fugas y problemas recurrentes que derivan igualmente en descargas de aguas residuales crudas al río Bravo. Hoy el proyecto certificado permitirá consolidar las estaciones de bombeo 2, 7 y 8 en una sola estación de bombeo (278) y rehabilitar la estación 1, además de mejorar las estaciones de bombeo de la PTAR 2 (30 y 22), de manera que el agua residual pueda ser conducida de forma segura a las instalaciones de saneamiento y se eviten fugas y derrames.

Con este proyecto se podrá reducir el riesgo de que los habitantes de Reynosa estén expuestos a las aguas residuales y se podrá evitar la contaminación de importantes cuerpos de agua, como lo es el río Bravo. El proyecto permitirá que un flujo aproximado de 400 lps, que actualmente se bombea de la zona sur de la ciudad a la PTAR 1, en la zona norte, y luego la descarga sin tratamiento, se vaya bombeado directamente a la PTAR-2, en la misma zona sur, usando menos energía, ya que esta agua residual estará más cerca de esta infraestructura de saneamiento.

Del proyecto descrito puede informarse que a la fecha quedan pendientes de concluir las acciones de construcción de la EBAR 278, y la rehabilitación de la EBAR 1, contratadas por la COMAPA Reynosa y financiadas por el BDAN.

Por otro lado, en los 2018 y 2019 la COMAPA Reynosa, a través de los programas federales PROSANEAR Y PRODDER, llevó a cabo la contratación de los trabajos para la rehabilitación de la EBAR 4, con un importe global de 32.92 mdp, con lo que esta estación de bombeo garantizaría su operación en forma regular para el envío del agua residual de su zona de influencia hasta el sitio de tratamiento, que es la PTAR 1.

Como hemos observado, en los últimos años se han realizado inversiones en algunas de las EBAR principales; sin embargo, se requiere seguir invirtiendo en el resto para poder garantizar el envío del agua residual al lugar de tratamiento, para lo cual, como se ha expresado anteriormente, es necesario llevar a cabo los proyectos ejecutivos correspondientes.

En lo que se refiere a la capacidad de tratamiento, hemos informado que la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR, de las cuales la COMAPA opera dos de ellas, la PTAR 1 y la PTAR 2, con capacidades de tratamiento de 1000 y 750 litros por segundo, respectivamente, que en conjunto dan un gasto total de tratamiento de 1750 litros por segundo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Adicionalmente, existe al sureste de la ciudad una pequeña planta de tratamiento, conocida con el nombre de Pirámides, la cual tiene una capacidad de 2 l/s.

Tabla 30. Información de las PTAR existentes en Reynosa, TM

Nombre de la PTAR	Operado por	Tipo	Estatus	Año de construcción	Capacidad total de la planta L/s	Capacidad actual de la planta L/s	Cuerpo receptor
PTAR 1, Nuevo Tamaulipas	COMAPA	Lagunas de oxidación/lodos activados convencionales	En operación	1970 2008	1,000	1,000	Descarga al canal El Anhele
PTAR 2, Puerta del Sol	COMAPA	Filtros percoladores	En operación	2004	750	250	Descarga al dren Santa Anita
PTAR Las Pirámides	—	Mecanizada, lodos activados	En operación		2	2	Descarga al canal Rodhe

Fuente: COMAPA Reynosa

Tabla 31. Agua potable y descarga de aguas residuales generadas 2010-2020 Reynosa, TM

Localidad	2010		2020	
	Gasto medio diario (Qm)	Gasto descarga	Gasto medio diario anual (Qm)	Gasto descarga
Reynosa	2,387.88 l/s	1,790.91 l/s	2,857.69 l/s	2,143.26 l/s

Fuente: elaboración propia

De las tablas anteriores tenemos que la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con una capacidad instalada de 1752 lps, que comparada con el gasto de descarga, calculado para este año 2020 (2143 lps), se deduce que para cubrir el 100 % del servicio de tratamiento de las aguas generadas por la población, existe un déficit de 391 lps, por lo que se requiere llevar a cabo en forma inmediata los proyectos ejecutivos para realizar las obras necesarias para cubrir el déficit de saneamiento citado.

Cabe hacer mención que este déficit es considerando al 100 % de la población servida con el servicio.

2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general

En lo referente a las plantas de tratamiento, podemos decir que están cumpliendo con la calidad de agua fijada en las condiciones particulares de descarga; sin embargo, es necesario que el organismo operador las opere a su máxima capacidad y les otorgue el mantenimiento necesario para que se conserven en condiciones de continuar descargando agua residual dentro de los rangos de calidad exigidos por la normatividad vigente.

En relación con la vigilancia de la calidad de las aguas residuales, descargadas al sistema municipal por parte de los usuarios no domésticos, entre los cuales pueden mencionarse las industrias, los comercios y los servicios, la COMAPA lleva a cabo un programa de muestreo y control, con el objeto de dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal; en este mismo sentido, el día 31 de octubre del 2012, el cabildo del R. Ayuntamiento de Reynosa, TM, aprobó el Reglamento para Descargas de Aguas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Residuales en Redes de Alcantarillado e Infraestructura de la COMAPA Reynosa, con el objeto de reglamentar el control de las aguas residuales que se descargan en los sistemas de alcantarillado.

Es necesario que se continúe en forma eficiente y puntual, además de que se refuerce ese programa para prevenir y controlar la contaminación de las descargas de aguas residuales no domésticas, que vierten a la red de drenaje y alcantarillado municipal, mediante la aplicación de la normatividad establecida para proteger y hacer más eficiente la infraestructura de recolección, conducción, pero sobre todo la de tratamiento, a cargo de la COMAPA, y coadyuvar al bienestar de la población de Reynosa, TM.

En este sentido, puede señalarse la conveniencia de continuar con el proyecto para la prevención y control de las descargas en la COMAPA, con personal, equipo y espacios adecuados, que permitan llevar a cabo los trabajos de vigilancia al 100 %, en el menor tiempo posible, ya que de no hacerse las verificaciones y posibles sanciones a los propietarios de las descargas no domésticas que incumplan la normatividad vigente, se corre el riesgo de no asegurar las condiciones de operación adecuadas de las PTAR, de acuerdo con sus características de diseño.

Con la finalidad de contribuir a fortalecer las acciones de saneamiento, mediante el tratamiento de volúmenes de aguas residuales municipales, es importante hacer gestiones para que la CONAGUA, como dependencia federal normativa, reactive los apoyos económico que en el año 2013 y hasta el 2016 tenía vigente, denominados **operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales**, para ayudar a las localidades del país; el objetivo específico era apoyar al organismo operador para que tratara sus aguas residuales y cumpliera con los parámetros establecidos en su permiso de descarga, en lo concerniente a DBO5 y SST, a través de un esquema de apoyos, dedicado a la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el propósito de reducir, prevenir y controlar la contaminación de los cuerpos de aguas nacionales; además, con el programa se contribuía a mejorar las condiciones ambientales y ecológicas de los cuerpos de agua; como antecedente se muestran las tablas con los apoyos otorgados en el ejercicio fiscal 2016.

Tabla 32. Asignación por metro cúbico tratado en función de la calidad del agua en la descarga de la PTAR

Calidad del agua en la descarga	Apoyo por m3 tratado
Igual o menor a una DBO5 de 30 mg/l y SST 40 mg/l.	\$0.60
Igual o menor a una DBO5 de 75 mg/l y SST 75 mg/l.	\$0.50
Igual o menor a una DBO5 de 150 mg/l y SST 150 mg/l.	\$0.30

Fuente: DOF, martes 29 de diciembre del 2015: Reglas de Operación para los Programas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento y Tratamiento de Aguas Residuales a cargo de la Comisión Nacional del Agua, aplicables a partir del 2016

Este estímulo, por parte de la CONAGUA a los organismos que cumplen en cuanto a la calidad de las aguas tratadas, sería de gran ayuda para que la COMAPA Reynosa contara con más recursos para invertir en el reforzamiento de la infraestructura destinada al tratamiento del agua residual. Como ejemplo pudiéramos decir que, considerando que se tratara el agua, de acuerdo con la capacidad instalada, que es de 1750 lps, se tendría un ingreso anual por el apoyo descrito de 27.5 mdp.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

En lo referente a las características principales que deben reunir las aguas residuales tratadas, en el caso de las dos plantas PTAR 1 y 2, la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, señala que la demanda bioquímica de oxígeno DBO₅ y sólidos suspendidos totales SST, debe ser de 75 y 75, como valor máximo, en ambos casos.

Tabla 33. Parámetros establecidos y calidad de aguas tratada en las PTAR Reynosa, TM

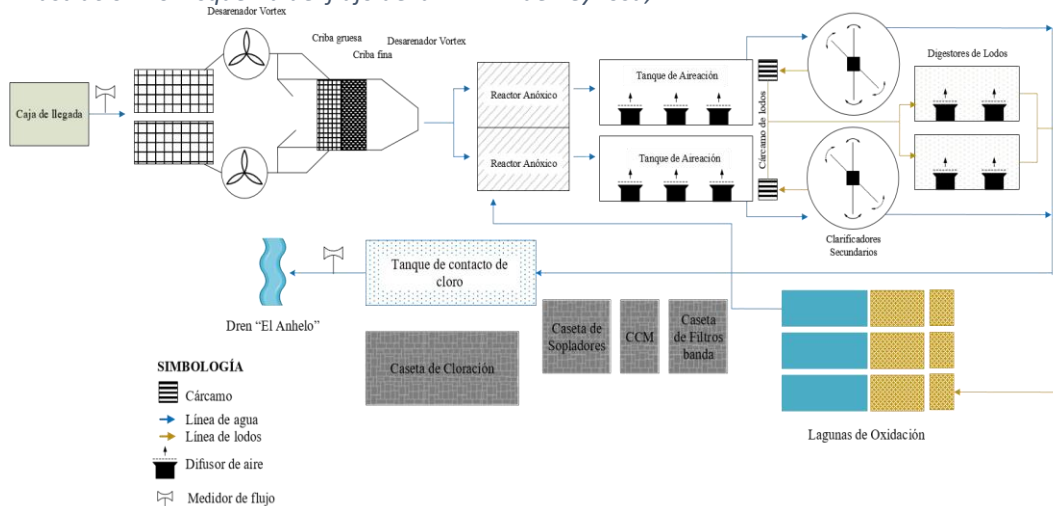
Nombre del parámetro	Valor del parámetro de acuerdo con NOM	Agua residual tratada de la PTAR No. 1	Agua residual tratada de la PTAR No. 2
DBO ₅	75	4.09	4.09
SST	75	5.0	2.2

Fuente: COMAPA

Como puede observarse en la tabla anterior, el agua de los efluentes de las PTAR cumple con los parámetros establecidos, en lo que se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno y a los sólidos suspendidos totales, por lo que deben seguirse realizando los procesos en ambas plantas de tratamiento, de forma que se garantice su continuidad en el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normatividad vigente.

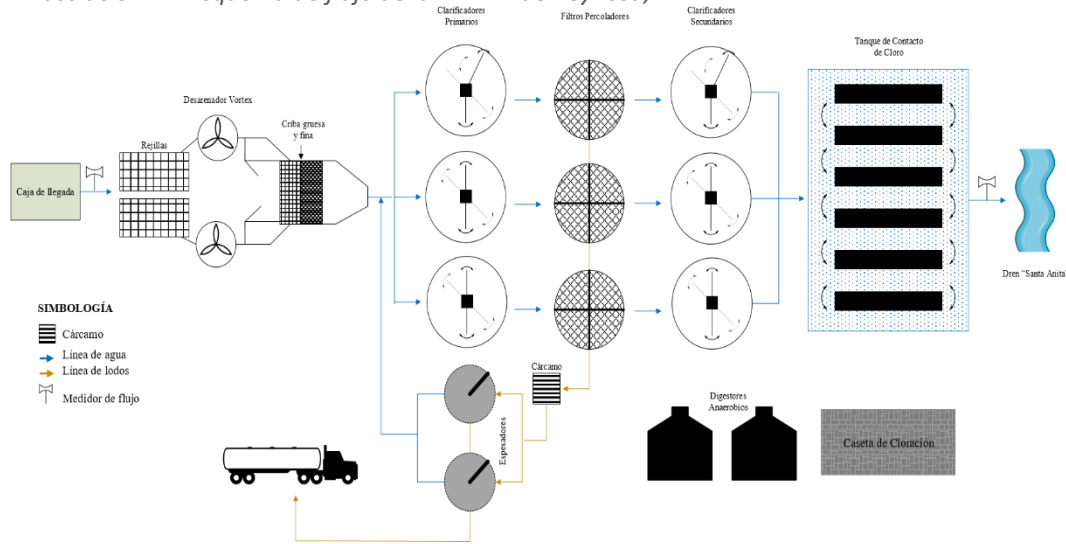
En el siguiente esquema se muestra la infraestructura y las etapas que conforman el proceso de tratamiento de las PTAR 1 y 2. Debe tenerse en consideración que cada etapa cuenta con una función en específico, que al unirse o complementarse debe proporcionar un efluente de calidad.

Ilustración 20. Esquema del flujo de la PTAR 1 de Reynosa, TM



Fuente: Tesis de maestría de Priscila Leija McDonald

Ilustración 21. Esquema de flujo de la PTAR 2 de Reynosa, TM



Fuente: Tesis de maestría de Priscila Leija McDonald

Tabla 34. Parámetros y calidad de los lodos de las PTAR 1 y 2 de Reynosa, TM

LABORATORIO CERTIFICADO: ONSITE LABORATORIES DE MÉXICO S.A de C.V.					
2017					
PTAR 1 y 2					
Parámetros de calidad del lodo residual					
Muestreo: lagunas de oxidación			Descripción de la muestra: sólido negro		
Fecha y hora de muestreo: 26/04/2017, 11:20hrs					
Parámetro	Unidades	Valor obtenido	Metodología utilizada	Rango (NOM-004-SEMARNAT-2002) BUENOS	Rango (NOM-004-SEMARNAT2002) EXCELENTES
Cromo	(mg/kg B.S)	<0.05	EPA 7190	3,000	1,000
Níquel		13.77	EPA 7520-1986	420	420
Cobre		59.1	EPA 7210	4,300	1,500
Zinc		365.94	EPA 7050	7,500	2,800
Arsénico		<0.001	EPA 7061A-1992	75	41
Cadmio		<0.05	EPA 7140-1994	85	39
Plomo		<0.1	EPA 7420-1986	840	300
Mercurio		<0.001	EPA7470A	57	17
Humedad	%P/P B.S	98.48	NOM-021-SEMARNAT-2000		
Coliformes fecales	NMP/g B.S	4,600	NOM-004SEMARNAT-2002, Anexo III	<2,000,000	<1,000
Salmonella	NMP/g B.S	<3	NOM-004SEMARNAT-2002, Anexo IV	<300	<3
Huevos de helminto	Huevos/g B.S	<1	NOM-004SEMARNAT-2002, Anexo V	<35	<1

Fuente: COMAPA Reynosa

La calidad de los lodos residuales (de ambas plantas) se clasifica como excelente, con base en lo establecido por la NOM-004-SEMARNAT-2002.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tratamiento de lodos en la PTAR 1

El área destinada para desaguado de lodos se encuentra fuera de servicio, por lo que al concluir con la estabilización y reducción del volumen llamado biosólido, este es conducido (sin desaguar) hacia el sistema lagunar, que anteriormente se utilizaba para la depuración de aguas residuales. Finalmente, es importante agregar que no se adicionan activos acondicionadores (polímeros) para mejorar las propiedades de secado.

Tratamiento de lodos en la PTAR 2

En el año 2014 se incorporaron al sistema de tratamiento dos unidades de espesamiento de lodos; sin embargo, al poco tiempo estos dejaron de funcionar, por lo que la única utilidad que se les da es almacenar los lodos de purga procedentes de los clarificadores. Por otro lado, la estabilización de los lodos residuales, producidos por esta unidad depuradora, se lleva a cabo en la PTAR 1.

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

Los sistemas de alcantarillado sanitario son los encargados de conducir las aguas servidas o aguas residuales, producto de las actividades humanas, tales como usos domésticos, comercio, industrias y servicios, a su destino final. Todo el sistema de alcantarillado requiere atención y revisiones periódicas, ya que cumple una función primordial para la salud y bienestar de los centros poblacionales. Fallas causadas por falta de mantenimiento pueden elevar considerablemente los costos de operación. La operación correcta de un alcantarillado sanitario se lleva a cabo con un mantenimiento permanente de las instalaciones comunes, mecánicas y electromecánicas, para lograr la eficiencia máxima de los recursos invertidos diariamente. Para dar a la infraestructura de la red de alcantarillado una operatividad eficiente y un óptimo mantenimiento preventivo, los operadores del sistema deben contar con toda la información disponible, principalmente los planos de diseño, y estar capacitados para su correcta interpretación en gabinete y en campo. En este sentido, la COMAPA Reynosa no cuenta con el equipo suficiente para dar el mantenimiento a sus redes de alcantarillado sanitario, como son los equipos de aire-vacío que se necesitan para la limpieza de tuberías y de pozos de visita; además, por los años de instaladas, parte de la infraestructura de alcantarillado, en algunos casos los pozos de visita, tuberías, etcétera, ya no son localizados por el personal operativo, por lo que en el presente estudio se ha propuesto la elaboración de un catastro que le permita conocer al organismo operador la ubicación precisa de su infraestructura.

En la parte electromecánica, ahora más que nunca hay factores más allá de simplemente evaluar equipos viejos para mantenerlos en servicio, que están creando un mayor enfoque en el mantenimiento y prueba de la industria de la energía eléctrica. Los fabricantes de equipos han perfeccionado los modelos de diseño asistido por ordenador, hasta el punto en que pueden reducir los márgenes de diseño, desgaste y deterioro con gran precisión. Esto significa que las pruebas completas y mantenimiento son fundamentales en el ciclo de la vida de los equipos y, por ende, en la reducción de costos. Además, los nuevos materiales, diseños y métodos de prueba son más especializados que los que se tenían anteriormente, o que no existían. Las nuevas tecnologías, como el monitoreo de condición en línea, crean oportunidades para mejorar las operaciones y la eficiencia. Sin embargo, por varias razones, a veces por falta de recursos y de personal especializado,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

no se da el mantenimiento preventivo a las instalaciones electromecánicas; sólo se realiza, y a veces con deficiencia, el mantenimiento correctivo, lo que se ha visto reflejado en la cantidad de equipo que se encuentra fuera de operación en las estaciones de bombeo que hemos señalado con anterioridad, por lo que debe capacitarse al personal operativo, además de otorgarles las herramientas necesarias para llevar a cabo los mantenimientos preventivos a los equipos electromecánicos de acuerdo con los manuales que se les proporciona de parte de cada fabricante en particular. Con ello se garantizaría que los citados equipos e instalaciones estuvieran en condiciones de operación y, por ende, evitar los problemas que se presentan con la falla de estos.

La infraestructura más importante en el saneamiento, sin lugar a dudas es el sistema de tratamiento de las aguas residuales; por consecuencia, cada día se cuenta con procesos más complejos y complicados para poder operarla, de tal forma que se requiere personal muy calificado a todos niveles, por lo que es de suma importancia que cuenten con programas de capacitación y actualización, lo que redundaría en la optimización de la operación de los sistemas y en la garantía de que las plantas de tratamiento de aguas residuales operen de forma eficiente, además de cumplir con los parámetros de calidad de sus efluentes de acuerdo con su diseño, y dar cumplimiento a las condiciones particulares de descarga fijadas en los permisos correspondientes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

3.1 Planteamiento de alternativas

Para dimensionar las necesidades de infraestructura de alcantarillado y saneamiento, requerida por la ciudad de Reynosa, TM, se partió por definir la proyección de la población a diferentes años, teniendo como último el año 2050, que es la fecha máxima del presente estudio de Gran Visión, lo cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 35. Población actual y futura de la ciudad de Reynosa, TM

Localidad	2010	2020	2024	2030	2040	2050
Reynosa	589,466	705,440	753,777	828,741	964,147	1,115,063

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el clima de la zona y al tamaño de la localidad, se propone una dotación de: 350 l/hab/día. De la tabla anterior de población se calculó el gasto de producción o generación de aguas residuales de la ciudad de Reynosa, TM, a corto, mediano y largo plazos, lo que se presenta a continuación.

Tabla 36. Gastos de diseño de tratamiento de aguas residuales, Reynosa, TM

Plazo	Periodo	Gasto estimado
Corto	2021 - 2024	2290.12 l/s
Mediano	2025 - 2030	2517.88 l/s
Largo	2031 - 2050	3387.78 l/s

Fuente: elaboración propia

Con el propósito de determinar la infraestructura de alcantarillado y saneamiento, necesaria para satisfacer los requerimientos a corto, mediano y largo plazos, considerando este último al año 2050 para la ciudad de Reynosa, TM, se procedió a analizar, calcular y distribuir los gastos de producción de las zonas de influencia de cada una de las plantas de tratamiento actuales, así como las plantas que será necesario construir a futuro.

Para lo anterior se consideró que la población actual, asentada en cada una de las cuencas de aportación de cada planta, crecerá hasta una densidad promedio que existe en el país para ciudades del tamaño de Reynosa, TM.

Para el presente estudio se consideraron los ejes: líneas de acción y estrategias asentadas en los planes de desarrollo nacionales y estatales, y desde luego el Plan Municipal; asimismo, las factibilidades de los servicios otorgados y en estudio por parte de la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (COMAPA) y La Visión de Reynosa 2030, que es una guía para la política urbana del municipio, donde se plasman objetivos estratégicos. Destaca: la limitación de expansión urbana y aumentar su densidad; equipamientos y servicios adecuados para todos; gestión integral y eficiente del ciclo del agua, y el mejoramiento del medio ambiente.

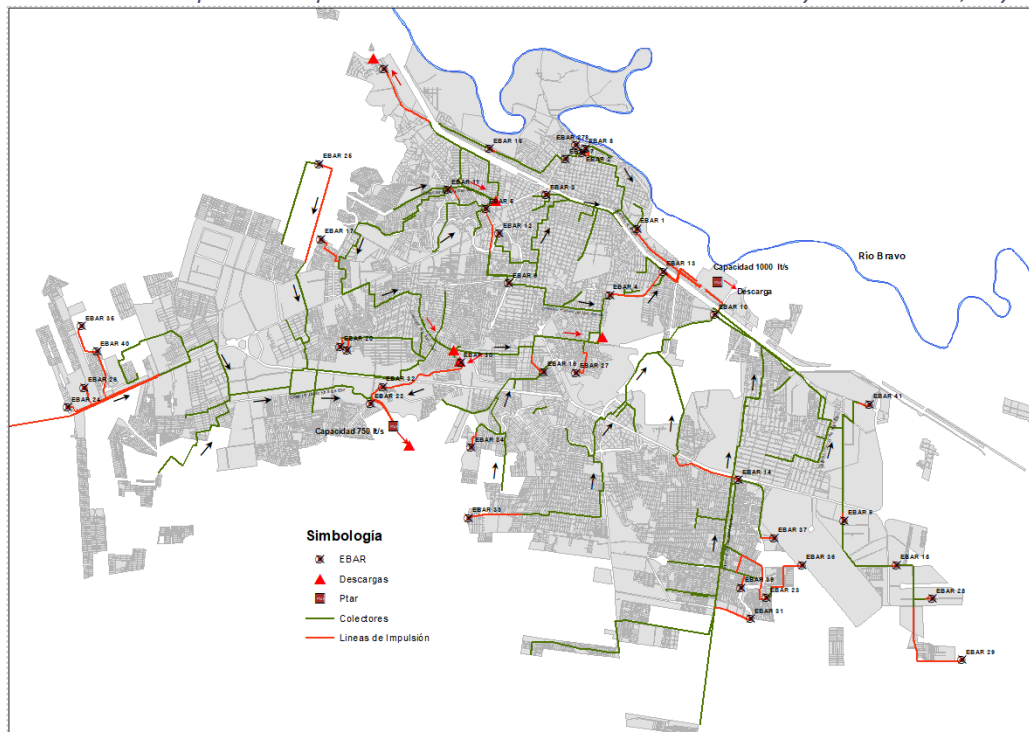
A partir de lo anterior, se presenta la siguiente tabla de distribución de población y su aportación de aguas residuales, donde se observan las necesidades de tratamiento a corto plazo (2024), que permitan a la COMAPA Reynosa proporcionar el servicio de saneamiento al total de la población.

Tabla 37. Población al año 2024 y aportación de aguas residuales a PTAR de Reynosa, TM

Cuencas y macrocuencas de aportación	Población 2024 CONAPO	Gasto de suministro (lps)	Aportación de aguas residuales (lps)	Gasto máximo instantáneo (lps)	Gasto máximo extraordinario (lps)
EBAR #1	62,282	252	189	412	618
EBAR #4	143,447	581	436	818	1,227
EBAR #10	294,923	1,195	896	1,489	2,233
EBAR #13	9,952	40	30	89	134
PTAR #1	510,604	2,068	1,551	2,808	4,211
EBAR #22	106,144	430	322	638	957
EBAR #30	135,964	551	413	782	1,174
EBAR #42	963	4	3	11	17
PTAR #2	243,070	985	738	1,432	2,147
Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
Total		3,053	2,290	4,241	6,361

Fuente: elaboración propia

Ilustración 22. Esquema de operación actual del sistema de alcantarillado y saneamiento, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

Como puede observarse en la tabla anterior, y en el esquema de operación actual del sistema de alcantarillado, es necesario llevar a cabo una distribución de las aguas residuales que se aportan a cada una de las cuencas y a las plantas de tratamiento actuales, además de hacer propuestas para nuevos sitios de tratamiento, que permitan, a corto plazo, cumplir con las necesidades de este servicio, lo que se propone en la siguiente tabla.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 38. Población al año 2024 y aportación de aguas residuales a PTAR, ajustado a capacidades y propuesta de nuevos sitios de tratamiento de Reynosa, TM

Cuencas y macrocuencas de aportación	Población 2024 CONAPO	Gasto de suministro (lps)	Aportación de aguas residuales (lps)	Gasto máximo instantáneo (lps)	Gasto máximo extraordinario (lps)
EBAR #1	62,282	252	189	412	618
EBAR #4	143,447	581	436	818	1,227
EBAR #10	113,462	460	345	674	1,011
EBAR #13	9,952	40	30	89	134
PTAR #1	329,142	1,333	1,000	1,993	2,990
EBAR #22	106,144	430	322	638	957
EBAR #30	135,964	551	413	782	1,174
EBAR #42	963	4	3	11	17
PTAR #2	243,070	985	738	1,432	2,147
Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR 3	181,460	735	551	993	1,490
Total	753,775	3,053	2,290	4,419	6,629

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa que la necesidad de infraestructura de tratamiento a corto plazo es de 2290 litros por segundo, por lo que es necesario la ampliación en 538 litros, considerando que actualmente se cuenta con una capacidad de tratamiento de 1752 litros en las tres plantas de tratamiento. Asimismo, se observa que el gasto producido en la cuenca de la PTAR 1 es superior a la capacidad de la planta de tratamiento, que es de 1000 litros por segundo, y está imposibilitada a su crecimiento, por lo que es necesario desincorporar el volumen adicional a otros sitios de tratamiento.

Para el año 2030 (mediano plazo) se presentan las necesidades de tratamiento, así como la propuesta para atenderlas, lo cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 39. Población al año 2030 y aportación de aguas residuales a PTAR en Reynosa, TM

Cuencas y macrocuencas de aportación	Población 2030 CONAPO	Gasto de suministro (lps)	Aportación de aguas residuales (lps)	Gasto máximo instantáneo	Gasto máximo extraordinario
EBAR #1	68,536	278	208	446	668
EBAR #4	157,709	639	479	884	1,326
EBAR #10	294,923	1,195	896	1,489	2,233
EBAR #13	9,952	40	30	89	134
PTAR #1	531,120	2,152	1,614	2,908	4,362
EBAR #22	106,144	430	322	638	957
EBAR #30	135,964	551	413	782	1,174
EBAR #42	963	4	3	11	17
PTAR #2	243,070	985	738	1,432	2,147
Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR 3		0.00	0.00	0.00	0.00
PTAR 4	54448	220.56	165.42	368.95	553.43
Total	828,741	3,357	2,518	4,710	7,065

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En la tabla anterior se observa el gasto de aguas residuales que se generan en cada una de las macrocuencas actuales, y el que se generará en zonas de nuevas cuencas de influencia para sitios de tratamiento diferentes.

Tabla 40. Población al año 2030 y aportación de aguas residuales a PTAR's, ajustado a capacidades, en Reynosa, TM

Cuencas y macrocuencas de aportación	Población 2030 CONAPO	Gasto de suministro (lps)	Aportación de aguas residuales (lps)	Gasto máximo instantáneo	Gasto máximo extraordinario
EBAR #1	68,536	278	208	446	668
EBAR #4	157,709	639	479	884	1,326
EBAR #10	92,947	377	282	572	858
EBAR #13	9,952	40	30	89	134
PTAR #1	329,143	1,333	1,000	1,992	2,987
EBAR #22	106,144	430	322	638	957
EBAR #30	135,964	551	413	782	1,174
EBAR #42	963	4	3	11	17
	32,914	133	100	244	366
PTAR #2	275,984	1,118	838	1,675	2,513
Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR Pirámides	103	0.42	0.31	1.33	1.99
PTAR 3	201,646	817	613	1,084	1,626
PTAR 4	21723	88	66	173	259
Total	828,601	3,356	2,517	3,841	5,761

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa los gastos de aguas residuales que se generarán a mediano plazo (año 2030), y la propuesta de los sitios de tratamiento.

Para el año 2050 (largo plazo) se presentan las necesidades de tratamiento, así como la propuesta para atender esta necesidad, lo cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 41. Población al año 2050 y aportación de aguas residuales a PTAR's en Reynosa, TM

Cuencas y macrocuencas de aportación	Población 2050	Gasto de suministro (lps)	Aportación de aguas residuales (lps)	Gasto máximo instantáneo	Gasto máximo extraordinario
EBAR #1	79,718	323	242	504	757
EBAR #4	157,709	639	479	884	1,326
EBAR #10	294,923	1,195	896	1,489	2,233
EBAR #13	9,952	40	30	89	134
PTAR #1	542,302	2,197	1,648	2,967	4,450
EBAR #22	157,018	636	477	881	1,322
EBAR #30	135,964	551	413	782	1,174
EBAR #42	1,424	6	4	16	24
PTAR #2	294,406	1,193	894	1,679	2,519
Pirámides	6,735	27	20	64	96
PTAR Pirámides	6,735	27	20	64	96
PTAR 3		0	0	0	0
PTAR 4	271620	1,100	825	1,389	2,084
Total	1,115,063	4,517	3,388	6,099	9,149

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 42. Población al año 2050 y aportación de aguas residuales a PTAR's, ajustado a capacidades en Reynosa, TM

Cuencas y macrocuencas de aportación	Población 2050	Gasto de suministro (lps)	Aportación de aguas residuales (lps)	Gasto máximo instantáneo	Gasto máximo extraordinario
EBAR #1	79,718	323	242	504	757
EBAR #4	157,709	639	479	884	1,326
EBAR #10	81,766	331	248	515	773
EBAR #13	9,952	40	30	89	134
PTAR #1	329,144	1,333	1,000	1,993	2,990
EBAR #22	157,018	636	477	881	1,322
EBAR #30	135,964	551	413	782	1,174
EBAR #42	1,424	6	4	16	24
	117,023	474	356		
PTAR #2	411,430	1,667	1,250	1,679	2,519
Pirámides	6,735	27	20	64	96
PTAR Pirámides	6,735	27	20	64	96
PTAR 3	276,480	1,120	840	1,410	2,115
PTAR 4	91275	370	277	564	846
Total	1,115,063	4,517	3,388	5,710	8,566

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa los gastos de aguas residuales que se generarán a largo plazo (año 2050), y la propuesta con sus capacidades de los sitios de tratamiento.

De los escenarios que se han presentado en cuanto a las aportaciones de aguas residuales al año del presente estudio de Gran Visión, 2050, mismo que se observaron en las tablas anteriores, a corto, mediano y largo plazos (2024, 2030 y 2050), respectivamente, podemos resumir lo siguiente en la tabla a continuación.

Tabla 43. Necesidades de tratamiento a corto, mediano y largo plazos, en Reynosa, TM

PTAR	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Capacidad total	Observaciones
	2024	2030	2050		
	2290.12 l/s	2517.88 l/s	3387.78 l/s		
1	1,000	1,000	1,000	1,000	Planta existente con capacidad de 1000 lps
2	738	838	1,250	1,250	Planta existente con capacidad de 750 lps
Pirámides	0.31	0.31	20	20	Planta existente con capacidad de 2 lps
3	551	613	840	840	Planta propuesta
4		66	277	277	Planta propuesta
Total	2,290	2,517	3,388	3,388	

Fuente: elaboración propia

Con el propósito de atender el déficit en tratamiento de aguas residuales que tiene actualmente la ciudad de Reynosa, TM, y atender los requerimientos al año del presente estudio de Gran Visión (año 2050), es necesario llevar a cabo estudios y proyectos ejecutivos, obras de rehabilitación y de sustitución y nuevas en infraestructura, como redes de distribución, subcolectores, colectores, líneas a presión, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento de aguas residuales, mismas que se serán enunciadas, propuestas, evaluadas y seleccionadas en el presente capítulo 3 del presente estudio.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Colector de la calle Durango a la nueva PTAR 3

Alternativa 1

Se construirá un colector que intercepte las aguas residuales de los colectores de la calle Durango y EBAR 14, así como brecha 99, que se conducen a la EBAR 10, desincorporando 551 litros por segundo de la zona de influencia de la PTAR 1, dejándole sólo a esta PTAR un gasto de 1000 litros por segundo, capacidad máxima que puede tratar, considerando que ya no puede crecer, debido a su cercanía con el río Bravo. El gasto citado de 551 litros será enviado hasta un nuevo sitio de tratamiento, que es donde se propone la construcción de una nueva planta, denominada PTAR 3. Para hacer llegar el agua a ese sitio, se propone la construcción de un nuevo colector que conduzca el agua residual hasta ese sitio de tratamiento, el cual estará formado por 7360 metros de tubería de PVC de 1.22 metros (48") de diámetro.

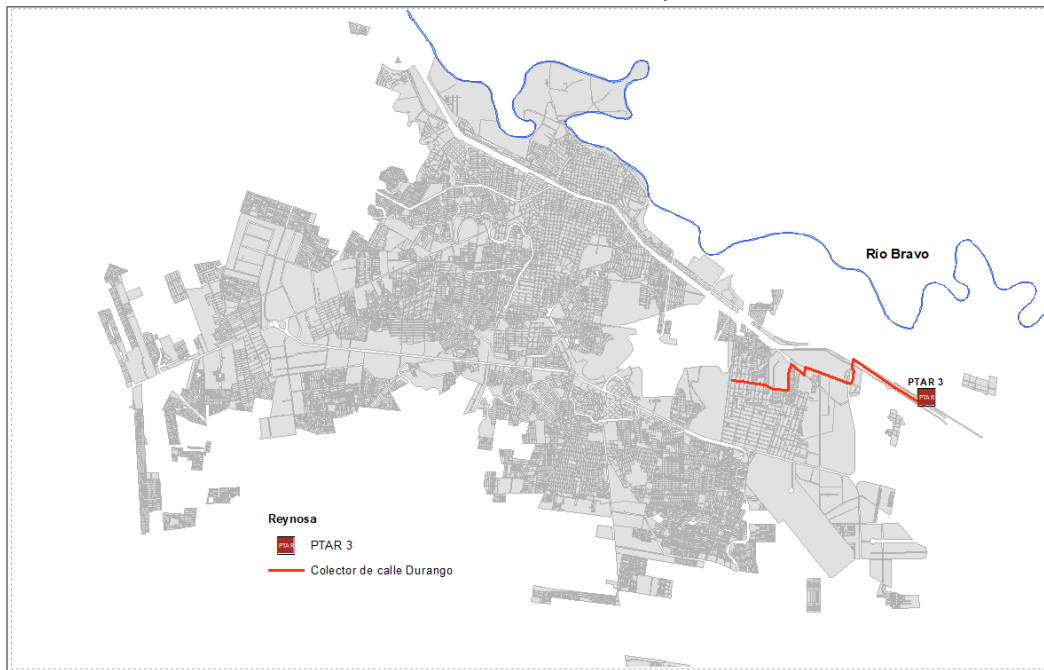
Para el año 2050 se requerirá reforzar el citado colector, por lo que se propone construir uno paralelo con el mismo desarrollo, formado por tubería de PVC de 76 centímetros de diámetro.

Alternativa 2

Consta de la construcción de un colector formado por tubería de **hierro dúctil** de 1.22 centímetros de diámetro, con una longitud de 7360 metros.

Colector de refuerzo formado por tubería de **polietileno de alta densidad** de 76 centímetros con una longitud de 7360 metros.

Ilustración 23. Colectores a nuevos sitios de tratamiento, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Colector para conducir las aguas residuales de nuevas factibilidades a PTAR 2

Alternativa 1

Es necesario la construcción de un colector que conduzca por gravedad los gastos generados dentro de la zona de influencia de la PTAR 2; que al 2030 se estima en 100 lps, por lo que se propone la construcción de un colector de 4,405 metros de longitud, con tubería de PVC de 61 centímetros de diámetro.

A largo plazo (2050) se requerirá reforzar el colector propuesto con la construcción de una nueva línea de 9,674 metros de longitud y un diámetro de 76 centímetros de PVC, con lo que se dará servicio al crecimiento de la población en esa zona de influencia de la PTAR 2.

Alternativa 2

Se propone la construcción del colector a la PTAR 2, formado por tubería de polietileno de alta densidad, de 61 centímetros de diámetro, con una longitud de 4500 metros.

Se propone el reforzamiento del colector a través de la instalación de una línea paralela, formada por tubería de polietileno de alta densidad de 76 centímetros de diámetro, con una longitud de 9,674 metros.

Colector para conducir las aguas residuales a la nueva PTAR 4

Alternativa 1

Debido al crecimiento de la población de Reynosa, TM, al año 2030, será necesario la construcción de una nueva planta de tratamiento; se propone su construcción en la zona poniente de la ciudad, pero también se plantea construir un emisor de PVC, que tendrá un desarrollo de 1958 metros de longitud y un diámetro de 61 centímetros, para conducir un gasto medio de 66 litros por segundo de las aguas residuales que genere la población en esa nueva zona de desarrollo.

Para el año de este estudio, 2050, se requerirá reforzar el emisor con otro de 76 centímetros de diámetro y un desarrollo de 2929 metros; se propone que se construya con tubería de PVC.

Alternativa 2

Se propone la construcción del colector a la nueva PTAR 4, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 61 centímetros de diámetro en una longitud de 1958 metros.

Se propone el reforzamiento del colector a través de la instalación de una línea paralela, formada por tubería de polietileno de alta densidad de 76 centímetros de diámetro, y una longitud de 2929 metros.

A continuación se enlistan las acciones u obras necesarias, para lo cual se plantean dos alternativas.

Tabla 44. Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM

Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción.
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red, subcolectores, colectores y líneas a presión.
Emisor de 48" 1.22 m de PVC estructurado , 7,363 m colector a PTAR 3
Colector a PTAR 2, formado por tubería de PVC de 0.60 m (24") de diámetro con una longitud de 4405 m
Colector a PTAR 4, formado por tubería de PVC de 0.61 m (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción.
Colector de PVC de 0.76m (30") de diámetro con una longitud de 9,74 m hacia la PTAR 2
Colector de PVC de 0.76m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4
Colector de PVC de 0.45m (18") de diámetro con una longitud de 2,000 m hacia la PTAR Pirámide
Colector de PVC de 0.76m (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3
Emisor a presión a la PTAR 4, tubería de 12 pulgadas, 1800 metros PEAD
Emisor a presión con tubería de 36 pulgadas, 200 metros PEAD de cárcamo a PTAR 2
Catastro del sistema de alcantarillado que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.
Estudio y adecuación de proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.

Fuente: elaboración propia

Tabla 45. Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM

Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores.
Refuerzo y sustitución de tuberías en red, subcolectores, colectores y líneas a presión.
Emisor de 48" 1.22 m de hierro dúctil 7360 m colector a PTAR 3.
Colector a PTAR 2, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.60 m (24") de diámetro en una longitud de 4405 m.
Colector a PTAR 4, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.61 m (24") de diámetro en una longitud de 1958 m.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro en una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro en una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.45 m (18") de diámetro en una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámides.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro en una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3.
Emisor a presión a la PTAR 4, tubería de 12 pulgadas 1800 metros de hierro dúctil .
Emisor a presión tubería de 36 pulgadas 200 metros hierro dúctil del cárcamo a la PTAR 2.
Catastro del sistema de alcantarillado que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.
Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.

Fuente: elaboración propia

3.1.2 Alternativas para plantas de tratamiento

De acuerdo con las necesidades de tratamiento de aguas residuales a corto, mediano y largo plazos presentados en la tabla 44 se proponen las siguientes alternativas.

Alternativa 1

Del cuadro anterior podemos observar que para el año 2050 se requerirá una capacidad de tratamiento de aguas residuales de 3387 lps; considerando que actualmente es de 1752 lps, se deduce que será necesario ampliar esta capacidad en 1635 lps, por lo que se propone atender el déficit a ese año de la siguiente manera:

La construcción de una nueva PTAR 3, de 840 litros por segundo, a través de un sistema lagunar, localizada en un terreno propiedad de la COMAPA Reynosa, ubicado en el ejido Santa Anita del municipio de Reynosa, TM, al oriente de la ciudad.

Ampliación de la PTAR 2 en 500 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, que es a través de filtros percoladores, cuya capacidad será de 1250 litros, situada al sur de la ciudad.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La construcción de una nueva planta de tratamiento de 277 litros por segundo, a través de un sistema lagunar, localizada al poniente de la ciudad, para lo cual se requerirá adquirir el terreno correspondiente en la citada zona.

Ampliación de la PTAR Pirámides en 18 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual; la capacidad será de 20 litros, y estará situada al sur de la ciudad.

Debido a las fechas en que fueron construidas las actuales plantas de tratamiento 1 y 2 (2008 y 2004, respectivamente), se requerirá llevar a cabo una rehabilitación total de las mismas, lo que les permitirá en el futuro continuar descargando el agua tratada dentro de los parámetros de calidad, establecidos por la norma oficial mexicana.

Alternativa 2

La construcción de una nueva PTAR 3, de 840 litros por segundo, a través de un sistema mecanizado en un terreno propiedad de la COMAPA Reynosa, ubicado en el ejido Santa Anita del municipio de Reynosa, TM, al oriente de la ciudad.

Ampliación de la PTAR 2 en 500 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, que es a través de filtros percoladores, por lo que será de una capacidad total de 1250 litros, y estará situada al sur de la ciudad. Cabe señalar que, para llevar a cabo la citada ampliación, ya se cuenta con el proyecto ejecutivo correspondiente por parte de la COMAPA Reynosa.

La construcción de una nueva planta de tratamiento de 277 litros por segundo, a través de un sistema mecanizado, localizada al poniente de la ciudad, para lo cual se requerirá adquirir el terreno correspondiente en la citada zona.

En las alternativas 1 y 2, que se describen en las dos siguientes tablas, se plantea la infraestructura necesaria de tratamiento para el año 2050, y en las tablas siguientes se presentan las acciones que deberán irse construyendo por etapas hasta alcanzar la capacidad de tratamiento al año citado.

Tabla 46. Alternativa 1 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM

Alternativa 1 para plantas de tratamiento
Rehabilitación de la PTAR 1
Rehabilitación de la PTAR 2
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps, a base de lagunas de oxidación.
Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 a base de lagunas de oxidación.
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, de 66 lps, a base de lagunas de oxidación.
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2 mecanizada.
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2 mecanizada.
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación.
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de lagunas de oxidación.
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4

Fuente: elaboración propia

Tabla 47. Alternativa 2 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM

Alternativa 2 para plantas de tratamiento
Rehabilitación de la PTAR 1.
Rehabilitación de la PTAR 2.
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps, a base de lagunas de oxidación.

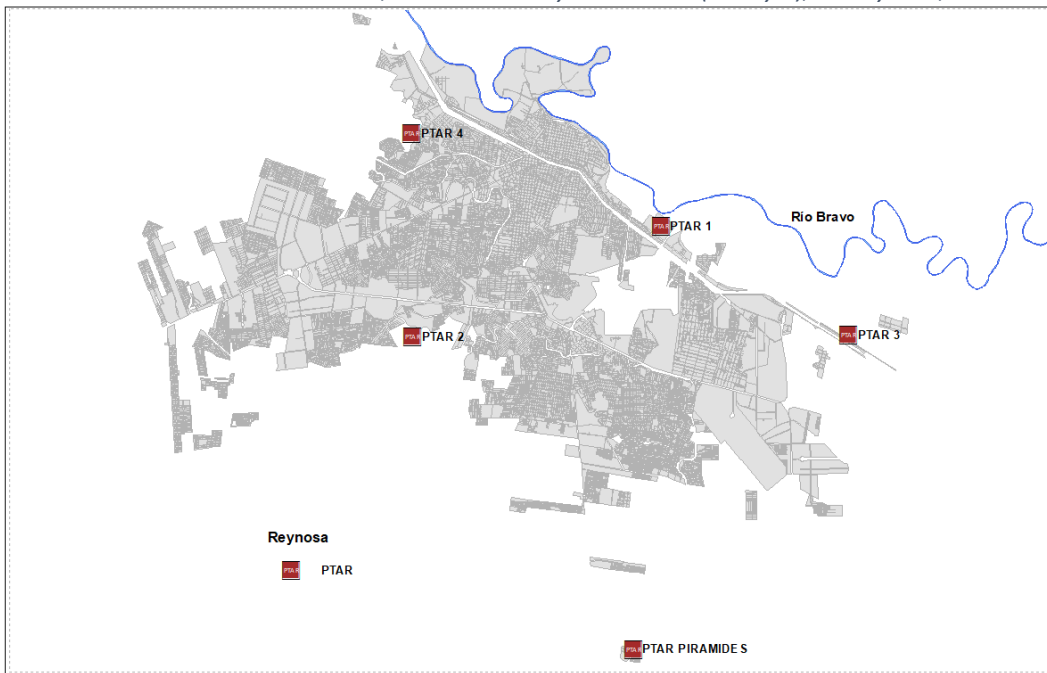


COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 2 para plantas de tratamiento
Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, mecanizada.
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, mecanizada.
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, de 66 lps, mecanizada.
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada.
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada.
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, mecanizada.
Ampliación en 211 lps de planta de tratamiento de aguas residuales No. 4 tipo mecanizada.
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada.
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4.

Fuente: elaboración propia

Tabla 48. Ubicación de las 5 PTAR, tres existentes y dos nuevas (las 3 y 4), en Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

3.1.3 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

A continuación se presenta el gasto de aguas residuales tratadas, actuales y a futuro (2050), año de análisis del presente estudio de alcantarillado y saneamiento de Gran Visión.

Tabla 49. Gasto de aguas residuales hasta el año de estudio 2050, en Reynosa, TM

2020		2030		2040		2050	
Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales
2,857.69 l/s	2,143.26 l/s	3,357.17 l/s	2,517.88 l/s	3,905.69 l/s	2,929.27 l/s	4,517.04 l/s	3,387.78 l/s

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Con la finalidad de contar con la infraestructura necesaria para el tratamiento de aguas residuales al año 2050, se hará necesario ampliar parte de las plantas de tratamiento y la construcción de dos plantas nuevas, que son las PTAR 3 y 4, de acuerdo con la tabla siguiente.

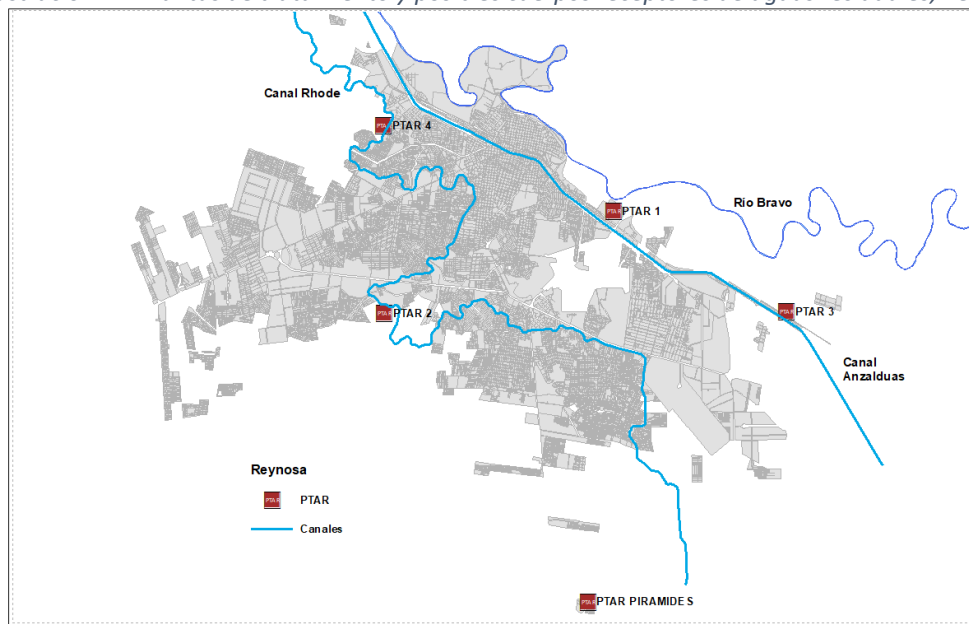
Tabla 50. Plantas de tratamiento actuales y a futuro de la ciudad de Reynosa, TM

PTAR	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Capacidad total	Observaciones
	2024	2030	2050		
	2290.12 l/s	2517.88 l/s	3387.78 l/s		
1	1,000	1,000	1,000	1,000	Planta existente con capacidad de 1000 lps
2	738	838	1,250	1,250	Planta existente con capacidad de 750 lps
Pirámides	0.31	0.31	20	20	Planta existente con capacidad de 2 lps
3	551	613	840	840	Planta propuesta
4		66	277	277	Planta propuesta
Total	2,290	2,517	3,388	3,388	

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que actualmente se tiene infraestructura para tratar 1750 litros por segundo; y para el año 2050, de acuerdo con la presente propuesta, se pueden estar tratando 3388 litros por segundo, cantidades muy considerables. Además, es conveniente indicar que las plantas de tratamiento actuales y las propuestas, están muy cercanas a los canales de riego Guillermo Rodhe y Anzalduas, como puede apreciarse en el plano siguiente.

Ilustración 24. Plantas de tratamiento y posibles cuerpos receptores de aguas residuales, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

Alternativa 1

El agua residual tratada de la planta 1 descarga al dren El Anhelito y posteriormente al río Bravo, por lo que es conveniente que la COMAPA realice gestiones y negociaciones para lograr acuerdos para su utilización en la rama agrícola, industrial, municipal (riego de áreas verdes), el intercambio por agua de primer uso con el distrito de riego para descargar sus aguas al canal de riego Anzalduas, y



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

el trámite ante la CONAGUA para la relocalización del permiso de descarga, de tal forma que a esta agua residual tratada se le dé el mayor reúso posible.

La planta 2, una vez que le da tratamiento al agua residual, vierte el agua al canal Rhode, a través del cual se le da un reúso en el sector agrícola, por lo que es conveniente que la COMAPA lleve a cabo negociaciones con los usuarios agrícolas, con el fin de lograr el intercambio de agua residual tratada por agua de primer uso, lo que le permitirá al organismo operador contar en sus asignaciones con más volumen de agua, necesaria para la ciudad de Reynosa, TM.

El agua residual tratada en la planta de tratamiento Pirámides, cuya capacidad es de 2 lps, descarga al canal Rhode, con un volumen mínimo; sin embargo, es conveniente que la COMAPA Reynosa lleve a cabo las acciones necesarias para que el agua residual generada en esa planta pueda ser utilizada en el riego de jardines de la zona.

En lo que respecta a las nuevas plantas de tratamiento, PTAR 3 y 4, de acuerdo con los sitios propuestos para su construcción, estarán cerca de los canales Anzalduas y Rhode, respectivamente, por lo que de igual forma el organismo operador de la ciudad de Reynosa, TM deberá realizar, en su momento, las gestiones ante el distrito de riego para proponer el intercambio del agua residual tratada por agua de primer uso.

Alternativa 2

Tomando en cuenta que la ciudad de Reynosa, TM, es un lugar donde se encuentran establecidas un buen número de industrias de diferentes ramas, consideramos que es factible y necesario llevar a cabo un estudio que permita a la COMAPA Reynosa identificar en forma detallada a las industrias que más consumen agua en sus procesos, así como la calidad de esta, para que se determine a qué empresas sería factible ofrecer la utilización de agua tratada para sus procesos. Lo anterior le permitirá al organismo operador dejar de suministrar a esa industria agua potabilizada y, en caso de que ellos cuenten directamente con concesión otorgada por la CONAGUA, llevar a cabo la negociación para intercambiar el agua de primer uso por agua residual tratada, con lo que tanto la COMAPA gana, así como también la industria al pagar una tarifa menor a la que paga actualmente por la concesión.

3.1.4 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Con el objeto de mejorar la operación del sistema de alcantarillado y saneamiento de la ciudad de Reynosa, TM, se propone implementar la automatización de las estaciones de bombeo de aguas residuales, de tal forma que el encendido de los equipos sea de forma automática, de acuerdo a las necesidades, dependiendo de las aportaciones de agua que estén llegando a cada estación dentro de los diferentes horarios del día y las estaciones del año, siempre dentro de las capacidades de las líneas de impulsión, lo que permitirá al organismo operador garantizar que no se derramen las aguas residuales sin tratar en las zonas aledañas.

Lo anterior debe de ser compatible con un sistema general de control supervisorio que debe implementarse a futuro, de tal forma que le permita a la COMAPA, desde un sitio determinado expreso y estratégico, estar monitoreando el comportamiento de los niveles y gastos que llegan y salen de cada una de las estaciones de bombeo, así como de cada sitio de tratamiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Se propone que este sistema supervisorio lo lleve a cabo la COMAPA con recursos propios. Asimismo, y con la finalidad de atender planteamientos de problemática existente, mismos que fueron emitidos por la CILA Reynosa, se plantea como propuesta única llevar a cabo los estudios y proyectos que se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 51. Estudios propuestos (alternativa única), Reynosa, TM

Estudios propuestos (alternativa única)
Estudio de calidad de agua de los drenes Santa Anita y El Anheló, y proyecto para el tratamiento del agua de la laguna La Escondida.
Estudio de modelación hidráulica de la laguna La Escondida, y proyecto ejecutivo para la adecuación de su descarga al río Bravo a través del dren El Anheló.
Estudio y proyecto ejecutivo para la captación de derrame de sustancias tóxicas, en caso de accidentes del transporte público de carga, su alejamiento y confinamiento en el puente Internacional Reynosa-Pharr, para evitar la contaminación del río Bravo.
Estudio para tratar los retornos agrícolas al río Bravo, procedentes de los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, en el estado de Tamaulipas.
Estudio y proyecto de la factibilidad técnica y económica de la construcción de la planta desalinizadora de las aguas del dren El Morillo, y alternativas del reúso de las aguas tratadas.
Estudio para la reubicación de tiraderos de basura, ubicados en la zona del cauce internacional del río Bravo, en el municipio de Reynosa, Tamaulipas

Fuente: elaboración propia

3.2 Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia

En infraestructura, como los sistemas de saneamiento, la resiliencia se refiere a la capacidad de un sistema para soportar eventos extraordinarios 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).

De acuerdo con Bruneau (2003), existen cuatro características (4R) que hacen que un sistema sea resiliente:

- 1R. Resistencia: la capacidad de un sistema de agua potable y saneamiento de no colapsarse totalmente ante una falla, sino conservar un mínimo necesario de funcionamiento.
- 2R. Redundancia: que el sistema de agua potable y saneamiento tenga suficientes redundancias (respaldos), para evitar que haya cuellos de botella o elementos que puedan causar la falla completa.
- 3R. Recursos: no únicamente es tener recursos para atender una emergencia (tales como presupuestos, repuestos y personal), sino también las estrategias de improvisación y adaptación de soluciones temporales que sostengan el funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento.
- 4R. Rapidez: la tasa a la cual se recupera la funcionalidad del sistema.

Para el presente estudio de Gran Visión, los elementos descritos serán tomados en cuenta para llevar a cabo las alternativas propuestas en los diferentes elementos del sistema de alcantarillado y saneamiento de las localidades de estudio.

3.2.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

El crecimiento de la ciudad de Reynosa, TM, ha incrementado las superficies ocupadas por construcciones y vialidades pavimentadas y, a su vez, ha disminuido las áreas naturales de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

infiltración, por lo que los tiempos de concentración de los escurrimientos, que generan las mayores tormentas en temporada de lluvias, se han reducido considerablemente, ocasionando avenidas de tránsito rápido que descienden súbitamente por las cuevas lisas de las vialidades, ocasionando acumulaciones excesivas de agua en las partes bajas.

En estas condiciones, la red municipal de alcantarillado, concebida para funcionar como un sistema separado; es decir, con tuberías dimensionadas para conducir sólo las aguas residuales, fue en su tiempo suficiente para captar y desalojar los caudales combinados; sin embargo, con el aumento natural de la población y la creciente urbanización aguas arriba de las cuencas, los sectores urbanos que ocupan las zonas bajas, carentes de sistemas de drenaje con capacidad adecuada para desalojar los grandes volúmenes acumulados de agua de lluvia, padecen los efectos de las inundaciones.

Por lo anterior, en la nueva infraestructura de colectores que se plantea construir, para hacer llegar el agua residual a los sitios de tratamiento, se están proponiendo que se realicen con el diámetro adecuado para conducir el gasto máximo instantáneo y con tuberías de materiales que permitan absorber movimientos extremos del terreno en donde serán alojadas, lo que deberá considerarse al llevar a cabo el proyecto ejecutivo correspondiente.

Tabla 52. Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM

Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción.
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores.
Refuerzo y sustitución de tuberías en red, subcolectores, colectores y líneas a presión.
Emisor de 48" 1.22 m de PVC estructurado, 7,363 m de colector a PTAR 3
Colector a PTAR 2, formado por tubería de PVC de 0.60 m. (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.
Colector a PTAR 4, formado por tubería de PVC de 0.61 m. (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.
Colector de PVC de 0.76 m. (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2
Colector de PVC de 0.76 m. (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4
Colector de PVC de 0.45 m. (18") de diámetro con una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámide
Colector de PVC de 0.76 m. (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3
Emisor a presión a la PTAR 4 con tubería de 12 pulgadas y 1800 metros de PEAD
Emisor a presión con tubería de 36 pulgadas y 200 metros de PEAD del cárcamo a la PTAR2
Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.
Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.

Fuente: elaboración propia

Tabla 53. Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM

Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores.
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red, subcolectores, colectores y líneas a presión.
Emisor de 48" 1.22 m de hierro dúctil 7360 m colector a PTAR 3.
Colector a PTAR 2, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.60 m. (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.
Colector a PTAR 4, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.61 m. (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m. (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.45 m. (18") de diámetro con una longitud de 2000 m. hacia la PTAR Pirámides.
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m. (30") de diámetro con una longitud de 7363 m. hacia la PTAR 3.
Emisor a presión a la PTAR 4 con tubería de 12 pulgadas y 1800 metros de hierro dúctil.
Emisor a presión con tubería de 36 pulgadas y 200 metros de hierro dúctil del cárcamo a la PTAR 2.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción
Catastro del sistema de alcantarillado que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.
Estudio y adecuación de proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.

Fuente: elaboración propia

A continuación se presentan las características de los principales colectores de la ciudad de Reynosa, TM, donde se señalan longitudes, diámetros, tipo de material, pendiente, gasto medio, máximo extraordinario, máximo instantáneo, considerando los plazos de cada proyecto (corto, mediano y largo plazo), como se ha planteado en el presente estudio.

Tabla 54. Descripción de colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM

Nombre del proyecto	Características de la obra	Observaciones
Colector de la calle Durango a la nueva PTAR 3, de 48" 1.22 m de PVC estructurado 7363 m.	El agua residual por conducir por este colector se maneja con un gasto medio diario de 551.31 lps, un gasto máx. extraordinario de 992.90 lps y un gasto máximo instantáneo de 1,489.36, con los que se calculó el colector, mismo que está formado por una Long de 7363 metros, de tubería de 1.22 metros (48") de diámetro de PVC, con una pendiente de 0.9 al millar, con lo que se podrá conducir un gasto de 1,764.68 lps	Se propone construir un colector al año 2024, que intercepte los colectores de la calle Durango y EBAR 14, así como Brecha 99, que actualmente conducen por gravedad el agua residual a la EBAR 10, desincorporando toda el agua de esta última estación de bombeo para mandarla a una nueva planta de tratamiento (PTAR), con lo cual se reduciría un importante volumen de agua a la PTAR 1, la ya no puede crecer en su capacidad por su cercanía al río Bravo
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro en una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3	El gasto medio de agua residual que se generará en la zona de influencia de la nueva PTAR, al año 2050, será de 840 lps, un gasto máx. extraordinario de 1410 lps y un gasto máximo instantáneo de 2115 lps Como se tiene una tubería de 122 cm y una pendiente de 0.9 al millar conduciría 1764 lps; se propone reforzar con un nuevo colector, formado por tubería de PVC de 76 cm de diámetro con una longitud de 7363 metros y con pendiente de 0.9 al millar, que conducirá 499 lps, lo que sumado con 1764 lps de la tubería de 122 cm nos da un total de 2263 lps total a conducir por los dos tubos en paralelo, cumpliendo la capacidad requerida para el gasto de máx. instantáneo de proyecto, que es de 2,115 lps	Para contar con la capacidad suficiente para la conducción del agua residual que se genere en su zona de influencia hasta la PTAR 3, se propone reforzar, al año 2050, el colector de 122 cm de diámetro que se construirá en 2030, con un nuevo colector de 76 cm de diámetro y una longitud de 7363 m.
Colector a PTAR 2, formado por tubería de PVC de 0.60 m. (24") de diámetro con una longitud de 4,405 m.	El agua residual por conducir por este colector se maneja con un gasto medio diario de 100 lps, un gasto máx. extraordinario de 243.78 lps, y un gasto máximo instantáneo de 365.67 lps, con el que se calculó el colector mismo, que estará formado por una longitud de 4405 metros, de tubería de 61 cm de diámetro de PVC con una pendiente de 2.0 al millar, con lo que podrá conducir un gasto de 414.30 lps	Se propone construir un colector al año 2030, que conduzca por gravedad a la PTAR las aguas residuales generadas por los nuevos desarrollos que se establecerán en la zona sur de la ciudad de Reynosa.
Colector a PTAR 4, formado por tubería de PVC de 0.61 m. (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.	El agua residual por conducir por este colector se considera con un gasto medio de 66 lps, un gasto máximo extraordinario de 172.26 y un gasto máximo instantáneo de 258.39 lps, con el que se calculó el colector, mismo que estará formado con tubería de PVC de 60 cm, en una longitud de 1958 metros y contará con una pendiente de 2 al millar.	Se propone construir un colector al año 2030, que conduzca a gravedad a la nueva PTAR, el agua residual que se genere por los nuevos asentamientos que se desarrollen en la zona poniente de la ciudad de Reynosa.
Colector de PVC de 0.76 m. (30") de diámetro con una	El gasto medio de agua residual que se generará en la zona de influencia de la nueva PTAR, al año 2050,	Para contar con la capacidad suficiente para la conducción del agua residual que se



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Nombre del proyecto	Características de la obra	Observaciones
longitud de 2929 m. hacia la PTAR 4	será de 277 lps, un gasto máximo extraordinario de 563.75 lps y un gasto máximo instantáneo de 1,126.98 lps. Como se tiene una tubería de 60 cm y una pendiente de 2 al millar conduciría 396 lps; se propone reforzar con un nuevo colector formado por tubería de PVC de 76 cm de diámetro, con una longitud de 2929 metros y con pendiente de 2 al millar que conducirá 744 lps, lo que sumado con 396 lps de la tubería de 60 cm nos da un total de 1140.00 lps total a conducir por los dos tubos en paralelo, cumpliendo la capacidad requerida para el gasto de máximo instantáneo de proyecto, que es 1126.98 lps	genere en la zona poniente de la ciudad de Reynosa, hasta la PTAR 4, se propone reforzar al año 2050 el colector de 60 cm de diámetro, que se construirá en el 2030, con un nuevo colector de 30 pulgadas de diámetro y una longitud de 2929 m.

Fuente: elaboración propia

3.2.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

En las acciones propuestas para llevar a cabo las reingenierías y la rehabilitación de las EBAR del sistema de alcantarillado de la ciudad de Reynosa, TM, deberá considerarse, como lo señalamos anteriormente, implementar la automatización de las estaciones de bombeo de aguas residuales, de tal forma que el encendido de los equipos se haga en forma automática, de acuerdo a las necesidades, dependiendo de las aportaciones de agua que estén llegando a cada estación, dentro de los diferentes horarios del día y de las estaciones del año, siempre dentro de las capacidades de las líneas de impulsión, lo que permitirá al organismo operador garantizar que no se derramen las aguas residuales sin tratar en las zonas aledañas..

Asimismo, deberá implementarse la instalación de plantas generadoras de emergencia en las estaciones de bombeo principales, que le permitan al organismo operador, en caso de suspensión del servicio de energía eléctrica, la continuidad del bombeo de aguas residuales, evitando con ello el derrame de aguas residuales, lo que ocasionaría posibles problemas de salud y molestias justificadas en la población.

Por otro lado, en la selección de los equipos de bombeo a sustituir deberá de considerarse que sean los más adecuados, en lo que respecta al bombeo de aguas residuales, y que sean de mayor durabilidad, tomando en cuenta que estarán permanentemente en contacto con agua residual; asimismo, deberá considerarse que estos equipos sean los de mayor eficiencia que existan en el mercado, y que las instalaciones eléctricas sean suficientes para que estén debidamente protegidos contra cortes repentinos de energía o fallas de fases.

Al momento de llevar a cabo el diseño y selección de los equipos de bombeo, también deberá considerarse que se cuente con el equipo de reserva suficiente para continuar operando, en caso de daño en alguno de ellos.

En las estaciones de bombeo de aguas residuales que se proponen rehabilitar o mejorar, deberá considerarse la instalación de un sistema de control de olores.

Tabla 55. Alternativa 1. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales, Reynosa, TM

Alternativa 1. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales
Equipamiento de la EBAR 10 con equipos de acero .
Equipamiento de la EBAR 14 con equipos de acero .
Rehabilitación de estaciones de bombeo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 1. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales

Cárcamo de bombeo de la PTAR 4 con equipos **de acero**.

Cárcamo de bombeo de la PTAR 2 con equipos **de acero**.

Fuente: elaboración propia

Tabla 56. Alternativa 2. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales, Reynosa, TM

Alternativa 2. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales

Equipamiento de la EBAR 10 con equipos **de fierro**.

Equipamiento de la EBAR 14 con equipos **de fierro**.

Rehabilitación de estaciones de bombeo.

Cárcamo de bombeo a la PTAR 4 con equipos **de fierro**.

Cárcamo de bombeo a la PTAR 2 con equipos **de fierro**.

Fuente: elaboración propia

3.2.3 Alternativas para plantas de tratamiento

Para cubrir el déficit de la capacidad de saneamiento al año de estudio, 2050, que será de 1635 litros por segundo, será necesario la implementación de las siguientes acciones:

Ampliación de las PTAR 2, de 750 a 1250 lps, y la Pirámides de 2 a 20 lps.

Construcción de las PTAR 3, con una capacidad de 840 lps, y la 4 con una capacidad de 277 lps.

Independientemente de la alternativa que se elija sobre el sistema de tratamiento propuesto para las nuevas plantas, entre el sistema lagunar o mecanizado, se plantea que estas sean construidas con un sistema modular, con el propósito de que en el caso de falla de uno de los sistemas, el resto continúe operando en forma normal; asimismo, en el caso de dar mantenimiento o llevar a cabo una rehabilitación de la planta, que esta se pueda llevar a cabo en partes, o sea por módulos, de tal manera que sólo sea suspendida la operación de uno de ellos.

Para cubrir el déficit de tratamiento de aguas residuales al año 2050, se propone se construyan los sistemas de tratamiento, de acuerdo con cómo se vayan requiriendo en los períodos, lo que permitirá contar con sistemas constituidos por módulos y, en un momento necesario, trabajar en forma parcial, al dar mantenimiento o rehabilitación a las PTAR.

Tabla 57. Alternativa 1 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM

Alternativa 1 para plantas de tratamiento

Rehabilitación de la PTAR 1

Rehabilitación de la PTAR 2

Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 3, de **550 lps**, a base de **lagunas de oxidación**

Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 a base de lagunas de oxidación

Ampliación en **60 lps** de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de **lagunas de oxidación**

Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, de **66 lps**, a base de **lagunas de oxidación**

Ampliación en **100 lps** de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, **mecanizada**

Ampliación en **400 lps** de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, **mecanizada**

Ampliación en **227 lps** de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de **lagunas de oxidación**

Ampliación en **211 lps** de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de **lagunas de oxidación**

Ampliación en **18 lps** de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, **mecanizada**

Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.

Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 58. Alternativa 2 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM

Alternativa 2 para plantas de tratamiento
Rehabilitación de la PTAR 1.
Rehabilitación de la PTAR 2.
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales número 3 de 550 lps, tipo mecanizada.
Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales número 4 (mecanizada).
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR número 3, tipo mecanizada.
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales número 4 de 66 lps, tipo mecanizada.
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales número 2, mecanizada.
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales número 2, mecanizada.
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR número 3, tipo mecanizada.
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales número 4 tipo, mecanizada.
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada.
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4.

Fuente: elaboración propia

Para atender la demanda de tratamiento de aguas residuales al año 2050, a continuación se presenta la tabla con la capacidad actual instalada, así como las necesidades de ampliación a los años 2024, 2030 y 2050, por cada una de las zonas de la ciudad de Reynosa, TM, con en lo cual se llevó a cabo la propuesta de crecimiento en su capacidad de cada una de las plantas, o la construcción de las PTAR necesarias para atender la necesidad de la población al año del presente estudio de Gran Visión (2050).

Tabla 59. Plantas de tratamiento actuales y a futuro de la ciudad de Reynosa, TM

PTAR	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Capacidad total	Observaciones
	2024	2030	2050		
	2290.12 l/s	2517.88 l/s	3387.78 l/s		
1	1,000	1,000	1,000	1,000	Planta existente con capacidad de 1000 lps
2	738	838	1,250	1,250	Planta existente con capacidad de 750 lps
Pirámides	0.31	0.31	20	20	Planta existente con capacidad de 2 lps
3	551	613	840	840	Planta propuesta
4		66	277	277	Planta propuesta
Total	2,290	2,517	3,388	3,388	

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se citan las características de las plantas de tratamiento que se plantea rehabilitar, ampliar o construir; la justificación de cada una de ellas, así como el plazo en que deberán llevarse a cabo las acciones que le permitan a la COMAPA Reynosa otorgar el servicio de saneamiento de las aguas residuales que son producidas por la población en los diferentes años del presente estudio de Gran Visión.

Tabla 60. Descripción de la construcción y ampliación de las principales PTAR, Reynosa, TM

Nombre del proyecto	Características de la obra	Observaciones
Rehabilitación de la PTAR 1	Se propone la rehabilitación total de la PTAR 1, misma que cuenta con una capacidad de tratamiento de 1000 litros por segundo, y su tratamiento es a base de lodos activados.	Actualmente la planta de tratamiento se encuentra operando en forma regular; sin embargo, con el objeto de garantizar que se continúe con el tratamiento de las aguas residuales dentro de los parámetros establecidos en el permiso de descarga



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Nombre del proyecto	Características de la obra	Observaciones
		correspondiente, se ha propuesto dentro de la cartera de proyectos que sea rehabilitada a mediano plazo (periodo 2025-2030).
Rehabilitación de la PTAR 2	Se propone la rehabilitación total de la PTAR 2, misma que cuenta con una capacidad de tratamiento de 750 litros por segundo, y su tratamiento es a base de filtros percoladores, y actualmente cuenta con tres trenes de 250 lps cada uno.	Actualmente la planta de tratamiento se encuentra operando en forma regular; sin embargo, con el objeto de garantizar que se continúe con el tratamiento de las aguas residuales, dentro de los parámetros establecidos en el permiso de descarga correspondiente, se ha propuesto dentro de la cartera de proyectos que sea rehabilitada a mediano plazo (periodo 2025-2030).
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps, a base de lagunas de oxidación.	La obra para construir será una planta de tratamiento de aguas residuales, denominada número 3, que tendrá una capacidad de 550 lps; se ubicará al oriente de Reynosa, y constará de un proceso a base de lagunas de oxidación.	Con la ejecución de esta PTAR 3, con capacidad de 550 lps, a base de lagunas de oxidación, se garantizará el tratamiento de las aguas residuales que se generan en la zona oriente de Reynosa, apoyando con ello a la salud de los habitantes. Obra propuesta en cartera para construirse a corto plazo.
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación.	La obra para ampliar será la planta de tratamiento de aguas residuales número 3, con capacidad actual de 550 lps, aumentándose en 60 lps. Se propone que sea ampliada en el mismo tipo (sistema lagunar).	Con la ejecución de esta obra de ampliación en 60 lps de la PTAR 3, esta contará con una capacidad total de 610 lps, suficientes para dar el servicio de saneamiento a la población de ese sector de Reynosa. Obra propuesta en cartera para construirse a mediano plazo 2025-2030.
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación	La obra por ampliar será la planta de tratamiento de aguas residuales 3, con capacidad actual de 610 lps, aumentándose en 227 lps. Se propone que sea ampliada en el mismo tipo (sistema lagunar).	Con la ejecución de esta obra de ampliación en 227 lps de la PTAR 3, esta contará con una capacidad total de 837 lps, suficientes para dar el servicio de saneamiento a la población de ese sector de Reynosa al año 2050.
Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 (lagunas de oxidación).	La presente acción consiste en la adquisición de un terreno de 35 has al norponiente de Reynosa para captar las aguas residuales de ese sector de desarrollo y ahí construir en un futuro la PTAR 4 a base de lagunas de oxidación.	Reynosa requerirá para el año 2030 ampliar la capacidad de tratamiento de sus aguas residuales generadas, y uno de los sectores que está contemplado en la zona de crecimiento es el poniente de la ciudad, por lo que se propone la adquisición de un terreno de 35 hectáreas, a través de la COMAPA, donde a mediano plazo se pueda construirla PTAR denominada número 4, con el objeto de ir creciendo en forma modular, de acuerdo con las necesidades hasta el año 2050, que será de 277 litros por segundo.
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, de 66 lps, a base de lagunas de oxidación.	La obra por construir será una planta de tratamiento de aguas residuales, denominada número 4, que tendrá una capacidad de 66 lps; se ubicará al poniente de Reynosa y constará de un proceso a base de lagunas de oxidación.	Con la ejecución de esta PTAR 4, con capacidad de 66 lps, a base de lagunas de oxidación, se garantizará el tratamiento de las aguas residuales que se generan en un sector de la zona poniente de Reynosa, apoyando con ello a la salud de los habitantes.
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de lagunas de oxidación.	Con el objeto de otorgar el servicio de saneamiento a los habitantes de un sector de la zona poniente de Reynosa, en el año 2050, se propone la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 en 211 lps que, sumados a los que se construirán en 2030, se contará con una capacidad total 277 litros por segundo. La citada ampliación se llevará a cabo con el mismo sistema lagunar de la primera etapa.	Con la ampliación en 211 lps de la PTAR4, se contará con capacidad total al año 2050 de 277lps, y será construida con el proceso a base de lagunas de oxidación; con ella se garantizará el tratamiento de las aguas residuales que se generan en un sector de la zona poniente de Reynosa, apoyando con ello a la salud de los habitantes. .
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada.	La obra principalmente consiste en la ampliación de la PTAR 2, en 100 litros por segundo, con la misma tecnología de filtros percoladores, que consta de un sistema de filtros, sedimentación secundaria, lecho de secados y cloración, incluyendo en cada uno el equipo electromecánico correspondiente.	Para el año 2030 la zona sur de Reynosa, que es el área de influencia de la actual PTAR2, se prevé que tenga un crecimiento, de tal forma que se requerirá ampliar esta planta de tratamiento en 100 litros por segundo más, por lo que se propone que la actual, que es de 750 lps, aumente su capacidad a 850 litros para ese año. El tipo de tratamiento



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Nombre del proyecto	Características de la obra	Observaciones
	Con esta ampliación propuesta se contará con una capacidad instalada de 850 lps	propuesto es con la misma tecnología que la existente, que es a base de filtros percoladores.
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2 mecanizada	La obra principalmente consiste en la ampliación de la PTAR 2 en 400 litros por segundo, con la tecnología de filtros percoladores, que consta de un sistema de filtros, sedimentación secundaria, lecho de secados y el sistema de cloración, incluyendo en cada uno el equipo electromecánico correspondiente; con esta ampliación se contará con una capacidad instalada total de 1250 lps, considerando la ampliación propuesta para el año 2030.	Para el año 2050 la zona sur de Reynosa, que es el área de influencia de la actual PTAR 2, se prevé que tenga un crecimiento, de tal forma que se requerirá ampliar esta planta de tratamiento en 400 litros por segundo más, por lo que se propone que la actual, que es de 750 lps, aumente su capacidad a 850 litros para el año 2030 y que para el 2050 se incremente en 400 litros más, para llegar en este último año a 1250 litros por segundo en su capacidad total de tratamiento. El tipo de tratamiento propuesto es a base de filtros percoladores.
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada	La obra en la PTAR Pirámides consistirá en una ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales actual, que es de 2 lps, con lo que se llegará a 20 lps de capacidad total. El tipo de tratamiento propuesto es del tipo mecanizado, a través de un proceso de lodos activados, considerando la capacidad de la planta.	La obra de la ampliación de la PTAR Pirámides, a base de planta mecanizada, con capacidad actual de 2 lps; para el año 2050 será necesario llevar a cabo una ampliación en 18 lps, ya que de acuerdo con el crecimiento de la población hacia esa zona de la ciudad, se requerirá tratar un gasto de 20 litros por segundo de aguas residuales que se generarán en ese sector, por lo que se propone realizar esa obra, con el objeto de contar con la infraestructura de saneamiento necesaria para que se cumpla con ese servicio.
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR	El estudio y proyecto ejecutivo deberá considerar subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y la PTAR 3, que se propone que sea del tipo lagunar y será proyectada para ubicarse al oriente de la ciudad, en terrenos propiedad de la COMAPA.	Con la finalidad de contar con los proyectos ejecutivos necesario para llevar a cabo la construcción de obras que le permitan a la COMAPA contar con la infraestructura de saneamiento para tratar el agua residual que se generará a futuro (año 2050), por los habitantes de la zona oriente de Reynosa, se propone la elaboración de los citados proyectos, que incluyen: colectores, emisores, líneas de impulsión, estaciones de bombeo y la planta de tratamiento de aguas residuales 3, la cual deberá construirse por etapas, de acuerdo con el crecimiento de la población de la citada zona.
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR	El estudio y proyecto ejecutivo se deberá considerar, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y la PTAR No. 4 con capacidad de 277 lps que se propone que sea del tipo lagunar, misma que será proyectada para ubicarse al poniente de la ciudad, en terreno que deberá adquirir por la COMAPA Reynosa.	Con la finalidad de contar con los proyectos ejecutivos para llevar a cabo la construcción de obras que le permitan a la COMAPA contar con la infraestructura de saneamiento necesaria para tratar el agua residual que se generará a futuro (año 2050), por los habitantes de la zona poniente de Reynosa, se propone la elaboración de los citados proyectos, que incluyen: colectores, emisores, líneas de impulsión, estaciones de bombeo y la planta de tratamiento de aguas residuales 4 de 277 lps, la cual deberá construirse por etapas, de acuerdo con el crecimiento de la población de la zona citada.

Fuente: elaboración propia

3.2.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Considerando la disponibilidad del agua en la cuenca de estudio, se hace de vital importancia la utilización o reúso del agua residual tratada; además, si consideramos que el gasto de tratamiento en el caso de Reynosa, TM, es muy considerable, existen elementos suficientes y de peso para implementar en forma urgente acciones que le permitan al organismo operador aprovechar estas aguas residuales para llevar a cabo las negociaciones ante los usuarios agrícolas, con el fin de lograr el intercambio del agua tratada de sus plantas por agua de primer uso que se utiliza actualmente en el riego agrícola. Asimismo, como lo señalamos en párrafos anteriores, con el mismo propósito de dar utilidad a las aguas residuales tratadas, deberá identificarse entre los industriales a los



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

potenciales usuarios de estas aguas, con el objeto de hacer las negociaciones que permitan la utilización de esta agua dentro de sus procesos industriales.

Las acciones anteriores permitirán al organismo operador contar con mayor volumen de agua concesionada para atender las necesidades futuras de abastecimiento del servicio de agua potable a la población de Reynosa, TM.

3.2.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Con el objeto de que se mejore la operación del sistema de alcantarillado y saneamiento de la ciudad de Reynosa, se propone implementar la automatización de las 41 estaciones de bombeo de aguas residuales, de tal forma que el encendido de los equipos se haga de forma automática, de acuerdo con las necesidades, dependiendo de las aportaciones de agua que estén llegando a cada estación, dentro de los diferentes horarios del día y de las estaciones del año, siempre dentro de las capacidades de las líneas de impulsión, lo que permitirá al organismo operador garantizar que no se derramen las aguas residuales sin tratar en las zonas aledañas a las citadas estaciones de bombeo.

Lo anterior debe de ser compatible con un sistema general de control supervisorio que implementarse a futuro, de tal forma que le permita a la COMAPA, desde un sitio determinado expreso y estratégico para ello, estar monitoreando el comportamiento de los niveles y gastos que llegan y salen de cada una de las estaciones de bombeo, así como de cada sitio de tratamiento.

Además de lo señalado en el apartado 3.1.5, referente a la automatización de las estaciones de bombeo de aguas residuales y la implementación de un sistema supervisorio, también es necesario que el agua tratada, que se descarga de las PTAR a los cuerpos receptores, cumpla con los parámetros establecidos en los permisos de descarga, y que la COMAPA cuente con un laboratorio equipado con lo necesario, en cuanto a personal e instrumentos para llevar a cabo las acciones de vigilancia de los procesos específicos en cada una de las plantas de tratamiento.

Tabla 61. Estudios propuestos (alternativa única)

Estudios propuestos (alternativa única)
Estudio de calidad de agua de los drenes Santa Anita y El Anheló, y proyecto para el tratamiento del agua de la laguna La Escondida.
Estudio de modelación hidráulica de la laguna La Escondida, y proyecto ejecutivo para la adecuación de su descarga al río Bravo, a través del dren El Anheló.
Estudio y proyecto ejecutivo para la captación de derrame de sustancias tóxicas; en caso de accidentes del transporte público de carga, su alejamiento y confinamiento en el puente Internacional Reynosa-Pharr para evitar la contaminación del río Bravo.
Estudio para tratar los retornos agrícolas al río Bravo, procedentes de los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, en el estado de Tamaulipas.
Estudio y proyecto de factibilidad técnica y económica de la construcción de la planta desalinizadora de las aguas del dren El Morillo y alternativas del reúso de las aguas tratadas.
Estudio para la reubicación de tiraderos de basura, ubicados en la zona del cauce internacional del río Bravo, en el municipio de Reynosa, Tamaulipas

Fuente: elaboración propia

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

3.3.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Como lo mencionamos en el apartado 3.1.1, con el objeto de hacer llegar el agua a las nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales 3 y 4, así como a la ampliación de la PTAR 2, se propone la



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

construcción de colectores de diferentes diámetros, con el propósito de ir creciendo en la infraestructura, de acuerdo con cómo lo vayan requiriendo las necesidades, con el objeto de no hacer gastos innecesarios y no contar con obras subutilizadas. Por otro lado, también se propone construir los citados colectores con distintos materiales, lo que permitirá evaluar y seleccionar la alternativa más conveniente, sobre todo para el organismo operador.

Alternativa No. 1

Tabla 62. Relación de colectores principales, alternativa 1, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector de la calle Durango a la nueva PTAR 3 de 48", 1.22 m de PVC estructurado 7363 m.	\$109,100,000.00		\$109,100,000.00		
Colector a PTAR 2, formado por tubería de PVC de 0.60 m, (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.	\$22,860,000.00			\$22,860,000.00	
Colector a PTAR 4, formado por tubería de PVC, de 0.61 m (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.	\$10,154,000.00			\$10,154,000.00	
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2	\$75,000,000.00				\$75,000,000.00
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4	\$15,200,000.00				\$15,200,000.00
Colector de PVC de 0.45 m (18") de diámetro con una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámide	\$9,620,000.00				\$9,620,000.00
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3	\$52,600,000.00				\$52,600,000.00
Emisor a presión a la PTAR 4, tubería de 12 pulgadas 1800 metros de PEAD	\$1,980,000.00				\$1,980,000.00
Emisor a presión, tubería de 36 pulgadas, 200 metros PEAD del cárcamo a la PTAR 2	\$3,740,000.00				\$3,740,000.00
Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.	\$3,500,000.00	\$3,500,000.00			
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.	\$1,800,000.00	\$1,800,000.00			
Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00			
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$72,000,000.00		\$72,000,000.00		
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores	\$198,000,000.00		\$80,000,000.00	\$118,000,000.00	



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red, subcolectores, colectores y líneas a presión.	\$180,000,000.00		\$60,000,000.00	\$120,000,000.00	
Total	\$760,554,000.00	\$10,300,000.00	\$321,100,000.00	\$271,014,000.00	\$158,140,000.00

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observan los principales colectores que deberán construirse para hacer llegar a los sitios de tratamiento el agua residual que se generará por la población de Reynosa, TM en los diferentes plazos, hasta el año del presente estudio de Gran Visión 2050: asimismo, se indican los costos de inversión para la construcción de cada uno de ellos.

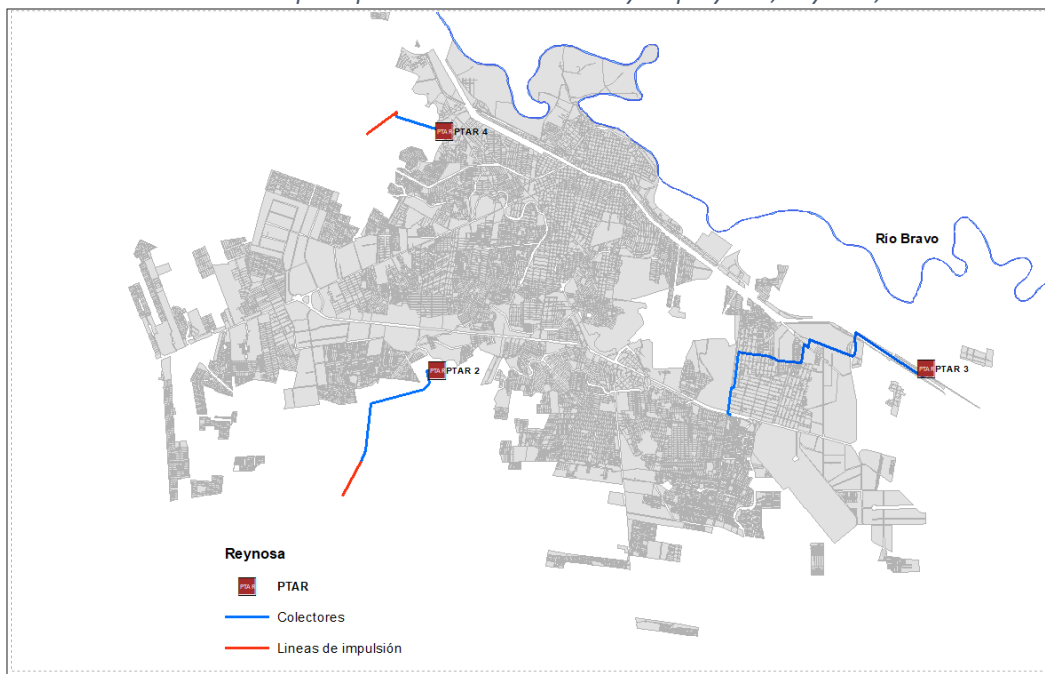
En la alternativa 1 se propone construir los colectores con tubería de PVC.

Las tuberías de PVC para aguas residuales se utilizan en mayor medida para alcantarillas de gravedad. Son resistentes a la radiación ultravioleta, y un bajo coeficiente de expansión lineal es perfecto para las aguas residuales.

Peso ligero: un excelente indicador para el transporte y la instalación. Durante la instalación no se usa equipo especial, terminando con una solución: simplemente se inserta una tubería de plástico en el zócalo de otra tubería, con un anillo de sellado, hecho de caucho de alta calidad, que garantiza una conexión apretada durante muchos años.

Este tipo de tubería cuenta con una larga vida útil, además de que tiene una alta flexibilidad para soportar deformaciones del terreno.

Ilustración 25. Colectores principales a PTARs existentes y de proyecto, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En el plano anterior se observan los colectores propuestos para conducir el agua residual que se generará en los nuevos desarrollos hasta los nuevos sitios de tratamiento o a las plantas de tratamiento: las actuales y las que requerirán ser ampliadas.

Alternativa 2

Tabla 63. Relación de colectores principales, alternativa 2, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector de la calle Durango a la PTAR 3 de 48" 1.22 m de hierro dúctil 7360 m.	\$186,400,000.00		\$186,400,000.00		
Colector a PTAR 2, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.60 m (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.	\$44,390,000.00			\$44,390,000.00	
Colector a PTAR 4, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.61 m (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.	\$19,720,000.00			\$19,720,000.00	
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2.	\$124,850,000.00				\$124,850,000.00
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4.	\$29,500,000.00				\$29,500,000.00
Colector de polietileno de alta densidad de 0.45 m (18") de diámetro con una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámides.	\$15,590,000.00				\$15,590,000.00
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3.	\$87,570,000.00				\$87,570,000.00
Emisor a presión a la PTAR 4, tubería de 12 pulgadas y 1800 metros de hierro dúctil .	\$3,103,000.00				\$3,103,000.00
Emisor a presión, tubería de 36 pulgadas 200 metros hierro dúctil del cárcamo a la PTAR 2.	\$6,760,000.00				\$6,760,000.00
Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.	\$3,500,000.00	\$3,500,000.00			
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.	\$1,800,000.00	\$1,800,000.00			
Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00			



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.					
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$72,000,000.00		\$72,000,000.00		
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores.	\$198,000,000.00		\$80,000,000.00	\$118,000,000.00	
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red, subcolectores, colectores y líneas a presión.	\$180,000,000.00		\$60,000,000.00	\$120,000,000.00	
Total	\$978,183,000.00	\$10,300,000.00	\$398,400,000.00	\$302,110,000.00	\$267,373,000.00

Fuente: elaboración propia

En esta alternativa 2 se plantea construir los colectores principales con tubería de hierro dúctil y polietileno de alta densidad.

La tubería de hierro dúctil es un producto de avanzada metalurgia, la cual ofrece propiedades únicas para la conducción de agua bajo presión y otros usos. Combina la resistencia de un acero con la larga vida del hierro gris fundido.

La tubería de hierro dúctil ofrece el máximo margen de seguridad posible contra fallas de mantenimiento, debido a los movimientos de tierra y esfuerzos residuales. Virtualmente irrompible en condiciones de servicio ordinario, también ofrece una resistencia creciente a la ruptura producida por un manipuleo tosco en el embarque e instalación.

La resistencia a la corrosión de la tubería de hierro dúctil ha sido probada en una variedad amplia de pruebas aceleradas y hoy en día es al menos igual a la que ofrece el hierro fundido. Cuenta con muy larga vida.

Los cambios de temperatura extremos no afectan la resistencia o las características de manejo de la tubería de polietileno. Las temperaturas frías pueden afectar la resistencia al impacto de algunos termoplásticos, aunque el polietileno permanece altamente resistente al impacto hasta en condiciones bajo-cero. Revisiones propias de calidad demuestran que la resistencia al impacto en 0 grados (-18C) es varias veces la requerida por norma.

En clima caluroso, especialmente cuando se une bajo el sol directo, aumentará la temperatura de la tubería, pero no afectará significativamente el comportamiento del manejo o instalación.

Los costos medios de operación y mantenimiento se consideraron los promedios anuales, aplicándolos a la vida útil del proyecto y se trajeron a valor presente; se utilizó el apoyo de una hoja de cálculo, donde se colocaron en columnas los datos para cada proyecto que, de acuerdo con lo solicitado en los Términos de Referencia, tenemos: nombre de la obra, monto de la inversión y municipio. El detalle de la inversión se encuentra en la ficha correspondiente a cada proyecto.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 26. Intervención en colectores de Reynosa, TM. Alternativa 1

Alternativa 1								
Rehabilitación, ampliación, refuerzo y sustitución, Reynosa.								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Rehabilitación, refuerzo, ampliación y sustitución de red de alcantarillado, subcolectores, colectores y líneas a presión en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$212,000,000.00	2024	\$212,000,000.00	\$155,826,328.79	\$28,436,370.41	\$184,262,699.20	\$4,700,000.00	\$188,962,699.20
	\$238,000,000.00	2030	\$238,000,000.00	\$110,240,050.16	\$17,919,736.93	\$128,159,787.09	\$4,700,000.00	\$132,859,787.09
						Total Alternativa 1	\$321,822,486.29	

Fuente: elaboración propia

Ilustración 27. Intervención en colectores de Reynosa, TM. Alternativa 2

Alternativa 2								
Rehabilitación, ampliación, refuerzo y sustitución, Reynosa.								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Rehabilitación, refuerzo, ampliación y sustitución de red de alcantarillado, subcolectores, colectores y líneas a presión en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$212,000,000.00	2024	\$212,000,000.00	\$155,826,328.79	\$28,436,370.41	\$184,262,699.20	\$4,700,000.00	\$188,962,699.20
	\$238,000,000.00	2030	\$238,000,000.00	\$110,240,050.16	\$17,919,736.93	\$128,159,787.09	\$4,700,000.00	\$132,859,787.09
						Total Alternativa 2	\$321,822,486.29	

Fuente: elaboración propia

El consumo de energía se dedujo de la información proporcionada por el organismo operador. En los costos medios de operación y mantenimiento se consideraron los promedios anuales, aplicándolos a la vida útil del proyecto, y se trajeron a valor presente.

Debe señalarse que los salarios del personal no administrativo de operación y mantenimiento, tales como los operadores, el personal de mantenimiento y reparación y los obreros, están contabilizados dentro de los costos de operación y mantenimiento de los diversos componentes de infraestructura. Por esta razón, sólo los costos salariales del personal administrativo se consideraron separadamente del costo de las actividades de operación y mantenimiento.

Para la inversión a valor presente se aplicó la fórmula clásica de ingeniería financiera para el caso, aplicando una tasa de descuento del 8 %.

La precisión de los importes está en función de la información existente, en algunos casos proyectos ejecutivos, en otros anteproyectos, y en algunos a nivel conceptual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.3.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

Con el propósito de hacer llegar el agua residual, que se genera actualmente y la que será producida por las descargas a futuro, hasta los sitios de tratamiento, actuales y los propuestos, es necesario llevar a cabo obras que permitan atender esa demanda, por lo que se propone realizar acciones a corto, mediano y largo plazos, con el objeto de ir desarrollando proyectos e infraestructura que dé respuesta a esas necesidades; por ello en este apartado mencionaremos lo que se propone hacer en lo referente a estaciones de bombeo de aguas residuales.

Alternativa 1

A continuación se presentan las acciones necesarias en cuanto a las estaciones de bombeo, donde se observan las inversiones necesarias a corto, mediano y largo plazos.

Tabla 64. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 1, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Equipamiento de la EBAR 10 con equipos de acero	\$25,000,000.00		\$25,000,000.00		
Equipamiento de la EBAR 14 con equipos de acero	\$12,000,000.00		\$12,000,000.00		
Rehabilitación de estaciones de bombeo	\$40,000,000.00	\$40,000,000.00			
Cárcamo de bombeo PTAR 4 con equipos de acero	\$6,380,000.00				\$6,380,000.00
Cárcamo de bombeo PTAR 2 con equipos de acero	\$62,270,000.00				\$62,270,000.00
Total	\$145,650,000.00	\$40,000,000.00	\$37,000,000.00		\$68,650,000.00

Fuente: elaboración propia

En esta alternativa 1 se propone utilizar equipos de bombeo sumergibles para el manejo de aguas residuales con cuerpo de acero inoxidable, con diferentes diámetros, en lo que se refiere a paso de esfera, lo que permite más protección en los equipos y mayor durabilidad por el material con que se encuentran fabricadas.

Alternativa 2

Tabla 65. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 2, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Equipamiento de la EBAR 10 con equipos de fierro.	\$21,500,000.00		\$21,500,000.00		
Equipamiento de la EBAR 14 con equipos de fierro.	\$10,100,000.00		\$10,100,000.00		
Rehabilitación de estaciones de bombeo.	\$35,500,000.00	\$35,500,000.00			
Cárcamo de bombeo a PTAR 4 con equipos de fierro.	\$5,200,000.00				\$5,200,000.00
Cárcamo de bombeo a PTAR 2 con equipos de fierro.	\$56,000,000.00				\$56,000,000.00
Total	\$128,300,000.00	\$35,500,000.00	\$31,600,000.00		\$61,200,000.00

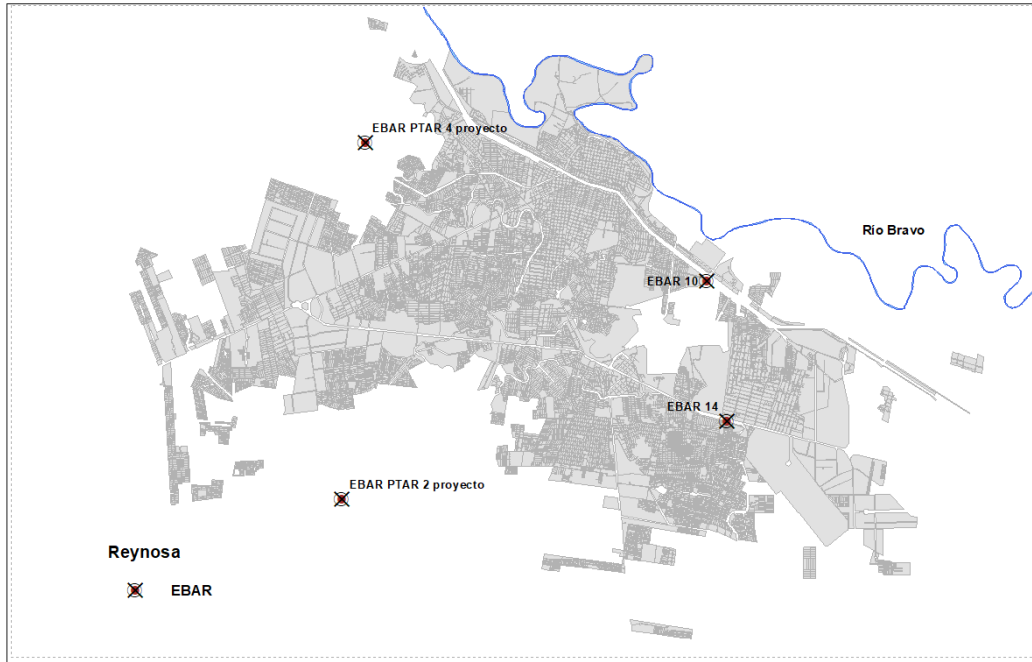
Fuente: elaboración propia

En esta alternativa 2 se proponen equipos de bombeo sumergibles, con cuerpo de fierro y con la mejor eficiencia, en su tipo, dentro del mercado.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 28. Ubicación de EBAR 10 y 14 y las nuevas de proyecto, Reynosa, TM



Fuente: elaboración propia

A continuación se anexan las tablas con los cálculos de operación y mantenimiento de las acciones de estaciones de bombeo de aguas residuales de Reynosa, TM.

Ilustración 29. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de EBAR's, Reynosa, TM. Alternativa 1

Alternativa 1								
Equipamiento de EBAR								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Equipamiento de EBAR con equipos de acero	\$40,000,000.00	2021	\$40,000,000.00	\$37,037,037.04	\$17,910,818.52	\$54,947,855.56	\$5,875,000.00	\$60,822,855.56
	\$37,000,000.00	2024	\$37,000,000.00	\$27,196,104.55	\$14,218,185.20	\$41,414,289.76	\$5,875,000.00	\$47,289,289.76
	\$68,650,000.00	2050	\$68,650,000.00	\$6,822,253.88	\$1,922,323.72	\$8,744,577.60	\$5,875,000.00	\$14,619,577.60
Total Alternativa 1								\$122,731,722.91

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 30. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de EBAR's, Reynosa, TM. Alternativa 2

Alternativa 2								
Equipamiento de EBAR								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Equipamiento de EBAR con equipos de fierro	\$35,500,000.00	2021	\$35,500,000.00	\$32,870,370.37	\$17,910,818.52	\$50,781,188.89	\$5,875,000.00	\$56,656,188.89
	\$31,600,000.00	2024	\$31,600,000.00	\$23,226,943.35	\$14,218,185.20	\$37,445,128.55	\$5,875,000.00	\$43,320,128.55
	\$61,200,000.00	2050	\$61,200,000.00	\$6,081,892.75	\$1,922,323.72	\$8,004,216.47	\$5,875,000.00	\$13,879,216.47
						Total Alternativa 2		\$113,855,533.91

Fuente: elaboración propia

3.3.3 Alternativas para plantas de tratamiento

Como lo hemos señalado, para el año de este estudio de Gran Visión 2050 se requerirá una capacidad de tratamiento de aguas residuales de 3387 lps; considerando que actualmente la capacidad de tratamiento es de 1752 lps, se deduce que se necesitará ampliar esta capacidad en 1635 lps. Por tanto, en el punto 3.1.3 del presente estudio mencionamos que, para dar atención a esta demanda de la población de la ciudad de Reynosa, TM, se propone lo siguiente:

La construcción de una nueva planta de tratamiento, que hemos denominada 3, la cual tendrá una capacidad de 840 litros por segundo.

La ampliación de la PTAR 2 en 500 litros por segundo, con lo cual se contará en esta con una capacidad total de tratamiento de 1250 litros por segundo.

La construcción de una nueva planta de tratamiento denominada 4, con una capacidad de 277 litros por segundo.

Ampliación de la PTAR Pirámides en 18 litros por segundo, para llegar a 20 lps.

Con el objeto de no contar con infraestructura obsoleta, además de programar las inversiones de acuerdo con las necesidades de la infraestructura señalada, en las siguientes alternativas se plantean las capacidades requeridas de cada una de las plantas, señalando la inversión y los plazos de ejecución de los trabajos, de tal manera que se programen las inversiones en el transcurso de esos períodos.

Para ello también se plantean dos alternativas de tratamiento, mismas que se enuncian a continuación.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 1

Tabla 66. Construcción y ampliación de PTAR's, alternativa 1, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Rehabilitación de la PTAR 1	\$50,000,000.00			\$50,000,000.00	
Rehabilitación de la PTAR 2	\$30,000,000.00			\$30,000,000.00	
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps, a base de lagunas de oxidación	\$320,000,000.00		\$150,000,000.00	\$170,000,000.00	
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación	\$36,900,000.00			\$36,900,000.00	
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación	\$140,175,000.00				\$140,175,000.00
Adquisición de 35 has para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 (lagunas de oxidación)	\$14,000,000.00			\$14,000,000.00	
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, de 66 lps, a base de lagunas de oxidación	\$40,660,000.00			\$40,660,000.00	
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de lagunas de oxidación	\$130,200,000.00				\$30,200,000.00
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada	\$55,290,000.00			\$55,290,000.00	
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada	\$253,500,000.00				\$253,500,000.00
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada	\$12,600,000.00				\$12,600,000.00
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.	\$4,000,000.00	\$4,000,000.00			
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4	\$2,500,000.00			\$2,500,000.00	
Total	\$1,089,825,000.00	\$4,000,000.00	\$150,000,000.00	\$399,350,000.00	\$536,475,000.00

Fuente: elaboración propia

Construcción de la nueva PTAR 3, de 840 litros por segundo, a través de un sistema lagunar, localizada en un terreno propiedad de la COMAPA Reynosa, en el ejido Santa Anita del municipio de Reynosa, TM, al oriente de la ciudad.

Ampliación de la PTAR 2 en 500 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, que es a través de filtros percoladores, con una capacidad total de 1250 litros, situada al sur de la ciudad.

La construcción de una nueva PTAR 4, con capacidad de 277 litros por segundo, a través de un sistema lagunar, localizada al poniente de la ciudad, para la cual se requerirá adquirir el terreno correspondiente en la citada zona.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ampliación de la PTAR Pirámides en 18 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, con una capacidad total de 20 litros, situada al sur de la ciudad.

En la tabla anterior se observa el tipo de tratamiento de las plantas citadas y el importe requerido, además de la forma como irán creciendo de acuerdo con las necesidades, a corto, mediano y largo plazo, en este último llegará a su capacidad total y será en el año 2050.

Alternativa 2

Tabla 67. Construcción y ampliación de PTAR's, alternativa 2, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Rehabilitación de la PTAR No. 1.	\$50,000,000.00			\$50,000,000.00	
Rehabilitación de la PTAR No. 2.	\$30,000,000.00			\$30,000,000.00	
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales No. 3 de 550 lps a base de lagunas de oxidación.	\$298,000,000.00		\$140,000,000.00	\$158,000,000.00	
Ampliación en 60 lps de planta de tratamiento de aguas residuales PTAR No. 3 tipo mecanizada.	\$33,100,000.00			\$33,100,000.00	
Ampliación en 227 lps de planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Np. 3 tipo mecanizada.	\$125,700,000.00				\$125,700,000.00
Adquisición de 35 has para construcción de planta de tratamiento de aguas residuales No. 4 (mecanizada).	\$3,500,000.00			\$3,500,000.00	
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales No. 4 de 66 lps tipo mecanizada.	\$36,490,000.00			\$36,490,000.00	
Ampliación en 211 lps de planta de tratamiento de aguas residuales No. 4 tipo mecanizada.	\$116,800,000.00				\$116,800,000.00
Ampliación en 100 lps de planta de tratamiento de aguas residuales No. 2 mecanizada.	\$55,290,000.00			\$55,290,000.00	
Ampliación en 400 lps de planta de tratamiento de aguas residuales No. 2 mecanizada.	\$253,500,000.00				\$253,500,000.00
Ampliación en 18 lps de planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides tipo mecanizada.	\$12,600,000.00				\$12,600,000.00
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR No. 3.	\$4,000,000.00	\$4,000,000.00			
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR No.4.	\$2,500,000.00			\$2,500,000.00	
Total	\$1,021,480,000.00	\$4,000,000.00	\$140,000,000.00	\$368,880,000.00	\$508,600,000.00

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa las etapas de cómo se propone que se construyan las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como las inversiones requeridas para ello.

A continuación se detallan las plantas propuestas y el sistema de tratamiento planteado en esta alternativa.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La construcción de la PTAR 3, de 840 litros por segundo, a través de un sistema mecanizado en un terreno propiedad de la COMAPA Reynosa, ubicado en el ejido Santa Anita del municipio de Reynosa, al oriente de la ciudad.

Ampliación de la PTAR 2 en 500 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, que es a través de filtros percoladores, con una capacidad total de 1250 litros, situada al sur de la ciudad.

La construcción de la PTAR 4, de 277 litros por segundo, a través de un sistema mecanizado, localizada al poniente de la ciudad, para la cual se requerirá un terreno correspondiente en la citada zona.

A continuación se anexan las tablas con los cálculos de operación y mantenimiento de las acciones de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Reynosa, TM.

Ilustración 31. Rehabilitación de las PTAR 1 y 2, Reynosa, TM. Alternativa única

Alternativa única								
Rehabilitación de PTAR 1 y PTAR 2								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas residuales 1 y 2	\$80,000,000.00	2030	\$80,000,000.00	\$37,055,479.05	\$26,879,605.39	\$63,935,084.44	\$7,050,000.00	\$70,985,084.44
Total Alternativa única								\$70,985,084.44

Fuente: elaboración propia

Ilustración 32. Construcción de la PTAR 3, Reynosa, TM. Alternativa 1

Alternativa 1								
Construcción PTAR 3, Reynosa.								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Construcción de Planta de tratamiento de aguas residuales 3 a base de lagunas de oxidación.	\$150,000,000.00	2024	\$150,000,000.00	\$110,254,477.92	\$42,654,555.61	\$152,909,033.53	\$1,645,000.00	\$154,554,033.53
	\$206,900,000.00	2030	\$206,900,000.00	\$95,834,732.68	\$26,879,605.39	\$122,714,338.08	\$1,645,000.00	\$124,359,338.08
	\$140,175,000.00	2050	\$140,175,000.00	\$13,930,217.59	\$5,766,971.15	\$19,697,188.74	\$1,645,000.00	\$21,342,188.74
Total Alternativa 1								\$300,255,560.35

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 33. Construcción de la PTAR 3, Reynosa, TM. Alternativa 2

Alternativa 2								
Construcción PTAR 3, Reynosa.								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales tipo mecanizada.	\$280,000,000.00	2024	\$280,000,000.00	\$205,808,358.78	\$42,654,555.61	\$248,462,914.39	\$7,050,000.00	\$255,512,914.39
	\$382,200,000.00	2030	\$382,200,000.00	\$177,032,551.15	\$26,879,605.39	\$203,912,156.54	\$7,050,000.00	\$210,962,156.54
	\$251,400,000.00	2050	\$251,400,000.00	\$24,983,461.40	\$5,766,971.15	\$30,750,432.56	\$7,050,000.00	\$37,800,432.56
Total Alternativa 2								\$504,275,503.49

Fuente: elaboración propia

Ilustración 34. Construcción de la PTAR 4, Reynosa, TM. Alternativa 1

Alternativa 1								
Construcción de PTAR 4, Reynosa								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Construcción de Planta de tratamiento de aguas residuales 4 a base de lagunas de oxidación.	\$54,660,000.00	2030	\$54,660,000.00	\$25,318,156.06	\$26,879,605.39	\$52,197,761.45	\$1,645,000.00	\$53,842,761.45
	\$130,200,000.00	2050	\$130,200,000.00	\$12,938,928.70	\$5,766,971.15	\$18,705,899.85	\$1,645,000.00	\$20,350,899.85
Total Alternativa 1								\$74,193,661.30

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 35. Construcción de la PTAR 4, Reynosa, TM. Alternativa 2

Alternativa 2								
Construcción de PTAR 4, Reynosa								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Construcción de Planta de tratamiento de aguas residuales 4 tipo mecanizada	\$39,990,000.00	2030	\$39,990,000.00	\$18,523,107.59	\$26,879,605.39	\$45,402,712.98	\$7,050,000.00	\$52,452,712.98
	\$116,800,000.00	2050	\$116,800,000.00	\$11,607,272.44	\$5,766,971.15	\$17,374,243.59	\$7,050,000.00	\$24,424,243.59
Total Alternativa 2								\$76,876,956.58

Fuente: elaboración propia

Ilustración 36. Ampliación de la PTAR 2, Reynosa, TM. Alternativa única

Alternativa única								
Ampliación PTAR 2, Reynosa								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Ampliación de Planta de tratamiento de aguas residuales 2 tipo mecanizada.	\$55,290,000.00	2030	\$55,290,000.00	\$25,609,967.96	\$26,879,605.39	\$52,489,573.35	\$7,050,000.00	\$59,539,573.35
	\$253,500,000.00	2050	\$253,500,000.00	\$25,192,153.80	\$5,766,971.15	\$30,959,124.95	\$7,050,000.00	\$38,009,124.95
Total Alternativa única								\$97,548,698.30

Fuente: elaboración propia

Ilustración 37. Ampliación de la PTAR Pirámides, alternativa única

Alternativa única								
Ampliación PTAR Pirámides, Reynosa								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Ampliación de planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides en 18 l.p.s. tipo mecanizada	\$12,600,000.00	2050	\$12,600,000.00	\$1,252,154.39	\$5,766,971.15	\$7,019,125.54	\$7,050,000.00	\$14,069,125.54
Total Alternativa única								\$14,069,125.54

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 38. Estudios y proyectos de saneamiento, Reynosa, TM. Alternativa única

Alternativa única								
Estudios y proyectos ejecutivos, Reynosa								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Estudios y proyectos ejecutivos	\$14,300,000.00	2021	\$14,300,000.00	\$13,240,740.74	\$0.00	\$13,240,740.74	\$0.00	\$13,240,740.74
	\$2,500,000.00	2030	\$2,500,000.00	\$1,157,983.72	\$0.00	\$1,157,983.72	\$0.00	\$1,157,983.72
Total Alternativa única								\$14,398,724.46

Fuente: elaboración propia

3.3.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

El volumen de agua residual que se genera en la ciudad de Reynosa es muy importante, en cuanto a su cantidad, como podemos observarlo en la siguiente tabla.

Tabla 68. Gasto de descarga de aguas residuales del 2020 al 2050, Reynosa, TM

2020		2030		2040		2050	
Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales	Gasto medio diario (Qm) agua potable	Gasto descarga de aguas residuales
2,857.69 l/s	2,143.26 l/s	3,357.17 l/s	2,517.88 l/s	3,905.69 l/s	2,929.27 l/s	4,517.04 l/s	3,387.78 l/s

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa que, considerando una cobertura al 100 % de la población actual de la ciudad de Reynosa, TM, el gasto de descarga de aguas residuales es de 2143 litros por segundo, y a futuro (año 2050) se tendrá un gasto de descarga de 3387 lps, por lo que resulta importante que el organismo operador lleve a cabo un estudio para buscar alternativas que permitan formalizar el uso de las aguas residuales tratadas, considerando todas las opciones posibles, entre las que podemos citar las siguientes:

Alternativa 1

Considerando que las plantas de tratamiento de aguas residuales actuales, y las que se plantean construir a futuro, se encuentran cerca de los canales de riego Anzalduas y Rhode, deberá tomarse en cuenta la posibilidad de negociar con los agricultores para llevar a cabo el intercambio de las aguas residuales tratadas por agua de primer uso.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Alternativa 2

Como sabemos, la ciudad de Reynosa, TM, cuenta con un gran número de industrias, por lo que es otro sector que debe de considerarse para explorar la posibilidad de utilizar en sus procesos el agua residual tratada en las PTAR de la COMAPA.

3.3.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Las alternativas planteadas, en cuanto a la automatización de las estaciones de bombeo, deberá considerarse en los términos de referencia del “Estudio y adecuación de proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR’s, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento”, el cual se ha planteado dentro de las acciones que deben llevarse a cabo para la ciudad de Reynosa, TM. De igual forma deberá de considerarse en el mismo estudio la determinación del sistema supervisorio más adecuado para ser instalado en las mismas estaciones de bombeo de aguas residuales, lo que permitirá una operación más eficiente del sistema de alcantarillado de la ciudad.

Por otro lado, dentro de los proyectos ejecutivos correspondientes, que se llevarán a cabo para la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, deberá considerarse la instalación de un laboratorio debidamente equipado, de tal forma que se garantice que el agua residual tratada cumpla con los parámetros de descarga establecidos en su permiso correspondiente.

Tabla 69. Estudios propuestos para infraestructura complementaria, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Estudio de calidad de agua de los drenes Santa Anita y El Anhelito, y proyecto para el tratamiento del agua de la laguna La Escondida.	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00			
Estudio de modelación hidráulica de la laguna La Escondida, y proyecto ejecutivo para la adecuación de su descarga al río Bravo, a través del dren El Anhelito.	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00			
Estudio y proyecto ejecutivo para la captación del derrame de sustancias tóxicas; en caso de accidentes del transporte público de carga, su alejamiento y confinamiento en el puente Internacional Reynosa-Pharr, para evitar la contaminación del río Bravo.	\$1,750,000.00	\$1,750,000.00			
Estudio para tratar los retornos agrícolas al río Bravo, procedentes de los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, en el estado de Tamaulipas.	\$2,500,000.00	\$2,500,000.00			
Estudio y proyecto de factibilidad técnica y económica de la construcción de la planta desalinizadora de las aguas del dren El Morillo y alternativas del reúso de las aguas tratadas.	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00			
Estudio para la reubicación de tiraderos de basura, ubicados en la zona del cauce internacional del río Bravo, en el municipio de Reynosa Tamaulipas	\$1,200,000.00	\$1,200,000.00			
Total	\$10,450,000.00	\$10,450,000.00			

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 39. Estudios propuestos (alternativa única)

Alternativa única								
Estudios, Reynosa								
Indicadores	Importe total	Inversión por periodos		Inversión a valor presente	Costos medio de operación y mantenimiento	Costo marginal	Costo de energía	Costo Total
Estudios	\$10,450,000.00	2021	\$10,450,000.00	\$9,675,925.93	\$0.00	\$9,675,925.93	\$0.00	\$9,675,925.93
Total Alternativa única								\$9,675,925.93

Fuente: elaboración propia

3.4 Selección de las alternativas más convenientes

Para llevar a cabo la selección de las alternativas más convenientes para cada una de las COMAPAS, se tomaron en cuenta diferentes variables, entre las que se encuentran principalmente las recomendadas en los términos de referencia de este estudio de Gran Visión, como son:

- a) El costo de la inversión del proyecto de cada una de las alternativas.
- b) La adquisición de terrenos para la construcción de la infraestructura y las indemnizaciones por derechos de vía, entre otros.
- c) Los costos de operación de la infraestructura, con base a la experiencia de obras similares, consideran los gastos de personal administrativos y de operación, así como los costos de energía eléctrica y reactivos químicos que deberán usarse en los procesos.
- d) El mantenimiento preventivo y correctivo de equipo.
- e) las características y durabilidad de las tuberías, así como su facilidad de manejo y disponibilidad de materiales de reparación y rapidez para su instalación.

3.4.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Para llevar a cabo el análisis de selección, se consideró la utilización de tuberías de diversos materiales que cumplieran con las especificaciones de las normas y regulaciones existentes. Se evaluaron tuberías de PVC, polietileno de alta densidad y de hierro dúctil, este último fue considerado en diámetros mayores, llevando a cabo una revisión de sus características principales, así como sus ventajas y desventajas, en cada caso.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de las tuberías, se utilizaron pendientes y velocidades adecuadas, recomendadas en el MAPAS, siempre considerando evitar problemas operativos, como el azolvamiento en la red, así como disminuir las sobre excavaciones o la necesidad de la utilización de estaciones de bombeo que pudieran encarecer las obras. A fin de evitar el sobredimensionamiento de las tuberías, en el análisis de diámetro de la tubería se consideró el gasto máximo de aportación, la capacidad a saturación de la obra en las áreas del proyecto y la capacidad de tratamiento.

La distribución para la instalación de atarjeas se encuentra sobre derechos de vía, según el plan urbano de uso de suelo.

En forma general, podemos señalar que es deseable utilizar materiales como PVC o polietileno de alta densidad en la gran mayoría de la infraestructura de conductos de alcantarillado por construir.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Estos materiales son más susceptibles a las condiciones de deflexión que el hierro dúctil o el concreto; además de ello, son resistentes a la corrosión causada por gases en la tubería.

Por otro lado, podemos señalar que las tuberías de PVC y PAD son más livianas que las de hierro dúctil y las de concreto, haciendo las actividades de manejo e instalación más fáciles y económicas. Si las tuberías de hierro dúctil o de concreto son utilizadas, se requerirá un revestimiento dentro de las tuberías, además de un recubrimiento en la parte exterior, lo cual fue considerado en la inversión de las alternativas donde se propuso ese tipo de material.

Para la selección de los diámetros de las tuberías a presión, se consideró que estos fueran de tal dimensión que las pérdidas por fricción estuvieran dentro de un rango permitido, y con eso evitar la selección de tuberías de mayor resistencia a la presión, lo que elevaría el costo de la inversión en la líneas o, en el caso de las tuberías a presión, se tendrían equipos de mayor potencia y ello aumentaría los costos de operación por la mayor capacidad en la potencia de los equipos y, como consecuencia, mayores pagos por concepto de energía eléctrica.

Conclusiones:

En coherencia con lo anteriormente expresado, se propone la alternativa 1 como la más conveniente, por las características y ventajas descritas. Se consideran principalmente tuberías de PVC y polietileno de alta densidad.

Tabla 70. Colectores principales, alternativa 1, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector de la calle Durango a la nueva PTAR 3, de 48" 1.22 m de PVC estructurado 7363 m.	\$109,100,000.00		\$109,100,000.00		
Colector a PTAR 2, formado por tubería de PVC de 0.60 m (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.	\$22,860,000.00			\$22,860,000.00	
Colector a PTAR 4, formado por tubería de PVC de 0.61 m (24") de diámetro con una longitud de 1,958 m.	\$10,154,000.00			\$10,154,000.00	
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2	\$75,000,000.00				\$75,000,000.00
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4	\$15,200,000.00				\$15,200,000.00
Colector de PVC de 0.45 m (18") de diámetro con una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámides	\$9,620,000.00				\$9,620,000.00
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3	\$52,600,000.00				\$52,600,000.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Emisor a presión a la PTAR 4, tubería de 12 pulgadas en 1800 metros PEAD	\$1,980,000.00				\$1,980,000.00
Emisor a presión, tubería de 36 pulgadas en 200 metros PEAD del cárcamo a la PTAR 2	\$3,740,000.00				\$3,740,000.00
Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.	\$3,500,000.00	\$3,500,000.00			
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.	\$1,800,000.00	\$1,800,000.00			
Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's considerando la desconexión del drenaje pluvial para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00			
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$72,000,000.00		\$72,000,000.00		
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores	\$198,000,000.00		\$80,000,000.00	\$118,000,000.00	
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red de subcolectores, colectores y líneas a presión.	\$180,000,000.00		\$60,000,000.00	\$120,000,000.00	
Total	\$760,554,000.00	\$10,300,000.00	\$321,100,000.00	\$271,014,000.00	\$158,140,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 71. Colectores principales, alternativa 2, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector de la calle Durango a la PTAR 3 de 48" 1.22 m de hierro dúctil 7360 m.	\$186,400,000.00		\$186,400,000.00		
Colector a PTAR 2, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.60 m (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.	\$44,390,000.00			\$44,390,000.00	
Colector a la PTAR 4, formado por tubería de polietileno de alta densidad de 0.61 m (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.	\$19,720,000.00			\$19,720,000.00	



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2.	\$124,850,000.00				\$124,850,000.00
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m. hacia la PTAR 4.	\$29,500,000.00				\$29,500,000.00
Colector de polietileno de alta densidad de 0.45 m (18") de diámetro con una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámides.	\$15,590,000.00				\$15,590,000.00
Colector de polietileno de alta densidad de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3.	\$87,570,000.00				\$87,570,000.00
Emisor a presión a la PTAR 4 tubería de 12 pulgadas en 1800 metros de hierro dúctil.	\$3,103,000.00				\$3,103,000.00
Emisor a presión, tubería de 36 pulgadas en 200 metros hierro dúctil del cárcamo a la PTAR 2.	\$6,760,000.00				\$6,760,000.00
Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.	\$3,500,000.00	\$3,500,000.00			
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario en zonas sin servicio.	\$1,800,000.00	\$1,800,000.00			
Estudio y adecuación de proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00			
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$72,000,000.00		\$72,000,000.00		
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores.	\$198,000,000.00		\$80,000,000.00	\$118,000,000.00	
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red de subcolectores, colectores y líneas a presión.	\$180,000,000.00		\$60,000,000.00	\$120,000,000.00	
Total	\$978,183,000.00	\$10,300,000.00	\$398,400,000.00	\$302,110,000.00	\$267,373,000.00

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.4.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

Como lo comentamos en el numeral 2.1.2 del presente estudio de Gran Visión, para hacer llegar el agua residual a los sitios de tratamiento de aguas residuales, así como a los nuevos sitios de tratamiento propuestos, es necesario la rehabilitación de las estaciones de bombeo, el reequipamiento de otras dos y la construcción de dos nuevas; para ello se llevó a cabo la propuesta de dos alternativas que, una vez analizadas, se opta por la número 1, ya que aunque es ligeramente más alta en precio, la calidad de los equipos propuestos son de mayor durabilidad por el material con que se encuentran fabricados, que fue una de las ventajas que se tomaron en cuenta para inclinarnos por esta alternativa.

Tabla 72. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 1, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Equipamiento de la EBAR 10 con equipos de acero.	\$25,000,000.00		\$25,000,000.00		
Equipamiento de la EBAR 14 con equipos de acero.	\$12,000,000.00		\$12,000,000.00		
Rehabilitación de estaciones de bombeo.	\$40,000,000.00	\$40,000,000.00			
Cárcamo de bombeo a PTAR 4 con equipos de acero.	\$6,380,000.00				\$6,380,000.00
Cárcamo bombeo a PTAR 2 con equipos de acero.	\$62,270,000.00				\$62,270,000.00
Total	\$145,650,000.00	\$40,000,000.00	\$37,000,000.00		\$68,650,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 73. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 2, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Equipamiento de la EBAR 10 con equipos de fierro.	\$21,500,000.00		\$21,500,000.00		
Equipamiento de la EBAR 14 con equipos de fierro.	\$10,100,000.00		\$10,100,000.00		
Rehabilitación de estaciones de bombeo.	\$35,500,000.00	\$35,500,000.00			
Cárcamo de bombeo a PTAR 4 con equipos de fierro.	\$5,200,000.00				\$5,200,000.00
Cárcamo de bombeo a PTAR 2 con equipos de fierro.	\$56,000,000.00				\$56,000,000.00
Total	\$128,300,000.00	\$35,500,000.00	\$31,600,000.00		\$61,200,000.00

Fuente: elaboración propia

3.4.3 Alternativas para plantas de tratamiento

Para contar con la infraestructura de tratamiento de aguas residuales, necesaria para el año 2050, que será de 3387 lps, tomando en cuenta que la capacidad actual de tratamiento es de 1752 lps, se requerirá ampliar esta capacidad en 1635 lps, por lo que se optó por atender el déficit a ese año, considerando dos alternativas y seleccionando la número 1, la cual se describe a continuación:

La construcción de la PTAR 3, de 840 litros por segundo, a través de un sistema lagunar, localizada en un terreno propiedad de la COMAPA Reynosa, ubicado en el ejido Santa Anita del municipio de Reynosa, TM, al oriente de la ciudad. En este caso se eligió la opción de tratamiento a base de lagunas de oxidación, considerando que el organismo operador contaba con el terreno suficiente



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

para ello, además de que el sistema de tratamiento seleccionado es más sencillo y económico en su operación.

La construcción de una nueva planta de tratamiento de 277 litros por segundo, a través de un sistema lagunar, localizada al poniente de la ciudad, para la cual se requerirá adquirir en terreno correspondiente en la citada zona. Se seleccionó esta alternativa, debido a que la operación es más barata y sencilla, independientemente de que se requerirá de mayor superficie para su construcción, lo cual no representa una inversión considerable.

Ampliación de la PTAR 2 en 500 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, que es a través de filtros percoladores, con una capacidad total de 1250 litros, situada al sur de la ciudad. En este caso se propone seguir con el mismo proceso de esta planta, para lo cual la COMAPA ya tiene el proyecto ejecutivo correspondiente y el terreno suficiente para su ampliación.

Ampliación de la PTAR Pirámides en 18 litros por segundo, con el mismo proceso de tratamiento que la actual, con capacidad total de 20 litros, situada al sur de la ciudad. Se consideró ampliar la planta con el mismo sistema de tratamiento, debido a que la ampliación será de un gasto pequeño.

Debido a las fechas en que fueron construidas las actuales plantas de tratamiento 1 y 2 (2008 y 2004, respectivamente), se requerirá una rehabilitación total de las mismas, lo que les permitirá en el futuro continuar descargando el agua tratada dentro de los parámetros de calidad establecidos por la norma oficial mexicana.

Como referencia, a continuación se presentan las dos alternativas propuestas, de las que se seleccionó la número 1.

Tabla 74. Construcción y ampliación de las PTAR, alternativa 1, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Rehabilitación de la PTAR 1	\$50,000,000.00			\$50,000,000.00	
Rehabilitación de la PTAR 2	\$30,000,000.00			\$30,000,000.00	
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps , a base de lagunas de oxidación	\$320,000,000.00		\$150,000,000.00	\$170,000,000.00	
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación	\$36,900,000.00			\$36,900,000.00	
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación	\$140,175,000.00				\$140,175,000.00
Adquisición de 35 has para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 (lagunas de oxidación)	\$14,000,000.00			\$14,000,000.00	
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 de 66 lps , a base de lagunas de oxidación	\$40,660,000.00			\$40,660,000.00	
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de lagunas de oxidación	\$130,200,000.00				\$30,200,000.00
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada	\$55,290,000.00			\$55,290,000.00	



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada	\$253,500,000.00				\$253,500,000.00
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada	\$12,600,000.00				\$12,600,000.00
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.	\$4,000,000.00	\$4,000,000.00			
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y de la PTAR 4	\$2,500,000.00			\$2,500,000.00	
Total	\$1,089,825,000.00	\$4,000,000.00	\$150,000,000.00	\$399,350,000.00	\$536,475,000.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 75. Construcción y ampliación de PTAR's, alternativa 2, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Rehabilitación de la PTAR1.	\$50,000,000.00			\$50,000,000.00	
Rehabilitación de la PTAR 2.	\$30,000,000.00			\$30,000,000.00	
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps , a base de lagunas de oxidación .	\$298,000,000.00		\$140,000,000.00	\$158,000,000.00	
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, tipo mecanizada .	\$33,100,000.00			\$33,100,000.00	
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, tipo mecanizada .	\$125,700,000.00				\$125,700,000.00
Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, mecanizada.	\$3,500,000.00			\$3,500,000.00	
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, de 66 lps , tipo mecanizada .	\$36,490,000.00			\$36,490,000.00	
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales , tipo mecanizada .	\$116,800,000.00				\$116,800,000.00
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales2, mecanizada .	\$55,290,000.00			\$55,290,000.00	
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada .	\$253,500,000.00				\$253,500,000.00
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada .	\$12,600,000.00				\$12,600,000.00
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.	\$4,000,000.00	\$4,000,000.00			
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4.	\$2,500,000.00			\$2,500,000.00	
Total	\$1,021,480,000.00	\$4,000,000.00	\$140,000,000.00	\$368,880,000.00	\$508,600,000.00

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.4.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

En las alternativas que se presentaron en este apartado, una fue en el sentido de llevar a cabo las negociaciones con los usuarios de riego agrícola para ver la posibilidad de concretar el intercambio del agua residual tratada por las plantas actuales, así como por las plantas que se construirán a futuro, por el agua de primer uso que ellos utilizan para el riego de sus parcelas. La otra alternativa que se planteó fue que tomando en cuenta que la ciudad de Reynosa es un lugar donde se encuentran establecidas un buen número de industrias de diferentes ramas, por lo que se considera que es factible y necesario hacer un estudio que permita a la COMAPA Reynosa identificar, en forma detallada, a las industrias que más consumen agua en sus procesos, así como la calidad de esta, para que se determine a qué empresas sería posible el agua tratada para sus procesos.

Lo anterior con la finalidad de que la COMAPA Reynosa pueda solicitar un mayor volumen de agua, concesionado por la CONAGUA, lo que le permitirá hacer frente a la demanda futura de abastecimiento a la población de la ciudad.

Como puede observarse las dos alternativas seguirán vigentes hasta que el organismo operador lleve a cabo las gestiones citadas, ya que en el resultado de ellas puede darse el caso de que el reúso se lleva a cabo con productores agrícolas o con la industria.

3.4.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Con referencia a la automatización de las estaciones de bombeo, deberá considerarse en los términos de referencia del “Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR’s, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento”. Todo ello se ha planteado dentro de las acciones que deben de llevarse a cabo para la ciudad de Reynosa, TM; de igual forma, en el mismo estudio deberá considerarse la determinación del sistema supervisorio más adecuado para ser instalado en las mismas estaciones de bombeo de aguas residuales, lo que permitirá una operación más eficiente del sistema de alcantarillado de la ciudad.

Por otro lado, dentro de los proyectos ejecutivos correspondientes, que se llevarán a cabo para la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, deberá considerarse la instalación de un laboratorio debidamente equipado, de tal forma que se garantice que el agua residual tratada cumpla con los parámetros de descarga establecidos en su permiso correspondiente.

Por lo anteriormente señalado, no se considera inversión en los conceptos citados en párrafos anteriores. Sin embargo, existen necesidades de estudios y proyectos en los cuales se requieren inversiones para llevarlos a cabo, indicados en la siguiente tabla.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 76. Estudios propuestos para infraestructura complementaria, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Estudio de calidad del agua de los drenes Santa Anita y El Anheló, y proyecto para el tratamiento del agua de la laguna La Escondida.	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00			
Estudio de modelación hidráulica de la Laguna La Escondida, y proyecto ejecutivo para la adecuación de su descarga al río Bravo, a través del dren El Anheló.	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00			
Estudio y proyecto ejecutivo para la captación de derrame de sustancias tóxicas, en caso de accidentes del transporte público de carga, su alejamiento y confinamiento en el puente Internacional Reynosa-Pharr, para evitar la contaminación del río Bravo.	\$1,750,000.00	\$1,750,000.00			
Estudio para tratar los retornos agrícolas al río Bravo, procedentes de los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, en el estado de Tamaulipas.	\$2,500,000.00	\$2,500,000.00			
Estudio y proyecto de factibilidad técnica y económica de la construcción de la planta desalinizadora de las aguas del dren El Morillo, y alternativas del reúso de las aguas tratadas.	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00			
Estudio para la reubicación de tiraderos de basura, ubicados en la zona del cauce internacional del río Bravo, en el municipio de Reynosa Tamaulipas	\$1,200,000.00	\$1,200,000.00			
Total	\$10,450,000.00	\$10,450,000.00			

Fuente: elaboración propia

3.5 Integración de la cartera de acciones y proyectos

Una vez hecho el análisis comparativo de las alternativas que se plantearon en cada uno de los proyectos, así como sus componentes, se realizó la selección de la opción que se consideró más convenientes, y sus argumentos, en cada caso, mismos que se plasmaron en el apartado 3.4 del presente estudio. A continuación se presentan en cada uno de los municipios, y por componente, los proyectos elegidos, donde se cita el nombre del proyecto y el importe de la inversión requerida. Asimismo, se indica si se trata de una obra nueva, de rehabilitación o ampliación, así como algunas características muy generales de la obra o acción.

3.5.1 Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción

Tabla 77. Acciones y proyectos para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector de la calle Durango a la nueva PTAR 3, de 48" 1.22 m de PVC estructurado 7363 m.	\$109,100,000.00		\$109,100,000.00		
Colector a PTAR 2, formado por tubería de PVC de 0.60 m (24") de diámetro con una longitud de 4405 m.	\$22,860,000.00			\$22,860,000.00	



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Colector a PTAR 4, formado por tubería de PVC de 0.61 m (24") de diámetro con una longitud de 1958 m.	\$10,154,000.00			\$10,154,000.00	
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 9674 m hacia la PTAR 2	\$75,000,000.00				\$75,000,000.00
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 2929 m hacia la PTAR 4	\$15,200,000.00				\$15,200,000.00
Colector de PVC de 0.45 m (18") de diámetro con una longitud de 2000 m hacia la PTAR Pirámide	\$9,620,000.00				\$9,620,000.00
Colector de PVC de 0.76 m (30") de diámetro con una longitud de 7363 m hacia la PTAR 3	\$52,600,000.00				\$52,600,000.00
Emisor a presión a la PTAR 4, tubería de 12 pulgadas 1800 metros PEAD	\$1,980,000.00				\$1,980,000.00
Emisor a presión, tubería de 36 pulgadas 200 metros PEAD del cárcamo a la PTAR 2	\$3,740,000.00				\$3,740,000.00
Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.	\$3,500,000.00	\$3,500,000.00			
Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.	\$1,800,000.00	\$1,800,000.00			
Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00			
Rehabilitación de la red de alcantarillado en varios sectores de la ciudad, en su gran mayoría en la zona centro.	\$72,000,000.00		\$72,000,000.00		
Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores	\$198,000,000.00		\$80,000,000.00	\$118,000,000.00	
Refuerzo y sustitución de tuberías en la red, subcolectores, colectores y líneas a presión.	\$180,000,000.00		\$60,000,000.00	\$120,000,000.00	
Total	\$760,554,000.00	\$10,300,000.00	\$321,100,000.00	\$271,014,000.00	\$158,140,000.00

Fuente: elaboración propia

3.5.2 Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales

Tabla 78. Acciones y proyectos para rehabilitación y equipamiento electromecánico de EBAR's, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Equipamiento de la EBAR 10 con equipos de acero.	\$25,000,000.00		\$25,000,000.00		
Equipamiento de la EBAR 14 con equipos de acero.	\$12,000,000.00		\$12,000,000.00		



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Rehabilitación de estaciones de bombeo.	\$40,000,000.00	\$40,000,000.00			
Cárcamo bombeo PTAR 4 con equipos de acero.	\$6,380,000.00				\$6,380,000.00
Cárcamo bombeo PTAR 2 con equipos de acero.	\$62,270,000.00				\$62,270,000.00
Total	\$145,650,000.00	\$40,000,000.00	\$37,000,000.00		\$68,650,000.00

Fuente: elaboración propia

3.5.3 Acciones y proyectos para plantas de tratamiento

Tabla 79. Acciones y proyectos para plantas de tratamiento de aguas residuales, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Rehabilitación de la PTAR 1	\$50,000,000.00			\$50,000,000.00	
Rehabilitación de la PTAR 2	\$30,000,000.00			\$30,000,000.00	
Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 3, de 550 lps, a base de lagunas de oxidación	\$320,000,000.00		\$150,000,000.00	\$170,000,000.00	
Ampliación en 60 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR, 3 a base de lagunas de oxidación	\$36,900,000.00			\$36,900,000.00	
Ampliación en 227 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR 3, a base de lagunas de oxidación	\$140,175,000.00				\$140,175,000.00
Adquisición de 35 has para construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales 4 (lagunas de oxidación)	\$14,000,000.00			\$14,000,000.00	
Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales 4, de 66 lps, a base de lagunas de oxidación	\$40,660,000.00			\$40,660,000.00	
Ampliación en 211 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de lagunas de oxidación	\$130,200,000.00				\$30,200,000.00
Ampliación en 100 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada	\$55,290,000.00			\$55,290,000.00	
Ampliación en 400 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales 2, mecanizada	\$253,500,000.00				\$253,500,000.00
Ampliación en 18 lps de la planta de tratamiento de aguas residuales Pirámides, tipo mecanizada	\$12,600,000.00				\$12,600,000.00
Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's y PTAR 3.	\$4,000,000.00	\$4,000,000.00			
Estudio y proyecto para la construcción de emisores y PTAR 4	\$2,500,000.00			\$2,500,000.00	
Total	\$1,089,825,000.00	\$4,000,000.00	\$150,000,000.00	\$399,350,000.00	\$536,475,000.00

Fuente: elaboración propia

3.5.4 Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua

En las alternativas que se presentaron en este apartado, una fue en el sentido de llevar a cabo las negociaciones con los usuarios de riego agrícola para ver la posibilidad de concretar el intercambio del agua residual tratada por las plantas actuales, así como por las plantas que se construirán a



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

futuro, por el agua de primer uso que ellos utilizan para el riego de sus parcelas. La otra alternativa planteada fue que tomando en cuenta que la ciudad de Reynosa, TM es un lugar en donde están establecidas un buen número de industrias de diferentes ramas, consideramos que es factible y necesario llevar a cabo un estudio que permita a la COMAPA Reynosa identificar en forma detallada a las industrias que más consumen agua en sus procesos, así como la calidad de esta, para que se determine a que empresas sería factible ofrecer la utilización de agua tratada.

Lo anterior con la finalidad de que la COMAPA Reynosa pueda solicitar un mayor volumen de agua concesionada por la CONAGUA, lo que le permitirá hacer frente a la demanda futura de abastecimiento a la población de la ciudad.

Como puede observarse las dos alternativas seguirán vigentes hasta que el organismo operador realice las gestiones citadas, ya que en el resultado de ellas puede darse el caso de que el reúso se lleve a cabo con productores agrícolas o con la industria.

3.5.5 Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación

Con referencia a la automatización de las estaciones de bombeo, deberá considerarse en los términos de referencia del “Estudio y adecuación de proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario, subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR’s, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento”, que se ha planteado dentro de las acciones que deben de llevarse a cabo para la ciudad de Reynosa, TM; de igual forma, en el mismo estudio deberá tomarse en cuenta la determinación del sistema supervisorio más adecuado para que sea instalado en las mismas estaciones de bombeo de aguas residuales, lo que permitirá una operación más eficiente del sistema de alcantarillado de la ciudad.

Por otro lado, dentro de los proyectos ejecutivos correspondientes, que se realizarán para la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, deberá considerarse la instalación de un laboratorio debidamente equipado, de tal forma que se garantice que el agua residual tratada cumpla con los parámetros de descarga establecidos en su permiso correspondiente.

Por lo anteriormente señalado no se considera inversión en los conceptos citados en párrafos anteriores. Sin embargo, existen necesidades de estudios y proyectos que requieren inversiones para llevarlos a cabo, indicados en la siguiente tabla.

Tabla 80. Acciones, proyectos y estudios propuestos para infraestructura complementaria, Reynosa, TM

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
Estudio de calidad de agua de los drenes Santa Anita y El Anhelito y proyecto para el tratamiento del agua de la laguna La Escondida.	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00			
Estudio de modelación hidráulica de la laguna La Escondida, y proyecto ejecutivo para la adecuación de su descarga al río Bravo, a través del dren El Anhelito.	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00			
Estudio y proyecto ejecutivo para la captación de derrame de sustancias tóxicas, en caso de accidentes del transporte público de carga, su alejamiento y confinamiento en	\$1,750,000.00	\$1,750,000.00			



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Concepto de obra	Importe (pesos)	Inversión por periodos			
		2021	2022-2024	2025-2030	2031-2050
el puente Internacional Reynosa-Pharr para evitar la contaminación del río Bravo.					
Estudio para tratar los retornos agrícolas al río Bravo, procedentes de los distritos de riego 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, en el estado de Tamaulipas.	\$2,500,000.00	\$2,500,000.00			
Estudio y proyecto de factibilidad técnica y económica de la construcción de la planta desalinizadora de las aguas del dren El Morillo, y alternativas del reúso de las aguas tratadas.	\$1,500,000.00	\$1,500,000.00			
Estudio para la reubicación de tiraderos de basura ubicados en la zona del cauce internacional del río Bravo, en el municipio de Reynosa, Tamaulipas	\$1,200,000.00	\$1,200,000.00			
Total	\$10,450,000.00	\$10,450,000.00			

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4 Organización y alternativas de financiamiento

4.1 Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento

Una vez definidas las obras y acciones que deben de realizarse en cada uno de los municipios del presente estudio de Gran Visión, se procedieron a identificar cuáles serían las posibles fuentes de financiamiento, revisando que se cumpliera en cada caso con los requisitos necesarios para poder acceder a ellas; además se consideraron los porcentajes de aportación de cada entidad participante en la inversión, siempre cumpliendo con las reglas de operación de cada uno de los programas.

En las fuentes de financiamiento que se proponen se consideran los tres órdenes de Gobierno: federal, estatal y municipal, además de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de Norte América (EPA), a través del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN).

Con la finalidad de que las inversiones planteadas se realicen, sin duda es conveniente considerar lo siguiente:

- La coordinación y compromiso de los tres órdenes de Gobierno: federal, estatal y municipal, a través de las instituciones involucradas en el sector de saneamiento, para que se unan los esfuerzos técnicos y económicos que garanticen el cumplimiento de las metas trazadas.
- La participación de los usuarios, y de la sociedad en general, en el apoyo de la toma de decisiones que se plantean en las consultas públicas, así como en el cumplimiento de sus pagos a los organismos operadores por el servicio prestado.
- Que las autoridades correspondientes le den continuidad a los planes, proyectos y programas, que garanticen el buen fin de estos.
- Es imprescindible contar con los estudios y proyectos ejecutivos en todas estas acciones, consideradas para el mejoramiento de los organismos operadores y los servicios que prestan.
- Deberá fortalecerse y promoverse las mejores prácticas y la mejora continua en los organismos operadores y en la administración pública en general.
- Un supuesto imprescindible es la promoción y logro de la tecnificación de los sistemas (tecnología de punta) y el pleno equipamiento general.

Tabla 81. Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento, Reynosa, TM

Concepto	Inversión (pesos)	Fuentes de financiamiento (pesos)			Ejecución	
		Federal	Estatal o municipal	EPA (NADBANK)	Inicio	Fin
Colectores y emisores	\$760,554,000.00	\$242,311,120.00	\$428,166,680.00	\$90,076,200.00	2021	2050
Plantas de bombeo y rebombeo	\$145,650,000.00	\$44,822,000.00	\$80,233,000.00	\$20,595,000.00	2021	2050
Plantas de tratamiento	\$1,089,825,000.00	\$302,968,200.00	\$490,077,300.00	\$296,779,500.00	2021	2050
Infraestructura complementaria	\$10,450,000.00	\$3,135,000.00	\$ 7,315,000.00		2021	2021
Total	\$2,006,479,000.00	\$593,236,320.00	\$1,005,791,980.00	\$407,450,700.00		

Fuente: elaboración propia

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

Al plantearse la ejecución de un proyecto ejecutivo, deberá considerarse que este cumpla o satisfaga de la mejor manera posible la necesidad planteada, además que se dé cumplimiento con las normas establecidas en las diferentes legislaciones, relacionadas con el proyecto en cuestión. Por otro lado,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

es necesario que los proyectos no sólo satisfagan la necesidad en forma inmediata, sino que lo hagan de una forma definitiva y a largo plazo, donde se contemple que los proyectos sean rentables y que sus costos de operación sean en lo posible los más bajos, lo que redundará en el cobro menor a los usuarios, en este caso del servicio prestado de saneamiento.

Con el objeto de llevar a cabo las acciones necesarias para el saneamiento de las aguas residuales generadas a corto, mediano y largo plazos en las poblaciones objeto del presente estudio de Gran Visión, se han planteado los proyectos ejecutivos de rehabilitación, sustitución, mejoramiento y construcción, entre los que podemos considerar los siguientes:

- a).- Catastro del sistema de alcantarillado, que incluye: red de atarjeas, pozos de visita, subcolectores, colectores, emisores y líneas a presión, identificando las descargas industriales.
- b).- Estudio y adecuación del proyecto ejecutivo de la red de alcantarillado sanitario: subcolectores, colectores, líneas a presión, EBAR's, considerando la desconexión del drenaje pluvial, para encaminar las aguas residuales producidas hasta la zona de tratamiento.
- c).- Proyecto ejecutivo para la ampliación de la red de alcantarillado sanitario a zonas sin servicio.
- d).- Estudio y proyecto ejecutivo de subcolectores, colectores, emisores, estaciones de bombeo y líneas a presión, hacia nuevos sitios de tratamiento de aguas residuales.
- e).- Estudio y proyecto para la construcción de nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales.

4.1.2 Planteamiento de opciones de organización para la ejecución

Con el objeto de que las obras y acciones que se han considerado necesarias para lograr la infraestructura de saneamiento de las aguas residuales en las ciudades consideradas en el presente estudio, se requiere la participación decidida y comprometida de los tres órdenes de Gobierno, utilizando para ello los programas disponibles para realizar las obras; además de considerar la localización geográfica estratégica de las ciudades contempladas en el estudio, se abre la gran oportunidad de involucrar recursos a fondo perdido, por parte de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA), a través del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN).

En el caso de la ciudad de Reynosa, TM, se han realizado varias certificaciones en años anteriores, por parte la Comisión Ecológica Fronteriza (COCEF), lo que le ha permitido al organismo operador COMAPA, empatar recursos invertidos por México, a través de programas federalizados con estructura financiera federal, estatal, municipal y de la propia COMAPA, con recursos a fondo perdido, por parte de Estados Unidos, aportados por la EPA a través del BDAN.

Por lo anteriormente descrito, es necesario que, para llevar a cabo las acciones de saneamiento planteadas en el presente estudio, la COMAPA **realice lo antes posible las gestiones necesarias ante el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN)**, para los citados proyectos, sobre todo los de corto plazo, y que sean considerados en la fase de priorización para ser elegibles de entrar al proceso de certificación y recibir los apoyos económicos a fondo perdido. De igual forma, deberá hacer lo conducente para los siguientes plazos señalados en la propuesta de inversión.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.1.3 Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento

Tan importante es la construcción de la infraestructura para otorgar los servicios de alcantarillado y saneamiento, como su mantenimiento en condiciones óptimas de operación y funcionamiento, correspondiendo esto último a la COMAPA, por lo que es menester contar con personal suficientemente capacitado en cada uno de los puestos claves, lo que permitirá llevar a cabo las mejores opciones en los procesos de recolección y tratamiento de las aguas residuales. Y en cuanto a la cuestión administrativa y comercial, es importante contar con tarifas adecuadas y un sistema de cobranza eficiente, con el fin de que se tengan los recursos necesarios para hacer frente a los gastos que se requieran en la operación y mantenimiento permanente y eficaz de la infraestructura, conservándola en excelente estado físico por el mayor tiempo posible.

4.2 Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos

4.2.1 Identificación de riesgos (construcción de matriz)

El análisis FODA es una herramienta de planificación estratégica, diseñada para realizar un análisis interno (fortalezas y debilidades) y externo (oportunidades y amenazas) en la empresa, en este caso en un organismo operador, COMAPA, y de esta manera planificar una estrategia a futuro.

Fortalezas.- A lo que también se les conoce como puntos fuertes; son capacidades, recursos, posiciones alcanzadas y, consecuentemente, ventajas competitivas que deben y pueden servir para explorar oportunidades.

Oportunidades.- Se definen como toda fuerza del entorno que pueden ser usadas o aprovechadas como nuevos nichos de mercados o sectores con altos niveles de crecimiento que afectan positivamente a los objetivos de las empresas.

Debilidades.- También llamados puntos débiles; son aspectos que limitan o reducen la capacidad de desarrollo efectivo de la estrategia de la empresa, constituyen una amenaza para la organización, y deben, por tanto, ser controladas y superadas.

Amenazas.- Se definen como toda fuerza del entorno que puede impedir la implantación de una estrategia, o bien reducir su efectividad, o incrementar los riesgos de la misma, o de los recursos que se requieren para su implementación, o bien reducir los ingresos esperados o su rentabilidad.

De las descripciones anteriores se señalan a continuación algunas estrategias, tomado en cuenta las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades del organismo operador COMAPA.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 82. Estrategias por implementar

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Estrategia (F, O) Estrategias que el organismo debe explotar al máximo y lograr los mayores beneficios.	Estrategia (D, O) Estrategias orientadas a neutralizar los efectos negativos y transferir los efectos positivos a las áreas de oportunidad.
Amenazas	Estrategia (F, A) Estrategias en las que el organismo debe invertir recursos (capacitación y tecnología) para superar sus debilidades y aprovechar las oportunidades que se presenten.	Estrategia (D, A) Estrategias diseñadas para reducir el impacto de factores externos que pudieran amenazar la existencia del organismo, y que deben ser atendidos rápidamente con acciones de mejora o cambio.

Fuente: Matriz FODA

A continuación se presentan varias matrices FODA: una para el área técnica, realizadas a las áreas fundamentales de la COMAPA Reynosa, que servirá de base para determinar las estrategias para el mejoramiento del programa de saneamiento, en el citado organismo operador.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 83. Matriz FODA Técnica, Reynosa, TM.

		Fortalezas	Debilidades
		<p>Se cuenta con un alto porcentaje de cobertura de alcantarillado sanitario.</p> <p>Adecuado mantenimiento a las PTAR.</p>	<p>El mantenimiento preventivo a la infraestructura es deficiente.</p> <p>No se cuenta con un catastro actualizado de la infraestructura de alcantarillado.</p> <p>Existe infraestructura de alcantarillado en varias zonas que ya rebasó su vida útil.</p>
Oportunidades	<p>Se trata un buen porcentaje del agua residual colectada, misma que cumple con la normatividad aplicable para su descarga.</p>	<p>Estrategia (F, O)</p> <p>Realizar estudios y gestiones para el intercambio de aguas residuales por aguas de primer uso.</p>	<p>Estrategia (D, O)</p> <p>Estructurar un programa de mantenimiento preventivo priorizado, con el objeto de continuar cumpliendo con la calidad del agua tratada.</p>
Amenazas	<p>Crecimiento acelerado de la mancha urbana (Reynosa es una ciudad con alto índice de crecimiento).</p> <p>Problemas de ordenamiento territorial (crecimiento desordenado).</p>	<p>Estrategia (F, A)</p> <p>El municipio de Reynosa debe establecer un crecimiento ordenado de la ciudad.</p> <p>La COMAPA debe restringir las factibilidades del servicio a las zonas dentro del ordenamiento urbano.</p>	<p>Estrategia (D, A)</p> <p>Contar con un plan rector de alcantarillado y saneamiento para la ciudad de Reynosa.</p>

Fuente: COMAPA del municipio de Reynosa



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 84. Matriz FODA Comercial, Reynosa, TM

		Fortalezas	Debilidades
		<p>Se cuenta con un padrón de usuarios confiable.</p> <p>Se toma lectura al total de los usuarios de manera confiable y sistemática. El sistema de facturación es competente.</p> <p>Hay seguimiento a las factibilidades hacia los nuevos usuarios.</p> <p>Existen diversas opciones para que el usuario realice su pago.</p> <p>Existen programas permanentes para el incremento de los ingresos.</p>	<p>Debilidades</p> <p>El Sistema comercial es deficiente. No se cuenta con un dispositivo que propicie el pago oportuno del recibo de agua.</p> <p>Se cuenta con un sistema de pagos parciales de adeudos, lo que propicia el crecimiento del rezago en el cobro y ello ocasiona aumento de la cartera vencida.</p> <p>No hay una estrategia establecida para abatir la cartera vencida.</p>
Oportunidades	<p>Se cuenta con un buen nivel de aceptación del servicio que ofrece la COMAPA.</p> <p>Se está trabajando en proyectos comerciales que permitan mejorar la calidad del servicio que presta el organismo.</p> <p>Oportunidad de recuperar cartera vencida y establecer tarifas diferenciadas.</p>	<p>Estrategia (F, O)</p> <p>Establecer y certificar procesos eficientes en el área comercial, que garanticen buenos resultados.</p>	<p>Estrategia (D, O)</p> <p>Elaborar un análisis integral de la funcionalidad del sistema comercial. Actualizar y modernizar el padrón de usuarios, empleando una plataforma SIG.</p> <p>Diseñar y poner en marcha un programa de recuperación de cartera vencida.</p> <p>Mejorar la capacitación (aptitudes y actitudes) del personal de atención al público.</p>
Amenazas	<p>Las tarifas aplicadas son determinadas, en última instancia, por el Gobierno del estado.</p> <p>Que se haga un hábito no pagar por parte del usuario, debido a los apoyos permanentes.</p> <p>El marco legal dificulta la aplicación de medidas que incentiven el pago de los usuarios morosos.</p>	<p>Estrategia (F, A)</p> <p>A pesar de contar con una tarifa actualizada al año 2020, es necesario que en esta actualización se incluyan todos los factores que influyen, con la finalidad de determinar el costo real de los servicios.</p>	<p>Estrategia (D, A)</p> <p>Reforzar el área de cobranza (personal y equipamiento).</p> <p>Disminuir el subsidio a los usuarios morosos.</p> <p>Proponer cambios al marco legal para facilitar las acciones de cobranza y mejorar los ingresos.</p>

Fuente: COMAPA del municipio de Reynosa



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 85. Matriz FODA Administrativa-financiera, Reynosa, TM

		Fortalezas	Debilidades
		<p>Fortalezas</p> <p>Fortalecimiento del área financiera por el incremento de los ingresos. Reducción de los pasivos de años anteriores. La información financiera es real, confiable y se utiliza en la toma de decisiones.</p>	<p>Debilidades</p> <p>No se cuenta con un plan de sustentabilidad financiera. Se cuenta con pasivos de administraciones anteriores. No se tiene liquidez, lo que limita la realización de adquisiciones, proyectos y obras necesarias. Falta de capacidad de gestión para atraer recursos económicos y financieros.</p>
Oportunidades	<p>Oportunidades</p> <p>La reorganización de algunos sistemas permite una mejora continua del servicio. Se cumple con las auditorías externas e internas.</p>	<p>Estrategia (F, O)</p> <p>Establecer mejores políticas para la optimización del gasto.</p>	<p>Estrategia (D, O)</p> <p>Diseñar y poner en marcha un programa de recuperación de cartera vencida. Establecer mecanismos eficientes que permitan mejorar la capacidad de gestión de recursos de la COMAPA Reynosa.</p>
Amenazas	<p>Amenazas</p> <p>Los ingresos ordinarios del organismo no son suficientes para invertir. Poca disposición de pago de los usuarios por el servicio que reciben.</p>	<p>Estrategia (F, A)</p> <p>Reforzar el área de cobranza (personal y equipamiento). Establecer programas innovadores de cultura del agua que incentiven al usuario a pagar por el servicio.</p>	<p>Estrategia (D, A)</p> <p>Estructurar un plan de gestión de recursos adicionales.</p>

Fuente: COMAPA del municipio de Reynosa



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 86. Matriz FODA Institucional-organizativa-legal, Reynosa, TM

		Fortalezas	Debilidades
		<p>La COMAPA tiene una filosofía organizacional y destino estratégico bien definido (misión, visión, valores). Los programas están alineados con la filosofía organizacional de COMAPA. Los programas operativos anuales normalmente se cumplen en términos razonables.</p> <p>La COMAPA tiene una estructura organizacional adecuada para cubrir las principales funciones. Buena coordinación entre las gerencias y la estructura organizacional, así como relación con el sindicato.</p>	<p>Deficiencias en la capacitación del personal a todos los niveles. Debilidad en la aplicación del servicio profesional de carrera. No existe un sistema único de información. Demasiada protección al personal sindicalizado. Los logros del sindicato a lo largo de los años perjudican la economía del organismo. Las jubilaciones y pensiones significan un gasto fuerte para el organismo a largo plazo.</p>
Oportunidades	<p>Se cuenta con una legislación clara que facilita la operación de la COMAPA. Se tiene un buen nivel de servicio. Existe capacidad de pago en los usuarios. Se mantiene en general una calidad aceptable de las obras que se realizan. COMAPA cuenta con un Manual de Organización.</p>	<p>Estrategia (F, O)</p> <p>Fortalecer la gestión de recursos a través personal dedicado específicamente a ello. Buscar la certificación de los principales procesos del organismo.</p>	<p>Estrategia (D, O)</p> <p>Contar con un sistema de información del organismo. Establecer programas anuales de capacitación y adiestramiento a todos niveles. Fortalecer los canales de comunicación con la CILA y CONAGUA y otras instancias (estatales y municipales).</p>
Amenazas	<p>Los cambios de administración truncan planes y programas. Presiones sociales modifican prioridades de la COMAPA. Falta mucha cultura de pago y cuidado del agua por parte de los usuarios. La visión de corto plazo del sindicato no coadyuva al logro de las metas. La política interfiere en algunas decisiones del organismo.</p>	<p>Estrategia (F, A)</p> <p>Establecer un sistema de participación ciudadana o contraloría social que apoye la gestión del organismo y reduzca los riesgos de resistencia a las decisiones estratégicas. Lograr la autonomía del organismo. Establecer programas de largo plazo y que estos sean adoptados por la sociedad, independientemente de los cambios de Administración. Establecer una interacción permanente entre la dirección y el sindicato, y proveer capacitación e información oportuna, para "alinearlos" con los objetivos estratégicos de la institución.</p>	<p>Estrategia (D, A)</p> <p>Promover el servicio civil de carrera. Crear mecanismos para dar continuidad a la planeación de largo plazo. Crear un sistema de información único para el organismo. Incrementar la eficiencia organizacional, consolidando la propuesta de reorganización. Establecer acuerdos de largo plazo con el sindicato.</p>

Fuente: COMAPA del municipio de Reynosa

De lo visto en el anterior análisis FODA puede determinarse que la COMAPA Reynosa cuenta con grandes áreas de oportunidad, por lo que la estrategia debe enfocarse a resolver los puntos de conflicto identificados, para que no se conviertan en debilidades. De igual forma, en relación con los factores de amenaza, se tendrán que establecer las estrategias necesarias para mitigar sus posibles efectos negativos dentro del organismo.

La COMAPA, y en general cualquier organismo operador de agua y saneamiento, como todos lo sabemos, es un monopolio natural, lo cual en principio lo ubica en una posición favorable, al no tener una competencia real, pero sobre todo porque su principal producto es un bien vital para la



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

población y un insumo indispensable para el desarrollo económico. Sin embargo, y aun cuando las razones que dan origen a la COMAPA son eminentemente sociales, la visión empresarial es la que le dará la posibilidad de permanecer operando y brindando los servicios de agua y saneamiento en un marco de viabilidad técnica, financiera, social y ambiental de largo plazo.

En el análisis realizado, se tuvo la oportunidad de identificar los aspectos positivos, externos e internos, que pueden potenciarse, así como algunos factores adversos, cuyos efectos se tratarán de anular o mitigar. Las conclusiones obtenidas como resultado del análisis FODA serán de gran utilidad en el diseño de las estrategias y los programas, así como para la jerarquización de acciones de carácter comercial, administrativo, técnico, institucional, organizacional, entre otros que se propongan y que califiquen para ser incorporados en la planeación integral, con el objeto de mejora del organismo operador de Reynosa, TM.

4.2.2 Evaluación de riesgos

A continuación se presenta un análisis de riesgos y restricciones para Reynosa, TM, en el que se hacen consideraciones técnicas, financieras, legales, sociales, políticas y ambientales para la implementación del programa.

Tabla 87. Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Reynosa, TM

Período	Proyectos /obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2022-2030	Ampliación de la red de alcantarillado sanitario en varios sectores	Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
2022-2050	Construcción del emisor y refuerzo a PTAR 3	Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
2021-2021	Rehabilitación de estaciones de bombeo	Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
2022-2050	Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales 3, a base de lagunas de oxidación	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo	Bajo
2030-2050	Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales 4, a base de lagunas de oxidación	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo

Fuente: elaboración propia

4.2.3 Propuesta de mecanismos de mitigación

Se considera que para llevar a cabo las acciones de saneamiento planteadas en la cartera de proyectos del presente estudio. Es urgente que la COMAPA realice las gestiones necesarias ante el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), para que los proyectos, sobre todo los de corto plazo, sean considerados en la fase de priorización para ser elegibles de entrar al proceso de certificación y recibir los apoyos económicos a fondo perdido, por parte de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). De igual forma, deberá hacer lo conducente para los siguientes plazos señalados en la propuesta de inversión. Lo anterior permitirá que la inversión de las acciones planteadas en la cartera de proyecto cuente con recursos de Estados Unidos de Norte América, y otra parte con recursos mexicanos a través de los diferentes programas y niveles de Gobierno.

El organismo operador de agua potable debe consolidarse financieramente, estableciendo tarifas que le permitan tener ingresos tangiblemente mayores que los costos operativos, además de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

consolidar su calificación crediticia, a fin de acceder a los recursos federales. Para ello se requiere la utilización de instrumentos económicos que contribuyan a hacer un esfuerzo de inversión que deberá basarse en la construcción de un sistema financiero viable y autosostenible. En esta misma línea, el acceso a crédito multilaterales y de la banca de desarrollo permitirá dar continuidad a los proyectos, logrando sobrepasar los tiempos políticos (las administraciones de los gobiernos municipales tienen una duración de tres años), y haciendo posible la planeación a largo plazo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Acrónimos

°C	Grados centígrados
ANC	Agua no contabilizada
BC	Baja California
BDAN	Banco de Desarrollo del Norte
CEA	Comisión Estatal del Agua de Baja California
CESPT	Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CPEUM	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DOF	Diario Oficial de la Federación
EE. UU.	Estados Unidos de América
ENIGH	Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares
EPA	Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos
hm ³	Hectómetro cúbico / millones de metros cúbicos
HP	Caballos de Fuerza (Horse Power)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LAN	Ley de Aguas Nacionales
lps	Litros por segundo
NOM	Norma Oficial Mexicana
PB	Planta de bombeo
PEAD	Polietileno de alta densidad
PEH	Programa Estatal Hídrico
pH	Potencial de Hidrógeno
PITAR	Planta internacional de tratamiento de aguas residuales
PNH	Programa Nacional Hídrico
PHR	Programa Hídrico Regional
POE	Periódico Oficial del Estado de Baja California
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PVC	Policloruro de Vinilo
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
RH	Región Hidrológica
SAB	San Antonio de Los Buenos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SSA	Secretaría de Salud
SST	Sólidos suspendidos totales
UN	Unidades económicas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de problemática, solución e inversión, Reynosa, TM.....	6
Tabla 2. Resumen de información recopilada por fuente.....	8
Tabla 3. Cobertura de drenaje sanitario en Reynosa, TM.....	10
Tabla 4. Tipos de descargas sanitarias, Reynosa, TM.....	10
Tabla 5. Capacidad instalada de las PTAR y operación actual, Reynosa, TM.....	14
Tabla 6. Calidad del agua tratada en la PTAR, Reynosa, TM.....	15
Tabla 7. Cobertura del servicio de drenaje en Reynosa, TM.....	16
Tabla 8. Longitud y diámetros de las tuberías con caídos en Reynosa, TM.....	18
Tabla 9. Infraestructura de tuberías deteriorada y muy deteriorada, Reynosa, TM.....	18
Tabla 10. Diámetros y longitudes de colectores y subcolectores, Reynosa, TM.....	20
Tabla 11. Materiales de las tuberías de colectores y subcolectores, Reynosa, TM.....	20
Tabla 12. Longitud y diámetros en las líneas de impulsión, Reynosa, TM.....	21
Tabla 13. Longitud por tipo de material en las líneas de impulsión, Reynosa, TM.....	21
Tabla 14. Microcuencas del sistema de recolección y alejamiento de aguas residuales, Reynosa, TM.....	22
Tabla 15. Cuencas principales del sistema de alcantarillado de la ciudad de Reynosa, TM.....	23
Tabla 16. Macrocuencas del sistema de alcantarillado de Reynosa, TM.....	24
Tabla 17. Plantas de bombeo con su ubicación y sitio de aportación-semáforo, Reynosa, TM.....	24
Tabla 18. Información de las PTAR existentes en Reynosa, TM.....	30
Tabla 19. Título de asignación y permiso de descarga, Reynosa, TM.....	34
Tabla 20. Parámetros establecidos y calidad de aguas tratada en las PTAR Reynosa, TM.....	35
Tabla 21. Obra por ejecutar con el proyecto y costo en dólares americanos, Reynosa, TM.....	36
Tabla 22. Estructura financiera del proyecto, Reynosa, TM.....	36
Tabla 23. Población 2010-2020, Reynosa, TM.....	40
Tabla 24. Agua potable y descarga de aguas residuales generadas 2010-2020 Reynosa, TM.....	41
Tabla 25. Aprovechamiento de las aguas nacionales y descarga de aguas residuales, Reynosa, TM.....	41
Tabla 26. Proyección de población 2010-2050, Reynosa, TM.....	42
Tabla 27. Demanda futura de saneamiento de aguas residuales 2010-2050, Reynosa, TM.....	43
Tabla 28. Capacidad instalada de tratamiento, Reynosa, TM.....	45
Tabla 29. Requerimiento de tratamiento actual y futuro de Reynosa, TM.....	45
Tabla 30. Información de las PTAR existentes en Reynosa, TM.....	54
Tabla 31. Agua potable y descarga de aguas residuales generadas 2010-2020 Reynosa, TM.....	54
Tabla 32. Asignación por metro cúbico tratado en función de la calidad del agua en la descarga de la PTAR.....	55
Tabla 33. Parámetros establecidos y calidad de aguas tratada en las PTAR Reynosa, TM.....	56
Tabla 34. Parámetros y calidad de los lodos de las PTAR 1 y 2 de Reynosa, TM.....	57
Tabla 35. Población actual y futura de la ciudad de Reynosa, TM.....	60
Tabla 36. Gastos de diseño de tratamiento de aguas residuales, Reynosa, TM.....	60
Tabla 37. Población al año 2024 y aportación de aguas residuales a PTAR de Reynosa, TM.....	61



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 38. Población al año 2024 y aportación de aguas residuales a PTAR, ajustado a capacidades y propuesta de nuevos sitios de tratamiento de Reynosa, TM	62
Tabla 39. Población al año 2030 y aportación de aguas residuales a PTAR en Reynosa, TM	62
Tabla 40. Población al año 2030 y aportación de aguas residuales a PTAR's, ajustado a capacidades, en Reynosa, TM.....	63
Tabla 41. Población al año 2050 y aportación de aguas residuales a PTAR's en Reynosa, TM	63
Tabla 42. Población al año 2050 y aportación de aguas residuales a PTAR's, ajustado a capacidades en Reynosa, TM.....	64
Tabla 43. Necesidades de tratamiento a corto, mediano y largo plazos, en Reynosa, TM	64
Tabla 44. Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM	66
Tabla 45. Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM	67
Tabla 46. Alternativa 1 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM	68
Tabla 47. Alternativa 2 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM	68
Tabla 48. Ubicación de las 5 PTAR, tres existentes y dos nuevas (las 3 y 4), en Reynosa, TM	69
Tabla 49. Gasto de aguas residuales hasta el año de estudio 2050, en Reynosa, TM	69
Tabla 50. Plantas de tratamiento actuales y a futuro de la ciudad de Reynosa, TM.....	70
Tabla 51. Estudios propuestos (alternativa única), Reynosa, TM	72
Tabla 52. Alternativa 1 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM	73
Tabla 53. Alternativa 2 para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM	73
Tabla 54. Descripción de colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM..	74
Tabla 55. Alternativa 1. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales, Reynosa, TM	75
Tabla 56. Alternativa 2. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de estaciones de bombeo de aguas residuales, Reynosa, TM	76
Tabla 57. Alternativa 1 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM	76
Tabla 58. Alternativa 2 para plantas de tratamiento, Reynosa, TM	77
Tabla 59. Plantas de tratamiento actuales y a futuro de la ciudad de Reynosa, TM.....	77
Tabla 60. Descripción de la construcción y ampliación de las principales PTAR, Reynosa, TM.....	77
Tabla 61. Estudios propuestos (alternativa única).....	80
Tabla 62. Relación de colectores principales, alternativa 1, Reynosa, TM	81
Tabla 63. Relación de colectores principales, alternativa 2, Reynosa, TM	83
Tabla 64. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 1, Reynosa, TM	86
Tabla 65. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 2, Reynosa, TM	86
Tabla 66. Construcción y ampliación de PTAR's, alternativa 1, Reynosa, TM	89
Tabla 67. Construcción y ampliación de PTAR's, alternativa 2, Reynosa, TM	90
Tabla 68. Gasto de descarga de aguas residuales del 2020 al 2050, Reynosa, TM	94
Tabla 69. Estudios propuestos para infraestructura complementaria, Reynosa, TM.....	95
Tabla 70. Colectores principales, alternativa 1, Reynosa, TM	97



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 71. Colectores principales, alternativa 2, Reynosa, TM	98
Tabla 72. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 1, Reynosa, TM	100
Tabla 73. Inversiones en estaciones de bombeo, alternativa 2, Reynosa, TM	100
Tabla 74. Construcción y ampliación de las PTAR, alternativa 1, Reynosa, TM.....	101
Tabla 75. Construcción y ampliación de PTAR's, alternativa 2, Reynosa, TM	102
Tabla 76. Estudios propuestos para infraestructura complementaria, Reynosa, TM.....	104
Tabla 77. Acciones y proyectos para colectores principales, obras de captación y conducción, Reynosa, TM.....	104
Tabla 78. Acciones y proyectos para rehabilitación y equipamiento electromecánico de EBAR's, Reynosa, TM.....	105
Tabla 79. Acciones y proyectos para plantas de tratamiento de aguas residuales, Reynosa, TM..	106
Tabla 80. Acciones, proyectos y estudios propuestos para infraestructura complementaria, Reynosa, TM	107
Tabla 81. Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento, Reynosa, TM.	109
Tabla 82. Estrategias por implementar	112
Tabla 83. Matriz FODA Técnica, Reynosa, TM.....	113
Tabla 84. Matriz FODA Comercial, Reynosa, TM.....	114
Tabla 85. Matriz FODA Administrativa-financiera, Reynosa, TM.....	115
Tabla 86. Matriz FODA Institucional-organizativa-legal, Reynosa, TM	116
Tabla 87. Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Reynosa, TM	117



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Plano base de la ciudad de Reynosa, TM	7
Ilustración 2. Cobertura de alcantarillado Reynosa, TM.....	10
Ilustración 3. EBAR principales de Reynosa, TM	12
Ilustración 4. Cuencas de aportación de aguas residuales de Reynosa, TM.....	12
Ilustración 5. Cuencas de aportación de cada una de las plantas de tratamiento de aguas residuales	13
Ilustración 6. Clasificaciones por daño de las tuberías-semáforo.....	17
Ilustración 7. Colectores y líneas de impulsión en Reynosa, TM	20
Ilustración 8. Microcuencas del sistema de recolección de las aguas residuales de Reynosa, TM ..	22
Ilustración 9. Ubicación EBAR, Reynosa, TM.....	26
Ilustración 10. Puntos con problemas de desbordamiento de canales y drenes, Reynosa, TM.....	28
Ilustración 11. Puntos críticos por problemas de desbordamiento de canales, drenes y estaciones de bombeo	29
Ilustración 12. Planta de tratamiento N° 1, lagunas de oxidación y lodos activados, Reynosa, TM	32
Ilustración 13. Esquema de la planta de tratamiento N° 1, lodos activados, Reynosa, TM	32
Ilustración 14. PTAR 2, filtros percoladores	34
Ilustración 15. Proyección de población 2010-2050, Reynosa, TM	43
Ilustración 16. Zonas con tuberías que han rebasado su vida útil, Reynosa, TM	48
Ilustración 17. Red de colectores en Reynosa, TM	49
Ilustración 18. Ubicación EBAR's en Reynosa, TM	50
Ilustración 19. Zonas con tuberías deterioradas, Reynosa, TM	51
Ilustración 20. Esquema del flujo de la PTAR 1 de Reynosa, TM	56
Ilustración 21. Esquema de flujo de la PTAR 2 de Reynosa, TM	57
Ilustración 22. Esquema de operación actual del sistema de alcantarillado y saneamiento, Reynosa, TM	61
Ilustración 23. Colectores a nuevos sitios de tratamiento, Reynosa, TM	65
Ilustración 24. Plantas de tratamiento y posibles cuerpos receptores de aguas residuales, Reynosa, TM	70
Ilustración 25. Colectores principales a PTARs existentes y de proyecto, Reynosa, TM	82
Ilustración 26. Intervención en colectores de Reynosa, TM. Alternativa 1	85
Ilustración 27. Intervención en colectores de Reynosa, TM. Alternativa 2	85
Ilustración 28. Ubicación de EBAR 10 y 14 y las nuevas de proyecto, Reynosa, TM	87
Ilustración 29. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de EBAR's, Reynosa, TM. Alternativa 1.....	87
Ilustración 30. Rehabilitación y equipamiento electromecánico de EBAR's, Reynosa, TM. Alternativa 2.....	88
Ilustración 31. Rehabilitación de las PTAR 1 y 2, Reynosa, TM. Alternativa única	91
Ilustración 32. Construcción de la PTAR 3, Reynosa, TM. Alternativa 1	91
Ilustración 33. Construcción de la PTAR 3, Reynosa, TM. Alternativa 2	92
Ilustración 34. Construcción de la PTAR 4, Reynosa, TM. Alternativa 1	92
Ilustración 35. Construcción de la PTAR 4, Reynosa, TM. Alternativa 2	93



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 36. Ampliación de la PTAR 2, Reynosa, TM. Alternativa única.....	93
Ilustración 37. Ampliación de la PTAR Pirámides, alternativa única.....	93
Ilustración 38. Estudios y proyectos de saneamiento, Reynosa, TM. Alternativa única	94
Ilustración 39. Estudios propuestos (alternativa única).....	96