



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

PIEDRAS NEGRAS
COAHUILA

INFORME ESPECIAL

Agosto, 2021





COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CONTENIDO

Resumen	5
1 Diagnóstico del sistema de saneamiento.	8
1.1 Recopilación y análisis de la información.....	8
1.1.1 Sistema principal de alcantarillado.	11
1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales.	19
1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.....	22
1.1.4 Generalidades.	24
1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.....	28
1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).....	28
1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación.	37
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.....	40
1.2.6 Capacidades financieras de los organismos.....	40
2 El déficit de saneamiento en la región.....	43
2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura.	43
2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales.....	43
2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales.	43
2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.....	45
2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.....	45
2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.....	46
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.....	47
2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.....	49
2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.....	50
2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos).....	50
2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.....	50
3 Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región.	52
3.1 Planteamiento de alternativas.	52
3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	52
3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.....	55



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.1.3	Alternativas para plantas de tratamiento.	56
3.1.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.	57
3.1.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.	58
3.2	Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia.	59
3.2.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.	60
3.2.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.	60
3.2.3	Alternativas para plantas de tratamiento.	61
3.2.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.	61
3.2.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.	61
3.3	Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.	62
3.3.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.	62
3.3.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.	63
3.3.3	Alternativas para plantas de tratamiento.	63
3.3.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.	64
3.3.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.	64
3.4	Selección de las alternativas más convenientes.	65
3.4.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.	65
3.4.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.	65
3.4.3	Alternativas para plantas de tratamiento.	65
3.4.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.	66
3.4.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.	66
3.5	Integración de la cartera de acciones y proyectos.	67
3.5.1	Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción.	68
3.5.2	Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.	70
3.5.3	Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.	72
3.5.4	Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.	72
3.5.5	Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación.	72
4	Organización y alternativas de financiamiento.	74
4.1	Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento.	74
4.1.1	Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.	74
4.1.2	Planteamiento de opciones de organización para la ejecución.	75
4.1.3	Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento.	77
4.2	Análisis de riesgos y formas de mitigarlos.	79
4.2.1	Identificación de riesgos (construcción de matriz)	79



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.2.2	Evaluación de riesgos.	81
4.2.3	Propuesta de mecanismos de mitigación.	83
Acrónimos.....		85
Índice de tablas.....		86
Índice de ilustraciones.....		87



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Resumen

El municipio de Piedras Negras se encuentra en la porción NE del estado de Coahuila de Zaragoza, y es una de las siete entidades municipales de este que hacen frontera con el estado norteamericano de Texas, al noreste de México.

Particularmente, Piedras Negras tiene como coordenadas geográficas medias 28° 25' 17", latitud norte, y 100° 46' 03", longitud oeste; se encuentra a una altitud promedio de 230 metros sobre el nivel del mar, y cuenta con una extensión territorial de 914.2 kilómetros cuadrados.

Limita al norte con el municipio de Jiménez y el estado de Texas; al sur con el municipio de Nava; al oeste con el municipio de Zaragoza, y al este con el estado de Texas (ciudad de Eagle Pass).

Por su ubicación forma parte tanto de la zona metropolitana de Piedras Negras-Nava, como de la Zona Metropolitana Binacional Piedras Negras–Eagle Pass.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos, como parte de su atención preferente a los problemas fronterizos de saneamiento, no ha identificado de manera particular una anomalía de dicha naturaleza para Piedras Negras, por lo que no se ha formulado alguna acta sobre este asunto, de conformidad con la recomendación 4 del Acta 261, de fecha 24 de septiembre de 1979.

No obstante, Piedras Negras fue considerada dentro de los trabajos de observación de la calidad de las aguas de la frontera, referidos en el Acta 289, y posteriormente en el Acta 294, en cuya resolución 2 se considera conveniente darle carácter prioritario, junto con otras cuatro ciudades, para recibir apoyo, con el fin de consolidar su proyecto de infraestructura de manejo y tratamiento de aguas residuales.

El municipio de Piedras Negras presta el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (saneamiento) a la población de la entidad, a través del organismo público descentralizado, denominado Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras (SIMAS Piedras Negras).

El Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Piedras Negras ha sido objeto de varios estudios y análisis en los últimos 20 años, iniciando con el Proyecto Integral de Saneamiento (1999), con base en el cual no sólo se llevó a cabo la rehabilitación y ampliación del alcantarillado, sino que además se ejecutó la construcción de la primera etapa de la actual planta de tratamiento de aguas residuales.

No obstante, se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento proporciona una cobertura del 97.5 %, beneficiando a una población superior a los 166, 000 habitantes, a través del acopio y manejo de cerca de 44,000 descargas.

El saneamiento se realiza en una PTAR ubicada en la porción este-sureste de la ciudad, a poco más de 600 m del río Bravo, que emplea el sistema de lodos activados en su modalidad de aireación extendida logrando niveles de DBO5 y SST por debajo de los 30/30 mg/l.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La planta cuenta con aproximadamente 20 años de operación, y se encuentra a cargo de una empresa concesionaria. Comenzó con una capacidad de flujo diario promedio de 360 lps, y ha tenido dos ampliaciones hasta llegar a la capacidad actual de 720 lps. Considerando que actualmente el influente de la PTAR es de 635 lps, que representan el 88.19 % de dicha capacidad, se tiene una cobertura de 100 %.

Se destaca que el 100 % de las aguas tratadas se emplean en el proceso de generación de energía en las termoeléctricas José López Portillo (Carbón I) y Carbón II de la CFE, ubicadas en el municipio de Nava, utilizando el río Bravo como medio de conducción.

Para atender las necesidades inmediatas y futuras de Piedras Negras en materia de alcantarillado y saneamiento, es necesario desarrollar acciones paralelas que atiendan cuatro aspectos: por una parte, la sustitución y rehabilitación de las redes de alcantarillado, atendiendo de manera prioritaria las zonas más antiguas; por otra parte, redistribuir la forma en que se maneja el agua residual (sectores), dotándolos de capacidad de bombeo e infraestructura para hacer llegar el fluido residual hasta la PTAR; asimismo, es preciso llevar a cabo la ampliación de la actual PTAR o, en el mejor de los casos, la construcción de otra planta con las mismas características, principalmente en cuanto al proceso de tratamiento, el cual ha demostrado en la práctica ser eficiente; y finalmente, es necesario desarrollar acciones para evitar que las aguas pluviales afecten a las instalaciones sanitarias, tanto internamente al sumarse a las aguas residuales, como externamente, al incidir en su trayectoria por falta o por problemas en las obras de desalojo y control.

En relación con lo anterior se seleccionaron 16 proyectos para el periodo 2022-2050, cuya realización se estima que alcanzaría un valor de poco más de 1,949 mdp.

Analizando las fuentes de financiamiento para el desarrollo de estudios y proyectos, así como la ejecución de las obras requeridas y la operación y mantenimiento de las mismas, si bien es posible tener acceso a fondos y créditos de la banca de desarrollo, principalmente del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), hasta por un equivalente del 30 % del monto total, por el carácter fronterizo de Piedras Negras, se requiere de apoyos provenientes de los Gobiernos federal y estatal, con porcentajes máximos promedio de participación del 56 % y 7 %, respectivamente, y con una participación marginal del municipio hasta del 7 % del monto total por proyecto. Para el caso de proyectos relacionados con las PTAR, la participación de la iniciativa privada se estima viable con un porcentaje del 30 %, como mínimo, el programa “Vamos a Michas” entre el Gobierno del estado y los 38 municipios es una opción adicional para el fondeo de los proyectos identificados para Piedras Negras.

Considerando el PEF 2020, se identificaron ocho fondos y cinco programas del Gobierno federal a los cuales es posible acceder para financiar las diferentes etapas de los proyectos seleccionados.

Mediante el empleo de una matriz de identificación y evaluación de riesgos de realización de proyectos, se determinó que, de manera independiente al tipo de estudio, proyecto u obras, los riesgos asociados a los temas económico y administrativo son los más relevantes, principalmente para los proyectos prioritarios (2022-2024). El apego a los lineamientos y reglas de operación para



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

la obtención de recursos, a través de una ruta crítica y su seguimiento, representan los principales mecanismos de mitigación de los citados riesgos.

Tabla 1 Resumen problemática, solución e inversión de Piedras Negras, CO.

Problemática	<p>En materia de alcantarillado y saneamiento, aun cuando el SIMAS Piedras Negras no cuenta con un catastro completo, ni actualizado de las redes que conforman el sistema, que permita conocer con certeza la longitud y características de las tuberías, principalmente en cuanto a diámetro y materiales, se sabe a través de las diversas reparaciones realizadas, que la red cuenta con más de 100 años de antigüedad, principalmente en la zona del centro histórico, con todos los problemas que esto implica.</p> <p>En términos generales se estima que la zona metropolitana de Piedras Negras cuenta con más de 300 kilómetros de Red de Alcantarillado, incluyendo subcolectores y colectores, de los cuales dos terceras partes son sensiblemente antiguas y requieren sustituirse.</p> <p>La PTAR cuenta con aproximadamente 20 años de operación y se encuentra trabajando a un 88% de su capacidad instalada por lo que se encuentra próxima a su capacidad máxima.</p> <p>La Estación de Bombeo 3 se encuentra en mal estado, presenta problemas estructurales y ha rebasado su capacidad.</p> <p>No existe drenaje pluvial, se requieren canales de aguas pluviales que quiten presión al sistema de alcantarillado y conduzcan el agua de manera directa al Río Bravo.</p>
Solución	<p>Uno de los principales problemas en el corto plazo (2022-2024), es sustituir las tuberías antiguas del sistema de drenaje que se encuentran en mal estado y que han rebasado su vida útil, pues se estima que cuentan con una antigüedad de 100 años o más. Si bien se desconoce la longitud total, se estima en aproximadamente 200 km. Por ejemplo, la red de atarjeas y descargas domiciliarias de la Zona Centro (25 km). Sin embargo, para tener la certeza de las cantidades de obra y un programa ordenado para llevar a cabo el citado reemplazo, es necesario ejecutar un Plan Integral de Saneamiento que incluya el catastro de la red de drenaje.</p> <p>Es necesario la sustitución de la estación de bombeo 3 “Treviño” de manera prioritaria (2022), pues al igual que el caso anterior relativo a la tubería del sistema de drenaje, ha rebasado su vida útil y el riesgo de falla operativa es alta, debido al exceso de trabajo al que es sometida esta instalación.</p> <p>Se requiere llevar a cabo la construcción de dos estaciones de bombeo de aguas residuales, adicionales al Cárcamo 3 y Planta de Bombeo 4, con la finalidad de llevar a cabo una redistribución de las zonas de influencia, y estar en posibilidad de atender las necesidades futuras de manejo y gestión de dichos fluidos. Se determinó como viable establecer una planta de bombeo en la porción norte de la ciudad (Norte) y otra hacia el sur en la margen derecha del Río Escondido en las inmediaciones de la curva de Blvd. Centenario (Sur).</p> <p>Las obras de sustitución de drenaje, construcción de las 2 estaciones de bombeo citadas previamente y la redistribución del manejo de las aguas residuales se lleven a cabo, lo que aumentará las necesidades de tratamiento actual. Para responder al incremento que se presentará en el corto plazo (2022–2024), es necesario incorporar un módulo adicional de 180 lps.</p>
Inversión	<p>Se presenta una cartera de acciones y proyectos para atender la demanda de saneamiento en Piedras Negras, CO. al 2050 por un total de 1,949.1 mdp para llevar a cabo 16 acciones de los cuales 5 atenderán la problemática de colectores y emisores con una inversión de 382.1 mdp, 2 acciones requeridas para plantas de bombeo y rebombeo con una inversión de 299 mdp, 3 acciones para plantas de tratamiento de aguas residuales con una inversión de 811.5 mdp y 6 acciones para infraestructura complementaria con una inversión de 456.5 mdp.</p>



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1 Diagnóstico del sistema de saneamiento.

1.1 Recopilación y análisis de la información.

El municipio de Piedras Negras se ubica en la porción norte del estado de Coahuila de Zaragoza. Junto con otros 37 municipios conforma la citada entidad federativa. Piedras Negras es uno de los siete municipios que hacen frontera con el estado norteamericano de Texas, al nor-noreste de México.

Piedras Negras se localiza entre las coordenadas geográficas medias $28^{\circ} 25' 17$, latitud norte, y $100^{\circ} 46' 03''$, longitud oeste; se encuentra a una altitud promedio de 230 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una extensión territorial de 914.2 kilómetros cuadrados.

Limita al norte con el municipio de Jiménez y el estado de Texas (condado de Maverick), al sur con el municipio de Nava, al oeste con el municipio de Zaragoza y al este con el estado de Texas (ciudad de Eagle Pass del condado de Maverick).

Ilustración 1. Localización del municipio de Piedras Negras en el estado de Coahuila y colindancias



Fuente: elaboración propia con base en COCEF, 2016.

Por su ubicación, forma parte tanto de la Zona Metropolitana Piedras Negras-Nava, como de la Zona Metropolitana Binacional Piedras Negras–Eagle Pass.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En sentido estricto, los límites norte, noreste y este del municipio de Piedras Negras los conforma el río Bravo, elemento del medio natural y marco físico que representa la frontera entre México y Estados Unidos. Por su ubicación, Piedras Negras puede considerarse una población ribereña y fronteriza.

La frontera de México con Estados Unidos es prioritaria en muchos aspectos, incluyendo el relativo al saneamiento integral y el mejoramiento del medio ambiente, y, en tal contexto, se desarrollan importantes proyectos para eliminar el deterioro de la calidad del agua del río Bravo, que se presenta principalmente por descargas residuales procedentes de usos municipales, que se realizan sin tratamiento previo.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos (CILAW), creada desde 1889, con el fin de aplicar los tratados internacionales sobre límites y aguas entre las dos naciones, vigila, entre otros aspectos, que las aguas que crucen la frontera o escurran por los tramos limítrofes del río Bravo no tengan condiciones sanitarias que representen un riesgo a la salud y el bienestar de los habitantes en ambos lados de la frontera.

El Tratado de Aguas de 1944, firmado el 3 de febrero del mismo año, establece que los Gobiernos de México y Estados Unidos se obligan a resolver preferentemente los problemas fronterizos de saneamiento.

En este contexto, el 24 de septiembre de 1979 se aprobó por los dos Gobiernos el Acta 261, la cual establece que para los problemas fronterizos de saneamiento se formule un acta para aprobarse por los dos Gobiernos, en la que se incluya la identificación del problema, la definición de las condiciones que requieran solución, normas específicas de calidad que deberán aplicarse, acciones a seguir para su solución y el programa específico para su desarrollo.

La CILAW, como parte de su atención preferente a los problemas fronterizos de saneamiento, no ha identificado de manera particular una anomalía de dicha naturaleza para Piedras Negras, por lo que no se ha formulado alguna acta al respecto, de conformidad con la recomendación 4 del Acta 261, de fecha 24 de septiembre de 1979.

No obstante, Piedras Negras fue considerada dentro de los trabajos de observación de la calidad de las aguas de la frontera, referidos en el Acta 289, y posteriormente en el Acta 294, en cuya resolución 2 se considera conveniente darle carácter prioritario, junto con otras 4 ciudades, para recibir apoyo, con el fin de consolidar su proyecto de infraestructura de manejo y tratamiento de aguas residuales.

Para el desarrollo del informe de Piedras Negras, como parte de la formulación del Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel de Gran Visión, fueron recopilados y analizados los documentos que se enlistan a continuación.

Nacionales (Gobierno de la República, SEMARNAT y CONAGUA)

- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
- Presupuesto de Egresos de la Federación, ejercicios 2019 y 2020.
- Programa Nacional Hídrico 2020-2025.
- Programa Hídrico Regional 2014-2018 de la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2019.
- Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos de Oxidación Bioquímica con Biomasa Suspendida. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
- Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario. CONAGUA (2012).
- Normas Oficiales Mexicanas: NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1996.
- Convenio Marco de Coordinación que celebran la SEMARNAT, a través de la CONAGUA, y el estado de Coahuila de Zaragoza, con el objeto de establecer los lineamientos para conjuntar recursos y formalizar acciones en las materias de infraestructura hidroagrícola, agua potable, alcantarillado y saneamiento y cultura del agua en beneficio de la entidad. (DOF, 240420).

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

- Informe de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de las Poblaciones Mexicanas en la Frontera Mex/EUA 2017. CILA.
- Actas 261, 289, 294, 299 y 304 de la CILA.

Gobierno del estado de Coahuila de Zaragoza

- Plan Estatal de Desarrollo de Coahuila de Zaragoza 2017-2023.
- Programa Estatal de Vivienda, Agua y Saneamiento y Regularización de la Tenencia de la Tierra de Coahuila de Zaragoza 2017-2023.
- Programa Estatal de Medio Ambiente de Coahuila de Zaragoza 2017-2023.
- Programa Regional de Gestión de Riesgo y Ordenamiento Territorial Norte de Coahuila de Zaragoza 2018.
- Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza. 2009 (Decreto 641).
- Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza. 1993. (Decreto 166).

Municipio de Piedras Negras

- Plan de Desarrollo Municipal de Piedras Negras 2019-2021.
- Plan Director de Desarrollo Urbano y Mapa Zonificación Secundaria de Piedras Negras 2012.
- Plan Operativo de Inundación de Piedras Negras 2014.
- Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales del Municipio de Piedras Negras, Coahuila 2012.
- Decreto 287. Creación del Organismo Público Descentralizado de la Administración Pública Municipal de Piedras Negras, Coahuila. Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento (SIMAS) de Piedras Negras.
- Plan de Gestión de Mejoras de Eficiencias e Inversiones en el SIMAS de Piedras Negras, Coah. 2016.
- Ley de Ingresos del Municipio de Piedras Negras para el Ejercicio Fiscal 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.1 Sistema principal de alcantarillado.

1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario.

Actualmente se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Piedras Negras proporciona una cobertura del 97.5 %, beneficiando a una población de 166,188 habitantes, a través del acopio y manejo de 43,940 descargas. Se estima que el resto de la población tiene descargas directas a terrenos aledaños y, en el mejor de los casos, cuenta con fosas sépticas en su propio terreno. Estas áreas sin servicio se localizan principalmente en las zonas periféricas de la ciudad, ubicadas hacia el oeste y sur.

Por otra parte, el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), del Instituto Mexicano del Agua, registra los siguientes datos históricos reportados por el organismo para el período 2002 a 2014.

Tabla 2. Histórico registrado en cobertura de alcantarillado en Piedras Negras

Año	Cobertura de alcantarillado reportada (%)	Año	Cobertura de alcantarillado reportada (%)
2002	89.00	2009	95.00
2003	89.00	2010	97.99
2004	89.00	2011	97.99
2005	90.00	2012	97.99
2006	90.00	2013	97.99
2007	91.00	2014	98.28
2008	92.00		

Fuente: elaborado para el presente estudio con resultados registrados en el PIGOO

El porcentaje de cobertura se fue incrementando gradualmente hasta llegar a un pico en el año 2014, cuando alcanzó el máximo histórico de 98.28 %. En el periodo 2015-2016 se determinó un porcentaje de cobertura del 97.93 %, y actualmente este valor ha disminuido a 97.5 %; no obstante, se encuentra por encima de la media nacional del 91.4 %, y de la media del estado de Coahuila de Zaragoza de 97.0 % (CONAGUA, 2019).

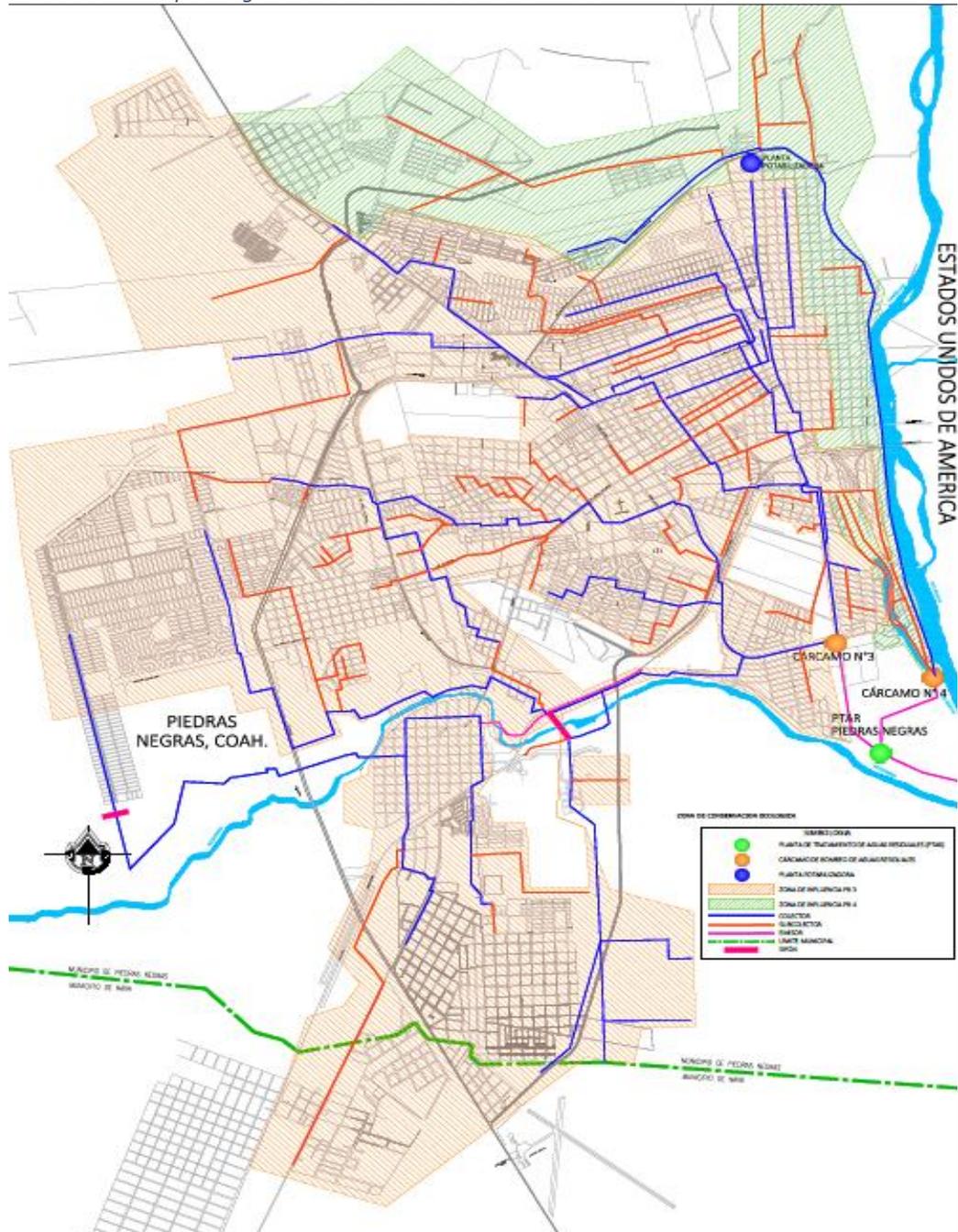
1.1.1.2 Red primaria de alcantarillado (colectores, subcolectores y emisores).

En términos generales, se estima que la zona metropolitana de Piedras Negras cuenta con más de 300 kilómetros de red de alcantarillado, incluyendo subcolectores, colectores y emisores, de los cuales dos terceras partes son sensiblemente antiguas y requieren sustituirse.

El proceso seguido del análisis de esta información consistió en la consolidación de los datos, esencialmente trayectorias, dentro de un marco de referencia geográfico, de tal manera que todos los datos fueron trasladados a una misma planimetría. Se agregó información de colectores que se han construido en la zona sur y oeste del área metropolitana. Asimismo, se registró la existencia de dos sifones invertidos que canalizan las aguas residuales a través del río Escondido en dos puntos distintos, para llegar al esquema que se presenta en la ilustración 2.

El sistema se divide en dos zonas de influencia cuya extensión y estructura se muestran en la ilustración 2. Como estructuras relevantes, el alcantarillado cuenta con dos sifones y dos plantas de bombeo. Hasta antes de llegar a las mencionadas plantas todo el sistema trabaja por gravedad.

Ilustración 2. Esquema general del sistema de alcantarillado.



Fuente: elaboración propia con base en COCEF, 2016.

El esquema de descarga de la red de colectores y subcolectores se presenta en la ilustración 3. En la parte inferior del cuadro se encuentran las dos líneas a presión que llevan el agua desde las plantas de bombeo 3 y 4 hasta la PTAR. El conjunto de colectores, subcolectores, emisores y sifones que se despliega hacia arriba muestra el orden de vertido del sistema.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La primera y más amplia zona de influencia tiene como punto de vertido la planta de bombeo No. 3, ubicada en la esquina que forma el bulevar Centenario con la calle Joaquín Herrera.

La zona de influencia más extensa capta las aguas residuales generadas en la zona centro y sur del área metropolitana. El colector Treviño recibe las aportaciones de los colectores INFONAVIT II, 1ª etapa y Salinas, los subcolectores Chapultepec y Presidentes, el sifón Villa de Fuente y el emisor del mismo nombre.

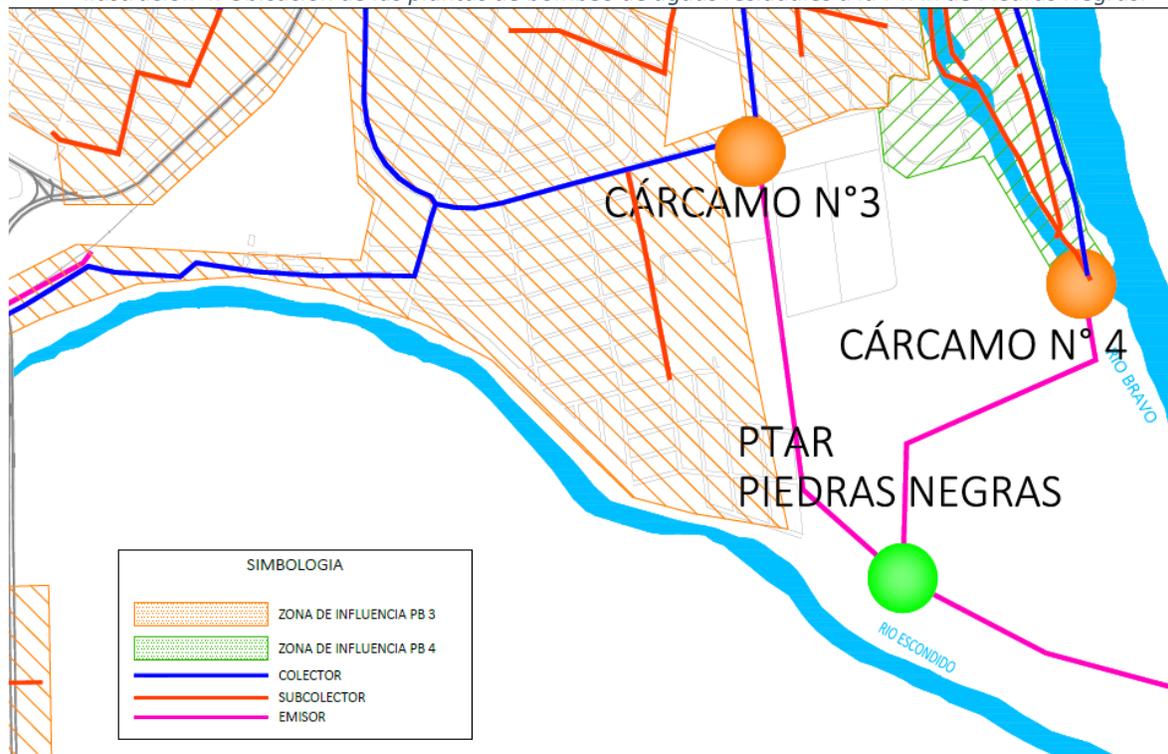
La segunda área concentra sus descargas en la planta de bombeo No. 4, ubicada en la zona del punto de confluencia del arroyo El Tornillo con el río Bravo.

En general puede considerarse que la evacuación de las aguas residuales de la ciudad se realiza a través de cuatro subsistemas: Centenario; Treviño; emisor Villa de Fuente para la zona de influencia sur, y Marginal Río Bravo para la zona de influencia norte. Los cuatro subsistemas confluyen a las plantas de bombeo 3 y 4, las cuales, a través de dos líneas a presión, llevan el agua residual hasta la PTAR, que representa el punto de descarga y disposición final. Las aguas tratadas son desalojadas finalmente en el río Bravo, el cual es el cuerpo receptor.

1.1.1.3 Sistemas de bombeo principales.

El sistema de drenaje de Piedras Negras opera actualmente dos plantas de bombeo que se describen a continuación.

Ilustración 4. Ubicación de las plantas de bombeo de aguas residuales a la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: elaboración propia con base en COCEF, 2016.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Planta de bombeo número 3. Estación Treviño.

Las aguas residuales que recolecta esta estación provienen de las colonias del sur, oeste y noroeste de la ciudad. En los últimos años se ha venido optimizando el funcionamiento a gravedad de la zona final del sistema. Salieron de servicio las plantas 1 y 2 de bombeo, al construirse y ponerse en operación interconexiones que llevaron todo el volumen captado hasta esta planta.

Según datos proporcionados por personal del SIMAS, esta planta bombea poco más del 85 % del total de aguas residuales aportadas por la ciudad, lo que representa un gasto medio superior a los 600 lps.

La planta de bombeo fue construida en 1986 y se encuentra localizada en la zona sureste de la ciudad sobre la avenida Joaquín Herrera. La planta consiste en un cárcamo circular de 9 m de diámetro interior y 12.50 m de profundidad.

El agua de esta planta es conducida a presión mediante cuatro tuberías de acero de 61 cm de diámetro. El cárcamo está formado por muros y una losa de concreto reforzado, apoyada sobre vigas de concreto. Existe una estructura de acero, sin embargo, todas las cargas se concentran en la parte superior del cárcamo. Para levantar o manejar las bombas existe un malacate apoyado en la estructura de acero.

Ilustración 5. Planta de bombeo número 3. Vista del conjunto de la estación de bombeo.



Fuente: elaboración propia con base en COCEF, 2016.

Los equipos que operan actualmente en el cárcamo son cuatro, de tipo sumergible y con capacidades de hasta 150 lps, cada uno.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Hasta donde se tiene información, la operación y mantenimiento de la planta de bombeo 3 se lleva a cabo en colaboración con la empresa AREMA Piedras Negras, concesionaria y operadora de la PTAR.

Ilustración 6. Estación de bombeo número 3. Parte superior del cárcamo.



Fuente: elaboración propia con base en COCEF, 2016.

Ilustración 7. Estación de bombeo número 3. Parte interior del cárcamo.



Fuente: elaboración propia, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Planta de bombeo número 4 Marginal Río Bravo

La estación de bombeo número 4 se localiza en el área de confluencia del arroyo El Tornillo con el río Bravo, en el extremo sureste de la localidad. Las aguas residuales son bombeadas por medio de una tubería a presión de 14" de diámetro hasta la caja de entrada a la PTAR.

Esta estación fue construida en 1974; cuenta con un cárcamo de 140 m³ de capacidad, con una base cuadrada de 5.15 m por lado y 5.95 m de profundidad (incluye 65 cm de espesor de la losa superior). El gasto medio bombeado desde esta estación es de poco más de 100 lps, lo que representa un 15 % del total de la aportación conducida por el sistema. El equipo de bombeo consiste en una bomba sumergible de la que no se tiene información sobre sus características.

Ilustración 8. Estación de bombeo número 4. Parte exterior del cárcamo.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Ilustración 9. Estación de bombeo número 4. Parte interior del panel de control del cárcamo.



Fuente: elaboración propia, 2020.



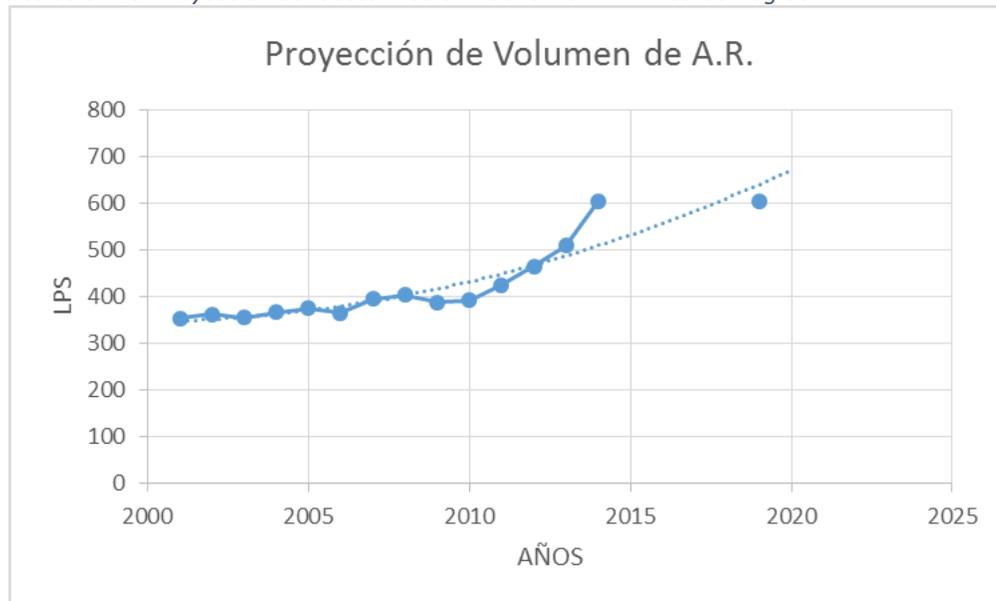
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.1.4 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales

En 2016 la COCEF llevó a cabo el cálculo del volumen de aguas residuales de tipo municipal, generadas en la ciudad de Piedras Negras, mediante tres métodos:

- Empleando la metodología de la CONAGUA, se realizaron cálculos de caudales de agua residual para un periodo de 35 años (2015-2050). A partir de lo anterior, se determinó que para el 2015 se generaban 519.46 lps, y que para el año 2050 se estaría produciendo 993.48 lps. El valor estimado, conforme este método para 2020, fue de aproximadamente 525.50 lps.
- Un segundo método de estimación del caudal generado de aguas residuales se llevó a cabo considerando el registro de medición de caudales del año 2014, tomando como base el gasto medio mensual. En este caso el valor medio estimado fue de 605 lps para dicho año, por lo que para el 2015 y los años subsecuentes era de esperar caudales superiores, por encima de la proyección realizada previamente.
- La tercera estimación del volumen de aguas residuales, producidas en Piedras Negras, se desarrolló mediante una proyección estadística con el método exponencial, considerando el registro de gastos anuales en la PTAR para un periodo de 15 años (2001 a 2014), además del valor de caudal para el 2019 proporcionado por la CEAS (606 lps).

Ilustración 10. Proyección del Gasto Medio Anual en la PTAR Piedras Negras.



Fuente: elaboración propia con base en datos COCEF (2016) y CEAS (2019).

Considerando la proyección de los valores citados y presentados en la ilustración anterior, para el año 2020 se estima una producción de aguas cercana a los 635 lps, valor que representaría el caudal de aguas residuales generadas si la cobertura del Sistema de Drenaje y Alcantarillado fuera del 100 % y la totalidad de estas fuera conducida de manera íntegra a la PTAR.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tomando como base que la cobertura del Sistema de Alcantarillado es del 97.5 %, y el valor de 635 lps, como caudal de tratamiento estimado, la cantidad de aguas residuales generadas al 2020 para Piedras Negras se estima en 651.28 lps, siempre que en el traslado de estas a la PTAR no existan pérdidas.

La razón por la que existe diferencia en los volúmenes identificados puede ser producto de filtraciones al Sistema de Alcantarillado, o de las aportaciones generadas en las zonas para las que el SIMAS Piedras Negras provee servicio de alcantarillado, pero no de agua potable; por ejemplo, a la comunidad Venustiano Carranza del municipio de Nava. La información recopilada y analizada no permite establecer las razones de manera fundada en lo documentado. Se considera que los trabajos de catastro de infraestructura permitirán llevar a cabo un análisis acorde a las condiciones reales de operación.

1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales.

La primera etapa de la PTAR fue construida en el año 2000 con capacidad de 360 lps. Debido al aumento de la población, y los gastos producidos de agua residual, fue necesario ampliar la capacidad de la planta. En el año 2010 se incrementó la capacidad instalada hasta 540 lps, y en el 2014 fue adicionado otro módulo de 360 lps, aumentando la capacidad a 720 lps, que es la capacidad instalada actual.

De acuerdo con los registros de medición de caudales realizados por la CEAS, para el 2019 fueron tratados 606 lps en la PTAR Piedras Negras, lo cual significa una cobertura del 100 %. Para el año 2020, y tomando en cuenta los caudales de generación estimados en el apartado 1.1.1.5, principalmente en el inciso c), donde se estableció un caudal de tratamiento de 635 lps, la cobertura del saneamiento sigue siendo del 100 %, contando con un margen de maniobra de 85 lps, para alcanzar la capacidad instalada de la infraestructura.

1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación.

Piedras Negras sólo cuenta con una PTAR, la cual se ubica en la porción este-sureste (ESE) de la ciudad y sus coordenadas geográficas medias son: 28°40'05.91" de latitud norte, y 100°30'32.74" de longitud oeste, a una altura promedio de 220 MSNM. Las áreas de aportación que corresponden a la zona urbana se localizan en la porción norte, oeste y suroeste de la PTAR, como se observa en la ilustración 11, enmarcadas con los contornos en rojo.

1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR.

El proceso de tratamiento de las aguas residuales de Piedras Negras es de tipo biológico (oxidación bioquímica con biomasa suspendida), y consiste en un sistema basado en lodos activados, en su modalidad de aireación extendida.

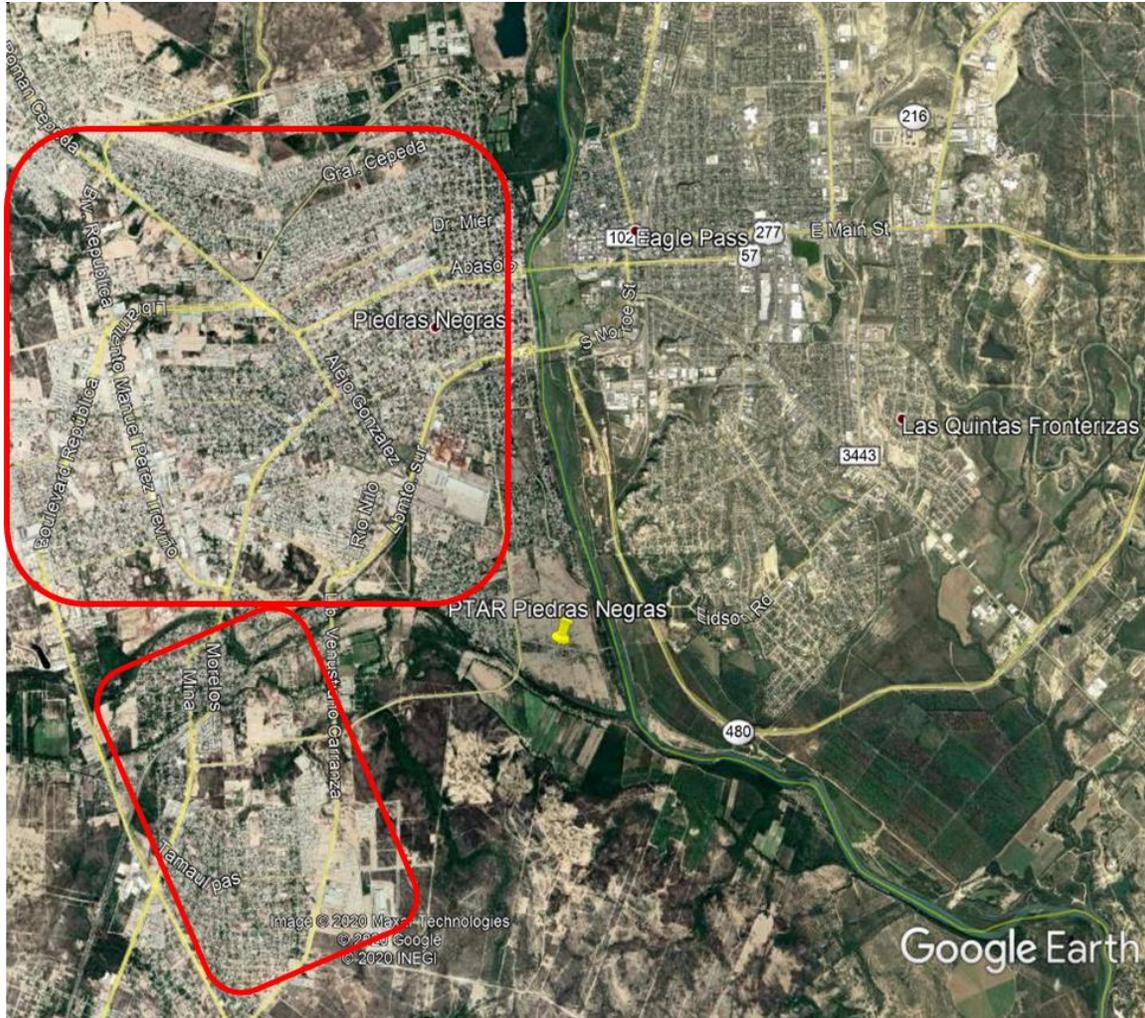
El propósito del tratamiento biológico de biomasa en suspensión es eliminar los compuestos orgánicos solubles y coloidales que escapan al tratamiento primario, y facilitar la eliminación de sólidos en suspensión. Este proceso proporciona reacciones biológicas similares a las que se



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

producen en los cuerpos de agua receptores, eliminando más del 85 por ciento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y de los sólidos suspendidos.

Ilustración 11. Ubicación de la PTAR y sus áreas de aportación.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

Al proceso de aireación extendida también se le conoce como oxidación total. La idea fundamental es disminuir la cantidad de lodo residual, lo cual se consigue aumentando el tiempo de residencia; de esta forma el volumen del reactor es mayor. Como consecuencia, el lodo degradable que se forma se consume mediante respiración endógena. La ventaja principal del proceso de aireación extendida es que las instalaciones para la manipulación de lodos son muy pequeñas al compararlas con las que se necesitan en el proceso de lodos activados convencional.

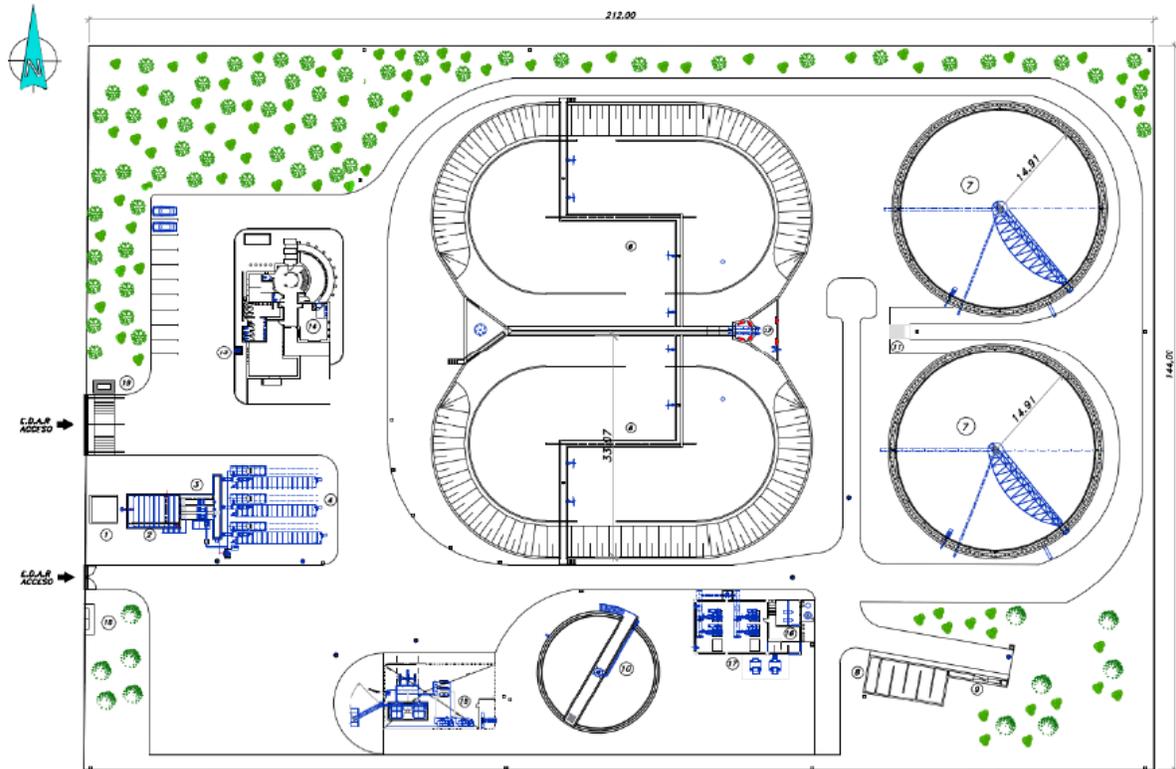
El correcto funcionamiento del proceso de aireación extendida depende de un adecuado suministro de oxígeno, el cual se realiza a través de difusores sumergidos (aireación por insuflación) de burbuja fina, principalmente, debido a que presentan una mejor transferencia de oxígeno al medio (proceso de adsorción). Dado que un menor tamaño de burbuja de aire implica una menor velocidad de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

ascenso y, por tanto, un mayor tiempo para la transferencia de oxígeno, menor consumo de aire y menores costos de energía.

Ilustración 12. Esquema de la PTAR existente.



Fuente: CEAS Coahuila, 2015.

Como es posible observar en la ilustración 12, la PTAR cuenta con los componentes necesarios para asegurar el tratamiento del agua (tren de agua) y de manejo de lodos (tren de lodos).

La PTAR no tiene digestores, ya que este sistema de tratamiento tiene grandes tiempos de retención hidráulica y los lodos resultantes se encuentran estabilizados. Para el correcto funcionamiento de la planta se cuenta con las instalaciones necesarias de administración y control.

La calidad de agua residual tratada se controla con los análisis periódicos de carácter mensual de los parámetros incluidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que realiza un laboratorio certificado.

Los resultados recopilados y analizados muestran que la calidad de agua tratada es muy alta y cubre las exigencias de la norma citada, que corresponde a las condiciones necesarias para cubrir los requerimientos de descarga en un cuerpo receptor tipo C.

Los valores de los contaminantes analizados se encuentran por debajo de los requerimientos normativos. Los valores de DBO y SST son inferiores a los 30/30 mg/l, cubriendo incluso las exigencias de la EPA de Estados Unidos. (USEPA).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual.

Como fue establecido en el apartado 1.1.2.1, la primera etapa de la PTAR fue construida en el año 2000 con capacidad de 360 lps. Posteriormente, en el año 2010, se incrementó la capacidad instalada hasta 540 lps, y en el 2014 fue adicionado otro módulo de 360 lps, llegando a 720 lps, que es la capacidad instalada actual.

Tabla 3. Capacidades de la PTAR

Planta	Tipo de tratamiento	Capacidad instalada (lps)	Capacidad tratada (lps)
PTAR Piedras Negras	Lodos activados aireación extendida	720.00	635.00

Fuente: elaboración propia con información de CEAS Coahuila, 2020.

De acuerdo con información de la Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento (CEAS), se estima que actualmente (2020), se trata el 100 % de las aguas que llegan a la PTAR y que representan, de acuerdo con lo estimado, un gasto aproximado de 635 lps, caudal que significa el 88.19 % de la capacidad instalada.

1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.

1.1.3.1 Cobertura de red reúso.

El volumen total de agua residual tratada se entrega a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para ser utilizada en las plantas termoeléctricas José López Portillo (Carbón I) y Carbón II, que se ubican en el municipio de Nava, a una distancia promedio de 27.21 km al SW de la PTAR (ilustración 13). La entrega del agua tratada se realiza a través del río Bravo.

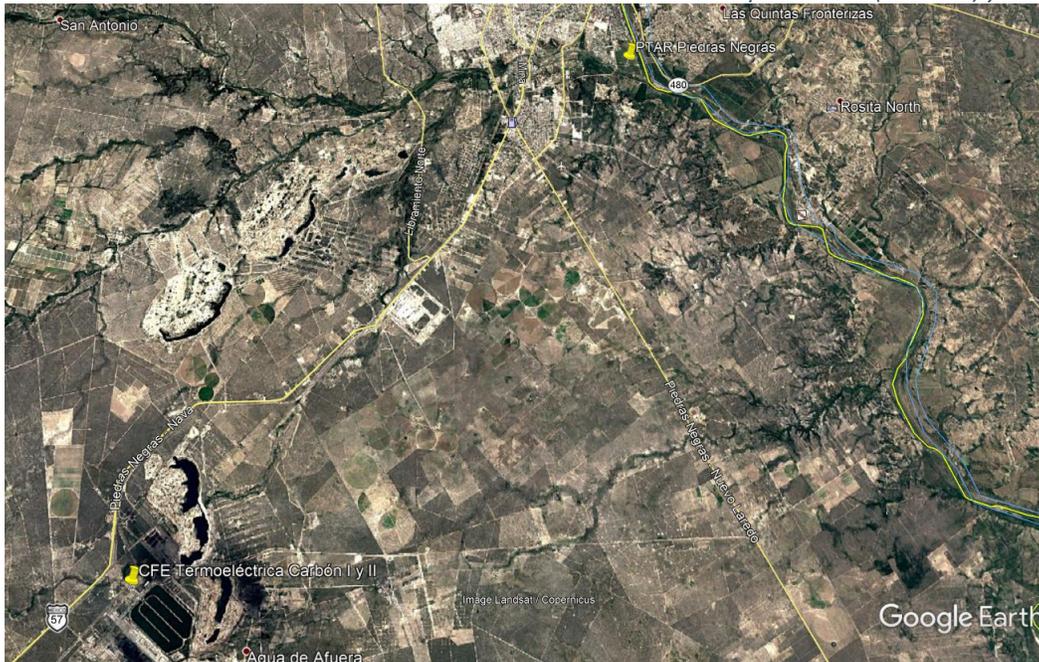
1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes

Los resultados recopilados y analizados muestran que la calidad de agua tratada es muy alta y cubre todas las exigencias de la NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Cumple con la calidad necesaria para descarga en un río como cuerpo receptor, en una categoría de tipo C (protección de vida acuática), pues los valores de los contaminantes son más bajos que los requeridos. Los valores de los DBO y SST son 3.39/7.31 mg/l, muy por debajo de los 30/30 que, como se mencionó anteriormente, cumple con las exigencias de la USEPA.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 13. Ubicación relativa de la termoeléctrica de CFE José López Portillo (Carbón I) y Carbón II.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

El volumen total de agua residual tratada se entrega a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para ser utilizada en las dos plantas termoeléctricas ubicadas en el municipio de Nava, acción que se realiza empleando como medio de conducción al río Bravo.

La primera planta, la central termoeléctrica José López Portillo, opera desde el 21 de septiembre de 1982 como la primera gran planta generadora de energía, y se localiza a 13 km de la cabecera municipal de Nava, por la carretera nacional 57; su infraestructura puede observarse desde distintos puntos, tanto desde Piedras Negras, como desde Nava, lo que la ha convertido en un icono de la región. Esta central está interconectada al Sistema Nacional a través de dos líneas de 230 kV y dos líneas de 400 kV, las cuales se dirigen una hacia Tamaulipas y la otra a la frontera del estado. Tiene una capacidad instalada efectiva de 1,200 MW en cuatro unidades generadoras de 300 MW, cada una.

La central termoeléctrica Carbón II, que inició actividades el 2 de noviembre de 1993, es la segunda central en gran escala, construida en México, que utiliza el carbón mineral no coquizable como fuente primaria de energía. Esta cuenta con cuatro (4) unidades generadoras con capacidad de 350,000 kW, cada una, para un total de 1.400.000 kW/h, por lo que es en la actualidad la mayor central termoeléctrica a base de carbón de América Latina; anualmente entrega 10.300.000 MWh, forma parte de la Gerencia Regional de Producción Norte y entrega la energía al Área de Control Noreste a través de las líneas de transmisión de 400 kV Lampazos I y II, además de un enlace con la subestación Río Escondido, en el mismo nivel de voltaje.

La entrega del agua residual se realiza en cumplimiento al Contrato de Suministro de Aguas Residuales Tratadas, de fecha 14 de mayo de 1998, que suscribieron el Ejecutivo del estado de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Coahuila de Zaragoza a través de la CEAS y la CFE, con la participación de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), así como del municipio de Piedras Negras. El objeto del citado instrumento indica que la CEAS se obliga a suministrar aguas residuales tratadas a la CFE, y esta se obliga a recibir y adquirir dicho suministro, así como a cubrir el pago correspondiente al volumen total de las aguas residuales tratadas que genere la PTAR de Piedras Negras.

1.1.4 Generalidades.

1.1.4.1 Políticas de operación.

Del análisis de la información recopilada para esta sección se obtienen conclusiones acerca de la forma en que operan los Sistemas de Alcantarillado y Saneamiento de Piedras Negras, pues mientras el primero es responsabilidad del SIMAS de Piedras Negras, el segundo está concesionado a la empresa de origen español AREMA Agua, Residuos y Medio Ambiente, S.A. a través de su filial en México, denominada AREMA Tratamientos Avanzados del Agua, S.A. de C.V., por un periodo de 20 años y una prórroga que se cumple en el año 2021, de acuerdo con información indicada por el propio SIMAS Piedras Negras.

El Sistema de Alcantarillado, como parte fundamental para el correcto funcionamiento del saneamiento, se encuentra a cargo del SIMAS de Piedras Negras, de conformidad con lo establecido en el artículo 16 y 21 fracciones II y III de la Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza (LAMECZ), publicada en el Periódico Oficial el martes 24 de febrero del 2009, con la reforma más reciente, fechada el 27 de octubre del 2015, y el artículo cuarto, fracción II del Decreto 287 por el que se crea el OPD Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras, publicado en el Periódico Oficial el martes 31 de agosto de 1993.

A pesar de que en el artículo 17 de la LAMECZ se establece que en el decreto de creación de los SIMAS deben incluirse “*las normas para su operación*”, y en el artículo 18 del mismo instrumento jurídico se cita que el SIMAS deberá proponer su Reglamento de Prestación de Servicios (reglamento interno), el cual deberá ser aprobado por el ayuntamiento, no se encontró evidencia documental, ni de las normas de operación, ni del reglamento; sólo fue posible identificar los elementos básicos que definen su política operativa para la prestación del servicio como misión, visión y valores en la página de internet del organismo (<https://www.simaspiedrasnegras.gob.mx/quienes-somos/>). A partir de lo anterior, las políticas de operación son completamente técnicas, dirigidas a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ.

No obstante, durante un año calendario, de junio del 2017 a junio del 2018, y con una periodicidad mensual, el SIMAS Piedras Negras estableció metas y objetivos de carácter operativo por cumplir. Durante los dos últimos años (2019-2020), la periodicidad de las metas y objetivos de operación se han establecido trimestralmente.

Adicionalmente, en términos técnicos el SIMAS Piedras Negras se apoya en dos instrumentos: por un lado, el Reglamento Municipal de Descarga de Agua Residual de Piedras Negras; y por el otro, el Manual para la Presentación de Proyectos de Agua Potable en los Fraccionamientos de Piedras Negras.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En cuanto al Sistema de Saneamiento, a cargo de la empresa AREMA, esta establece los siguientes aspectos, como parte de su política de operación:

- La aplicación de las mejores tecnologías disponibles y las mejores prácticas medioambientales posibles.
- La búsqueda del ahorro, la reutilización y la eficiencia energética.
- Las soluciones óptimas a largo plazo.
- La garantía en las soluciones propuestas.
- La voluntad del compromiso social.

1.1.4.2 *Derechos de vía y tenencia de la tierra.*

Los activos con que cuenta el SIMAS Piedras Negras son tangibles en prácticamente su totalidad, y pertenecen legalmente al organismo a través de diferentes instrumentos legales, tales como escrituras públicas, contratos de comodato, arrendamiento, etcétera, conforme a información expresada por la Subgerencia de Planeación y Proyectos del SIMAS Piedras Negras. Los activos totales reportaron una reducción de su valor entre el 2011 y el 2013, de 99.7 a 92.9 mdp; en el 2014 repuntó para alcanzar los 95.6 mdp. El activo no circulante representa poco más del 91 % de los activos totales, lo que refleja la importancia de los predios, infraestructura y equipamiento con que cuenta el organismo.

En el caso de las instalaciones y tuberías que comprenden las atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, se encuentran ubicados en vías de comunicación públicas o en derechos de vías federales; y en el resto de los casos (propiedades particulares), se cuenta con los documentos que amparan los permisos correspondientes para su instalación y su libre acceso para la operación y mantenimiento.

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

De acuerdo con información proporcionada por la empresa AREMA Agua, Residuos y Medio Ambiente, S.A., concesionaria de la operación de la PTAR, a través de la CEAS, los costos mensuales de operación, mantenimiento, así como de consumo eléctrico, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 4. Costos de operación y mantenimiento de la PTAR de Piedras Negras.

Operación (\$/mes)	Mantenimiento (\$/mes)	Energía eléctrica (\$/mes)	Consumo eléctrico (kW/mes)
1'551,199.00	700,000.00	523,631.00	238,196.00

Fuente: elaboración propia con información de CEAS Coahuila, 2020.

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

Como parte de la información recopilada, se obtuvieron datos de las tarifas autorizadas para los últimos seis años. En general, se observa que la esencia de la estructura se ha mantenido en este período con algunas adecuaciones.

El sistema tarifario del SIMAS Piedras Negras, al igual que todos los sistemas del estado de Coahuila, tiene como fundamento las atribuciones que le confiere el capítulo sexto De las Tarifas, de la



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

LAMECZ, publicada en el Periódico Oficial el martes 24 de febrero del 2009, con la reforma más reciente fechada el 27 de octubre del año 2015.

El capítulo sexto contiene información que sustenta la estructura de cualquier Organismo Operador en el estado, sea municipal o intermunicipal. En el primer artículo del capítulo, el 73, establece que:

“Los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado se cobrarán a los usuarios con base en las cuotas o tarifas que fije el organismo correspondiente, las que deberán ser progresivamente diferenciales de acuerdo con el consumo efectuado y adecuadas al uso que se hubiere autorizado, favoreciendo los consumos más bajos a efecto de estimular el ahorro del agua”.

Toma como criterio de clasificación tres de los usos de los previstos en la legislación: doméstico, comercial e industrial. Sin embargo, del 2015 al 2019, en la aplicación se separa en dos subcategorías: el doméstico, popular y residencial, y combina el comercial e industrial en otra subcategoría.

Del análisis de los reportes de facturación para este periodo se encontró un uso de “edificio público”, que bien podría equipararse al “uso público urbano” que contempla la ley. Adicionalmente, se detectaron algunas otras categorías o tipos de usuario que forman parte del padrón sin que estén dentro de la estructura tarifaria formalizada por el Consejo Directivo del SIMAS.

La tarifa doméstica está dividida en 10 rangos independientes, donde cada uno comienza en un volumen de 0 m³. La tarifa comercial e industrial cuenta con nueve rangos, también independientes.

Para el año 2020 se hizo una modificación importante, al separar la tarifa comercial de la industrial y reducir los rangos independientes a ocho. En el caso de las tarifas domésticas, aun cuando prevalece la separación en popular y residencial, se redujeron los rangos a nueve.

De acuerdo con los datos recopilados del SIMAS, la estructura tarifaria no ha sido modificada en el período documentado (2015–2020), presentando un costo diferenciado por tipo de servicio (agua, drenaje y saneamiento), aunque las cuotas de drenaje y saneamiento están ligadas directamente al consumo de agua potable. Solamente se ha actualizado el monto de la cuota cobrada por m³ de agua, con base en la aplicación de un porcentaje referido a la inflación anual.

De acuerdo con la revisión y análisis de la Ley de Ingresos del Municipio de Piedras Negras para el ejercicio fiscal 2020, las tarifas autorizadas se presentan a continuación en la tabla 5.

A continuación, se presenta un resumen de la información disponible del sistema administrativo, contable y financiero del SIMAS Piedras Negras.

- a) El sistema administrativo en funciones, dentro del SIMAS, cumple con los requerimientos que se derivan del desempeño de las tareas de gestión de los recursos y presentación de resultados del organismo. Muestra de esto es el cumplimiento de las obligaciones marcadas por la regulación en transparencia a través del portal de internet del sistema.
- b) El sistema contable desarrolla las tareas de registro y seguimiento al origen y destino de los recursos con que cuenta el organismo. El desempeño de esta área presenta algunas carencias de información publicada, especialmente en lo correspondiente al año 2014, dado



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

que documentos básicos, como estado de resultados y balance general, no dan continuidad a los criterios de presentación que venían observando en los años inmediatos anteriores.

- c) En el aspecto financiero, las tareas de proceso de información y generación de resultados involucran a diversas áreas, situación que incrementa la posibilidad de error, lo mismo que plazos amplios de respuesta a solicitudes específicas de información.

Tabla 5. Tarifas 2020 para los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Rango	Límite inferior		Límite superior	Cuota fija	Agua	Drenaje	Saneamiento	IVA 16%	Costo total
Tarifas comerciales									
1	0	A	20	\$309.12	\$10.61	\$2.65	\$1.06	\$2.29	\$16.62
2	0	A	35 6		\$13.40	\$3.35	\$1.34	\$2.89	\$20.98
3	0	A	40		\$14.71	\$3.68	\$1.47	\$3.18	\$23.03
4	0	A	70		\$18.17	\$4.54	\$1.82	\$3.92	\$28.45
5	0	A	90		\$20.00	\$5.00	\$2.00	\$4.32	\$31.33
6	0	A	150		\$23.71	\$5.93	\$2.37	\$5.12	\$37.13
7	0	A	200		\$27.91	\$6.23	\$2.49	\$5.38	\$39.00
8	0	A	999,999		\$26.07	\$6.52	\$2.61	\$5.63	\$40.82
Tarifas domésticas residenciales									
1	0		20	\$161.71	\$6.22	\$1.24	\$0.62		\$8.09
2	0	A	25		\$7.23	\$1.45	\$1.72		\$9.40
3	0	A	40		\$8.13	\$1.63	\$0.81		\$10.57
4	0	A	50		\$8.90	\$1.78	\$0.89		\$11.57
5	0	A	90		\$10.91	\$2.18	\$1.09		\$14.19
6	0	A	100		\$11.96	\$2.39	\$1.20		\$15.55
7	0	A	150		\$14.27	\$2.85	\$1.43		\$18.56
8	0	A	200		\$15.76	\$3.15	\$1.58		\$20.48
9	0	A	999,999		\$17.58	\$3.52	\$1.76		\$22.85
Tarifas domésticas populares									
1	0	A	20	\$154.44	\$5.94	\$1.19	\$0.59		\$7.72
2	0	A	25		\$6.95	\$1.39	\$0.69		\$9.03
3	0	A	40		\$7.78	\$1.56	\$0.78		\$10.11
4	0	A	50		\$8.53	\$1.71	\$0.85		\$11.08
5	0	A	90		\$10.42	\$2.08	\$1.04		\$13.55
6	0	A	100		\$11.44	\$2.29	\$1.14		\$14.87
7	0	A	150		\$13.73	\$2.75	\$1.37		\$17.85
8	0	A	200		\$15.02	\$3.00	\$1.50		\$19.53
9	0	A	999,999		\$16.83	\$3.37	\$1.68		\$21.88
Tarifas industriales									
1	0	A	20	\$309.12	\$10.61	\$5.31	\$2.12	\$2.89	\$20.92
2	0	A	35 6		\$13.40	\$6.70	\$2.68	\$3.64	\$26.42
3	0	A	40		\$14.71	\$7.35	\$2.94	\$4.00	\$29.00
4	0	A	70		\$18.17	\$9.08	\$3.63	\$4.94	\$35.83
5	0	A	90		\$20.00	\$10.00	\$4.00	\$5.44	\$39.45
6	0	A	150		\$23.71	\$11.85	\$4.74	\$6.45	\$46.75
7	0	A	200		\$24.91	\$12.45	\$4.98	\$6.77	\$49.12
8	0	A	999,999		\$26.07	\$13.04	\$5.21	\$7.09	\$51.40

Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En la tabla 6, que se presenta a continuación, se establecen los valores a indicadores financieros estimados, con base en información disponible proporcionada por el SIMAS Piedras Negras para los años 2011 al 2014.

Tabla 6. Indicadores financieros y contables del SIMAS Piedras Negras (2011-2014).

Indicador	Descripción	Unidad	Resultado			
			2011	2012	2013	2014
IAT	Ingreso anual por toma	\$	1,938	1,878	1,824	2,149
RH	Recaudación por habitante	\$	569.01	570.80	566.26	666.23
L	Liquidez	\$	0.59	0.41	0.44	0.61
A	Apalancamiento	%	40.39	41.13	39.46	32.18
R	Rentabilidad	%	7.18	0.16	0.24	10.81
PA	Prueba ácida	\$	0.05	0.04	0.05	0.06
PROD	Productividad	%	3.25	0.17	0.19	9.52
CAP _{trabajo}	Capital de trabajo	Miles \$	-7,554	-11,121	-10,017	-5,226

Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.

1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento

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

En primera instancia, se describe el estado actual del alcantarillado, como parte fundamental para el funcionamiento del Sistema de Saneamiento.

Como se ha citado previamente, el Sistema opera con dos zonas de influencia que tienen su punto de vertido en las estaciones de bombeo 3 y 4. La zona de influencia más extensa, que desaloja el 85 % del total de las aportaciones de la zona metropolitana, capta las aguas residuales de las zonas centro, sur, poniente y noroeste, con punto de vertido en la estación de bombeo número 3, que envía a presión el agua a la caja de entrada a la PTAR. Cuenta con dos sifones y tres colectores principales.

La segunda zona de influencia, de menor extensión y aportación del 15 % del total, concentra el agua residual en la estación de bombeo número 4, teniendo como elemento principal el colector Marginal Río Bravo. La línea a presión vierte a la caja de entrada a la PTAR.

Los cárcamos de bombeo operan mediante sensores de nivel que arrancan o paran los equipos de bombeo, según las condiciones que se presentan a lo largo del día. El control de las descargas no domésticas que recibe el sistema, provenientes de usuarios de tipo industrial y comercial, los llevan a cabo los usuarios mismos, con revisiones periódicas por parte del SIMAS.

En general puede considerarse que la evacuación de las aguas residuales de Piedras Negras se realiza a través de cuatro subsistemas: Centenario; Treviño; emisor Villa de Fuente para la zona de influencia sur, y Marginal Río Bravo para la zona de influencia norte.

El subsistema Centenario recibe las aguas residuales generadas en las zonas noroeste, centro y noreste de la ciudad, conduciéndolas por medio de una interconexión con la estación de bombeo No.3, pasando por el emisor Centenario hacia la planta de tratamiento. Este subsistema lo forman los colectores Centenario, Galeana, Central, Central 3ª, etapa, 16 de Septiembre, Morelia, Lomas, Anáhuac, Verdad, Miguel Garza López Mateos, y los subcolectores Montes, Gómez Farías, Lázaro



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Cárdenas, Carranza II, Doña Argentina, Simón I, Simón II, Jardín, Jacarandas, Galeana, Sinaloa, Jalisco, Jiménez, Lomas, Carranza 1, Ejido Norte, Xicoténcatl, Progreso, Santa Cruz, Tierra y Esperanza, Pemex, Bravo, AHMSA, Buenos Aires.

El subsistema Treviño recolecta las aguas residuales de las zonas sur, sureste, suroeste y oeste de la ciudad, llegando a la estación de bombeo No.3, pasando por el emisor Centenario, descargándolas en la planta de tratamiento. Este subsistema está formado por los colectores Treviño, INFONAVIT II (1ª etapa), Palmas, Salinas, Sur "B", Marginal, Oriente, INFONAVIT II (2ª etapa), Villas del Carmen, Villa del Carmen II, y los subcolectores Palmas, INFONAVIT, Juárez, El Mirador, Nva. V. Hermosa, Central I, Central II, Maquiladoras, Esfuerzo Nacional, INFONAVIT I, Salinas, INFONAVIT II, Chapultepec, CECYT, Doña Pura y Presidentes. También lo conforma el emisor Villa de Fuente, y este, a su vez, está conformado por los colectores Doctores y Fuerte, y los subcolectores Valle Escondido, San Anselmo, Altamira, Villa Rosa y Nava.

El subsistema Marginal Río Bravo recolecta las aguas residuales de las zonas norte y este de la ciudad, llegando a la estación de bombeo No.4, la cual las manda a la planta de tratamiento por medio del emisor PB4-PTAR. Este subsistema lo conforman los colectores Marginal Río Bravo, Marginal San Fernando, El Moral, Regional Norte y Norte I, y los subcolectores El Tornillo M.D., El Tornillo M.I., Zaragoza, CD. Sanitaria, Industrial I, Industrial II, Malvinas, Nueva Imagen y Nueva Imagen II.

Del funcionamiento de los subsistemas Centenario y Treviño se observa que no operan de manera completamente independiente. De acuerdo con información del personal técnico del SIMAS, en época de estiaje el gasto del colector INFONAVIT II se encauza hacia el subcolector Progreso, continuando por el colector Galeana y descargando finalmente a la planta de bombeo Treviño; y en época de lluvias, cuando el gasto supera la capacidad del subcolector Progreso, el flujo proveniente del colector INFONAVIT II se encauza hacia el colector Treviño, descargando finalmente a la planta de bombeo Treviño.

En relación con la PTAR de Piedras Negras, cuenta con los siguientes componentes, con base en la línea de tratamiento del agua residual:

- Obra de llegada a la PTAR (donde se reúnen los diferentes colectores de entrada).
- Canales de pretratamiento (desbaste de gruesos, desbaste de finos, desengrasado).
- Canal de reparto a tratamiento biológico y cámara anóxica.
- Reactores biológicos y sistemas de aireación de reactores.
- Unidades de control de proceso.
- Recirculación y purga de lodos.
- Decantación secundaria.
- Salida de agua tratada y desinfección.
- Espesador de lodos.
- Sistema de preparación y de deshidratación de lodos.
- Edificios técnicos y sala de control.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 14. Vista general de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.

Ilustración 15. Instalaciones de llegada de aguas residuales de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.

Ilustración 16. Canales de pretratamiento de aguas residuales y reactor biológico de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 17. Parrilla de aireación por insuflación (extendida) de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.

Ilustración 18. Decantación secundaria de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.

Ilustración 19. Vertedor de salida y comparación de agua cruda y tratada de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 20. Espesador y deshidratado de lodos de la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: SIMAS Piedras Negras, 2020.

Tabla 7. Ficha técnica de la PTAR de Piedras Negras.

1.- Datos Básicos

Nombre de la planta	Planta de tratamiento de aguas residuales de Piedras Negras				
Estado	Coahuila	Municipio	Piedras Negras	Localidad	Piedras Negras
Clave oficial	05-025-0001	Permiso de descarga		2COA100317	24HMSG94
Año construcción	1998-2000	Cuerpo receptor	Rio Bravo		
Año inicio operación	2000	Estado actual (activa, inactiva o fuera de operación)		Activa	
Capacidad instalada	720 lps	Caudal tratado	606 lps	Habitantes beneficiados	178,449
Coordenadas latitud Norte	28°40'5.85"	Longitud Oeste	100°30'32.42"	Altitud (msnm)	280

2.- Construcción

Origen agua residual	Municipal	Proceso	Lodos activados
Inversión construcción	\$195'408,283.95	Programa Federal	
% Inversión Federal		Contraparte participante	\$195'408,283.95
% Inversión Contraparte	100 %	Si	Si
Medidor de flujo	Influente	Efluente	
Responsable operación	Aguas Depuradas S.A		
Teléfono	878-7838405	email	ervey.arena.mexico@gmail.com
Obras y/o trabajos posteriores	N/A		

3.- Operación

Costo de operación (\$/mes)	\$1'551,199.00	Mantenimiento (\$/mes)	\$700,000.00
Costo energía eléctrica (\$/mes)	\$523,631.00	Consumo electricidad (kW/mes)	238,196.00

4.- Calidad

Clasificación cuerpo receptor	B	NOM-001	X	Condiciones Particulares de descarga	Si
Declaratorio cuerpo receptor		NOM-003			
		LFDMA, Art 278-A		DBO5	30 mg/l
Calidad del influente	DBO5	SST	Parámetros que debe cumplir de acuerdo con normatividad	pH	6-9
	180 mg/l	180 mg/l		SST	30 mg/l
Calidad del efluente	DBO5	SST		G Y A	15 mg/l



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Cantidad de lodo producido (ton/mes)	3.39 mg/l	7.31 mg/l	Excelente, Clase A	NTK	40 mg/l	Relleno sanitario
Tipo generación eléctrica en sitio	150	Calidad del lodo	N/A	Destino final del lodo		N/A
Reúso (tipo y porcentaje)		Reúso indirecto industrial. 100%, CFE		Cantidad energía generadora		

5.- Salida de operación (en caso de que la PTAR esté inactiva)

Fecha	N/A	Causas:	N/A
Obras requeridas		N/A	
Inversión requerida		N/A	

6.- Observaciones

N/A

7.- Fuente de información

Nombre informante	Inq. Vicente Edmundo García Loera. Comisión Estatal de Agua y Saneamiento
Teléfono	844-6981040. 6981000 ext. 6552
Email	vicenteaal@yahoo.com.mx

Fuente: CEAS, 2020.

Tabla 8. Estado actual de la infraestructura de saneamiento.

Elemento	Condiciones actuales	Semáforo de prioridad de atención	Comentarios
Red de drenaje	En diversas zonas de la ciudad requiere sustitución, principalmente en la zona centro.	Rojo (prioritario)	Se trabaja en la sustitución por emergencia de una buena parte del sistema de alcantarillado de la zona centro, y de los colectores principales de la ciudad. Se requiere un plan integral de saneamiento y un proyecto de catastro y diagnóstico de redes.
	La estación de bombeo 3 se encuentra en mal estado.	Rojo (prioritario)	Presenta problemas estructurales. Se ha rebasado su capacidad. Se precisa de la construcción de un nuevo cárcamo cercano a la PTAR.
Red de drenaje	La zona de influencia de la estación de bombeo 3 abarca el 85 %.	Rojo (prioritario)	Se requiere una redistribución de las zonas de influencia de las estaciones de bombeo, incorporando por lo menos dos: una al norte y una al sur.
PTAR	Requiere mantenimiento	Rojo (prioritario)	En general se requiere darles mantenimiento mayor para incrementar su eficiencia operativa.
Nueva PTAR o nuevo módulo a la actual		Rojo (prioritario)	Si se mejoran las redes de alcantarillado y se llevan a cabo las correcciones a los sectores, incluyendo la operación del cárcamo 3, será necesaria una nueva PTAR o un módulo adicional a la actual (180 lps).
Drenaje pluvial en la zona centro	No existe. En la zona no hay infraestructura de este tipo.	Rojo (prioritario)	Se requieren canales de aguas pluviales que quiten presión al sistema de alcantarillado y conduzcan el agua de manera directa al río Bravo.
Modificación de la red primaria de alcantarillado en las áreas de influencia norte, centro y sur.	Mala distribución en las zonas de influencia de las estaciones de bombeo.	Rojo (corto plazo)	Con la incorporación de las estaciones de bombeo Norte y Sur, será necesario llevar a cabo las adecuaciones a la red.
Colector Treviño	Presenta problemas de operatividad.	Rojo (corto plazo)	Labores en la colonia Presidentes, incluyendo red de atarjeas, así como un sifón en el arroyo Primavera.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

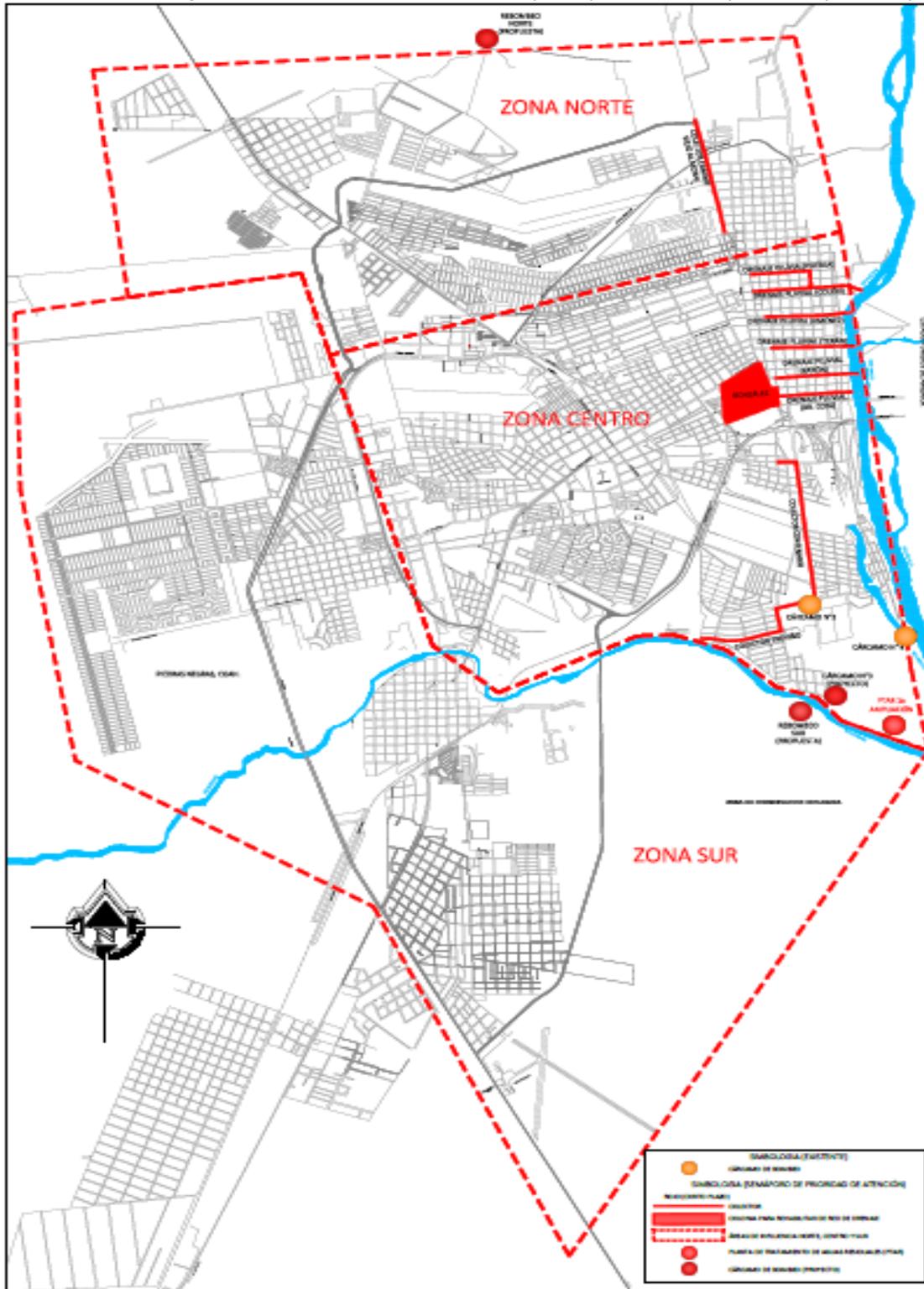
Elemento	Condiciones actuales	Semáforo de prioridad de atención	Comentarios
Colector Camino Viejo al Moral	No cubre todas las zonas que requieren servicio.	Rojo (corto plazo)	Trabajos en la colonia Francisco I. Madero
Colector Centenario	Presenta problemas operativos.	Rojo (corto plazo)	Trabajos en las colonias Bravo y Buenos Aires. Zona centro. Debe incluir red de atarjeas y descargas sanitarias.
Red de atarjeas, colonia González	Presenta problemas operativos.	Rojo (corto plazo)	Debe incluir la rehabilitación de la red de atarjeas y descargas sanitarias.
Nueva PTAR	No existe	Amarillo (mediano plazo)	Integración de un segundo módulo de tratamiento de 180 lps.-
Colectores en zonas de crecimiento	No alcanzarán a cubrir todas las zonas que necesitarán servicio.	Amarillo (mediano plazo)	Ampliación de colectores hacia las zonas noroeste, oeste y sur de la mancha urbana actual (2020).
Nueva PTAR	No existe	Verde (largo plazo)	Integración de un tercer módulo de tratamiento de 180 lps.

En las ilustraciones 21 y 22 se presentan las instalaciones del Sistema de Drenaje y Saneamiento actual que requieren atención prioritaria y a corto plazo, así como aquellas que pueden ser atendidas en el mediano y largo plazos. En ambas ilustraciones se incluye la identificación de zonas, que se espera establecer como nuevas áreas de influencia de los sistemas de bombeo de aguas residuales, y los lugares en los cuales debe ampliarse la cobertura de la red de colectores, por tratarse de áreas en que se espera crecimiento de la población en el mediano y largo plazos, de acuerdo con los instrumentos de planeación y desarrollo urbano.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 21. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención prioritaria y a corto plazo.

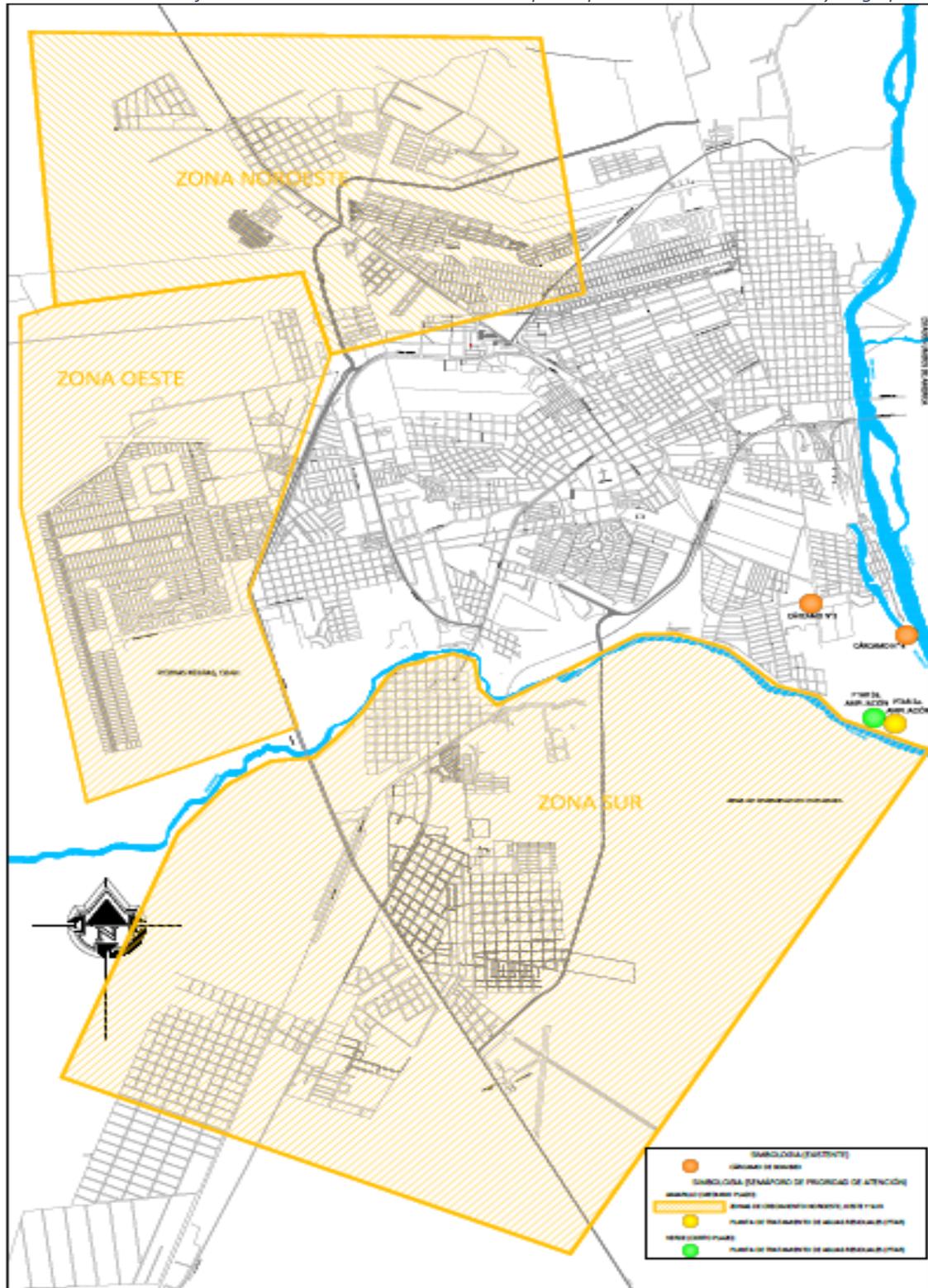


Fuente: elaboración propia con información SIMAS Piedras Negras, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 22. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención a mediano y largo plazo.



Fuente: elaboración propia con información SIMAS Piedras Negras, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación.

Como fue establecido en el desarrollo del apartado 1.1.4.1, en la operación del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento no se cuenta con manuales ni con políticas formales de operación, tan sólo se tienen lineamientos de carácter operativo.

El Sistema de Alcantarillado, como parte fundamental para el correcto funcionamiento del saneamiento, se encuentra a cargo del SIMAS de Piedras Negras, de conformidad con lo establecido en los artículos 16 y 21, fracciones II y III de la Ley de Aguas para los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza (LAMECZ), publicada en el Periódico Oficial el martes 24 de febrero del 2009, con la reforma más reciente fechada el 27 de octubre del 2015 y el artículo cuarto, fracción II del Decreto 287 por el que se crea el OPD Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras, publicado en el Periódico Oficial el martes 31 de agosto de 1993.

A pesar de que en el artículo 17 de la LAMECZ se establece que en el decreto de creación de los SIMAS deben incluirse *“las normas para su operación”*, y en el artículo 18 del mismo instrumento jurídico se cita que el SIMAS deberá proponer su Reglamento de Prestación de Servicios (reglamento interno), el cual deberá ser aprobado por el Ayuntamiento, no se encontró evidencia documental ni de las normas, manuales y políticas de operación, ni del reglamento interno; sólo fue posible identificar los elementos básicos que definen su política operativa para la prestación del servicio como misión, visión y valores en la página de internet del organismo (<https://www.simaspiedrasnegras.gob.mx/quienes-somos/>), los cuales de manera general se consideran pertinentes a la naturaleza del servicio.

Con base en lo anterior, y ante la falta de manuales, las políticas de operación son completamente técnicas y de carácter práctico, dirigidas a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ, con fundamento en la experiencia del personal a cargo, quienes cuentan con amplia trayectoria en el servicio, perfil técnico requerido y capacitación necesaria.

No obstante, durante un año calendario de junio del 2017 a junio del 2018, y con una periodicidad mensual, el SIMAS Piedras Negras estableció metas y objetivos de carácter operativo por cumplir. Durante los dos últimos años (2019-2020), la periodicidad de las metas y objetivos de operación se han establecido trimestralmente.

A partir de lo anterior, y ante la falta de manuales, las políticas de operación son completamente técnicas y de carácter práctico, dirigidas a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ, con fundamento en la experiencia del personal a cargo, quienes cuentan con amplia trayectoria en el servicio, perfil técnico requerido y capacitación necesaria.

Adicionalmente, en términos técnicos el SIMAS Piedras Negras se apoya en dos instrumentos: por un lado, el Reglamento Municipal de Descarga de Agua Residual de Piedras Negras y, por el otro, el Manual para la Presentación de Proyectos de Agua potable en los Fraccionamientos de Piedras Negras.

En cuanto al Sistema de Saneamiento a cargo de la empresa de origen AREMA Agua, Residuos y Medio Ambiente, S.A. a través de su filial en México denominada AREMA Tratamientos Avanzados del Agua, S.A. de C.V., por un periodo de 20 años y una prórroga que se cumple en el año 2021, de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

acuerdo con información indicada por el propio SIMAS Piedras Negras, esta establece los siguientes aspectos como parte de su política de operación:

- La aplicación de las mejores tecnologías disponibles y las mejores prácticas medioambientales posibles.
- La búsqueda del ahorro, la reutilización y la eficiencia energética.
- Las soluciones óptimas a largo plazo.
- La garantía en las soluciones propuestas.
- La voluntad del compromiso social.

1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra

Al igual que en el punto previo, la situación relativa a los derechos de vía y tenencia de la tierra de los sistemas de alcantarillado y saneamiento fue descrita en el desarrollo del apartado 1.1.4.2 del capítulo anterior, donde se manifiesta que no se tienen problemas al respecto.

Los activos con que cuenta el SIMAS Piedras Negras son tangibles en prácticamente su totalidad, y pertenecen legalmente al organismo a través de diferentes instrumentos legales, tales como escrituras públicas, contratos de comodato, arrendamiento, etcétera. Los activos totales reportaron una reducción de su valor entre el 2011 y el 2013, de 99.7 a 92.9 mdp; en el 2014 repuntó para alcanzar los 95.6 mdp. El activo no circulante representa poco más del 91 % de los activos totales, lo que refleja la importancia de los predios, infraestructura y equipamiento con que cuenta el organismo.

En el caso de las instalaciones y tuberías que comprenden las atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, se encuentran ubicados en vías de comunicación públicas o en derechos de vías federales, y en el resto de los casos (propiedades particulares), se cuenta con los documentos que amparan los permisos correspondientes para su instalación, y su libre acceso para la operación y mantenimiento.

1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final.

En general puede considerarse que la evacuación de las aguas residuales de la ciudad se realiza a través de cuatro subsistemas: Centenario; Treviño; emisor Villa de Fuente para la zona de influencia sur, y Marginal Río Bravo para la zona de influencia norte. Los 4 subsistemas confluyen a las plantas de bombeo 3 y 4, las cuales, a través de dos líneas a presión, llevan el agua residual hasta la PTAR, la cual representa el punto de descarga y disposición final. Las aguas tratadas son desalojadas finalmente en el río Bravo, que es el cuerpo receptor.

La descarga se hace directamente sobre la margen derecha del río Bravo, y de manera libre, después del tratamiento, a través de una tubería saliente del talud y que cuenta con obras de protección para conservar su estabilidad y evitar erosión. El punto de descarga se ubica al este de la PTAR, a una distancia aproximada de 602 metros.

Al momento no se han presentado problemas relativos al sitio de descarga, pues al margen de contar con el permiso de descarga correspondiente No. 2COA100317/24HMSG94, de acuerdo con información proporcionada por la CEAS, las condiciones de descarga reportadas a partir del



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

programa de análisis fisicoquímicos de las aguas desalojadas, indican valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 3.39 mg/l y sólidos suspendidos totales (SST) de 7.31 mg/l, cumpliendo con suficiencia los requerimientos de descarga de la NOM-001-SEMARNAT-1996, de acuerdo con la clasificación del cuerpo receptor de 30 mg/l, tanto para DBO₅, como para SST.

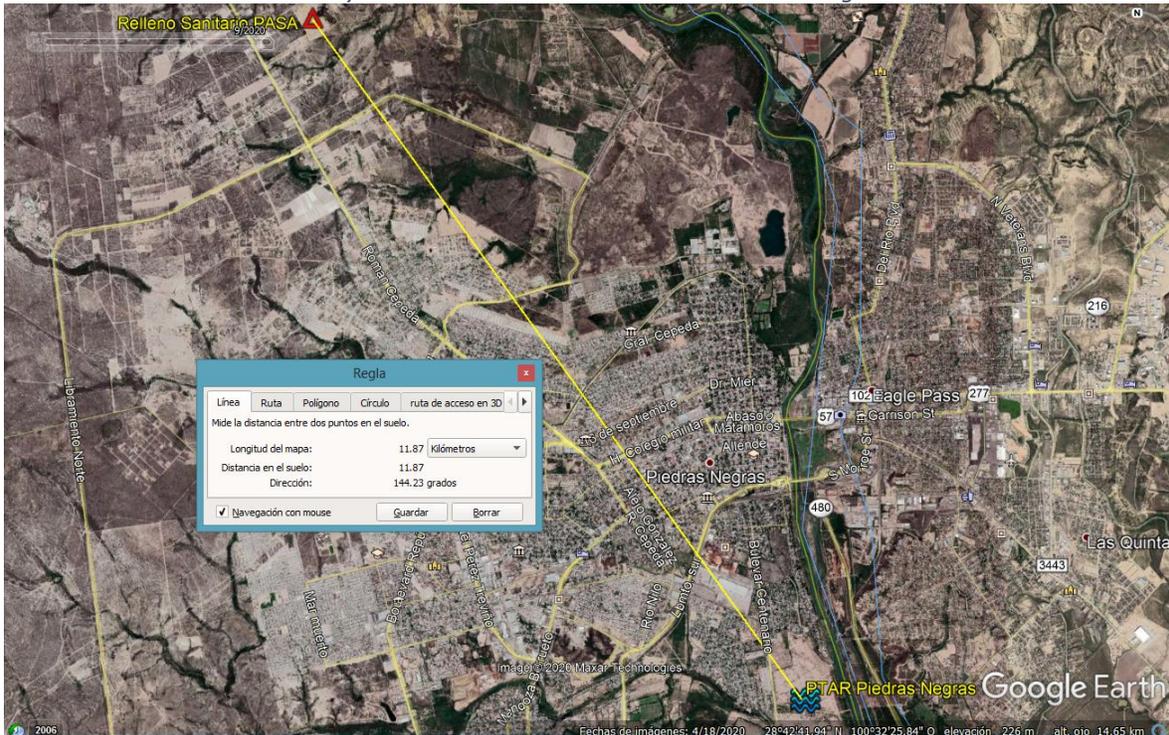
Ilustración 23. Ubicación y distancia de la PTAR al punto de descarga en el río Bravo.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

Como parte del proceso de saneamiento, empleado en la PTAR, se estima que se generan alrededor de 150 toneladas mensuales de lodo (1,800 ton/año), producto que, debido al tratamiento específico al que es sometido, presenta una calidad clase A (excelente). Para su disposición final se traslada al Relleno Sanitario de Piedras Negras, a cargo de la empresa Promotora Ambiental de la Laguna, S.A. de C.V. (PASA), ubicada a 11.87 kilómetros en línea recta, y al NW de la PTAR, en donde se emplea como material de cobertura intermedia, como parte del proceso de manejo de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad.

Ilustración 24. Ubicación y distancia del Relleno Sanitario de Piedras Negras.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento.

Como fue citado en la tabla 4, Costos de operación y mantenimiento de la PTAR de Piedras Negras dentro del apartado 1.1.4.3, esta información fue solicitada a la empresa AREMA Agua, Residuos y Medio Ambiente, S.A., concesionaria de la operación de la PTAR, la cual, a través de la CEAS, establece que los costos mensuales de operación ascienden a la cantidad de \$1'551,199.00 y los respectivos costos mensuales por mantenimiento alcanzan los \$700,000.00 (2020).

1.2.6 Capacidades financieras de los organismos.

A falta de información más actualizada, se tomaron como base los datos para los años 2011 al 2014, los cuales fueron analizados, y se presentan en un resumen de la situación y capacidad financiera del SIMAS Piedras Negras, a partir de indicadores financieros.

Ingreso anual por toma. Este indicador proporciona el promedio de ingreso que el SIMAS recibe por cada toma registrada en el área comercial, muestra que del 2011 al 2013 bajan, pero se recuperan en el 2014. El promedio mensual resulta de poco más de \$179.00 en el 2014, que corresponde a un consumo medido de poco más de 25 m³.

Recaudación por habitante. El monto de recaudación per cápita resulta de dividir el monto de ingresos entre la población servida. Tomando en cuenta que el salario mínimo diario en Piedras Negras, durante el año 2014, fue de \$67.29; el acumulado anual fue de \$24,560.85, por lo que el pago por persona equivale al 0.27 % del salario mínimo anual.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Liquidez. Indica la capacidad que tiene una entidad para cumplir con sus obligaciones a corto plazo. En el comparativo de los años presentados en este trabajo, y tomando como índice de medición el 1.0 para su análisis, se observa que los activos circulantes, presentados en los balances generales de los cuatro años comparados, tienen un nivel bajo en comparación con sus pasivos respectivos. Esto refleja dificultad para cubrir las obligaciones en el corto plazo, para todos los años. El resultado más favorable es del año 2014 con un 0.61, lo que indica que por cada peso que debe el organismo, dispone de 61 centavos para cubrir la obligación, lo que significa que no cuenta con la capacidad de pago en tiempo. Por lo tanto, en general no es aceptable. Se observa que del 2011 al 2012 el indicador de liquidez se redujo como producto del aumento en el pasivo circulante, mejorando en los años siguientes al reducirse este e incrementar el monto del activo circulante.

Apalancamiento. Mide la porción del activo total de una entidad que es financiada por fondos de un acreedor u otro recurso externo. Indica la participación de terceras entidades en la organización. Es un indicador de riesgo.

La relación existente entre los pasivos y activos totales de cada año muestra el grado de riesgo crediticio con que opera el organismo. Los resultados se consideran bajos para todos los años, debido a que los recursos que se tienen son mayores que las obligaciones a cubrir en un largo plazo; el riesgo de endeudamiento es marginal pero no implica que deje de ser importante como herramienta de impulso al crecimiento y desarrollo del SIMAS Piedras Negras.

Rentabilidad. Mide la eficiencia de la administración para generar utilidad por cada activo con que cuenta la entidad. Proporciona información del uso de los activos y los fondos propios; asimismo brinda información específica de la estructura financiera.

El organismo cuenta con disponibilidad suficiente de recursos para la generación de utilidades en los años analizados. Sin embargo, dicha utilidad es baja si se expresa en términos monetarios absolutos. Esto permite interpretar que la eficiencia de la administración tanto operativa, como administrativa del SIMAS, no ha alcanzado un rendimiento óptimo. Los recursos no rinden un margen de producción que permita su aprovechamiento como herramienta de desarrollo y mejora a favor del organismo.

Prueba ácida. Este indicador determina la capacidad del organismo para cubrir sus deudas en el corto plazo sin tomar en cuenta los inventarios; al ser el activo menos líquido, su conversión en efectivo puede requerir un plazo más largo.

Este indicador es más estricto. En la comparación con los años presentados en este trabajo, nos muestra en el 2011 un resultado de 0.05; en el siguiente año 2012 disminuye a 0.04; para el 2013 aumenta y se mantiene en 0.05, y en el año 2014 aumentó a 0.06, siendo el más alto del período. Así, la posibilidad de cubrir las obligaciones a corto plazo, sin la necesidad de vender los inventarios o almacenes, es muy reducida e insuficiente.

Productividad. Indica el margen de ganancia neta obtenido de las ventas, así como de otros ingresos. Mide las utilidades que se obtienen de cada peso de ventas, después de pagar gastos generales, administrativos, intereses e impuestos. Esta razón permite conocer la efectividad con la que una entidad puede generar márgenes lucrativos como producto de los servicios que presta.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para los años en comparación tuvo tendencia a la baja, la cual revirtió hacia el 2014. Logró tener mejoras significativas, pues en el año 2011 el recurso disponible con que contó el organismo fue del 3.25 % de las ventas netas en el período. Para los dos años siguientes, 2012 y 2013, el margen se redujo al 0.17 % y 0.19 %, respectivamente. Para el 2014 los resultados fueron sobresalientes, ya que de las ventas netas del período obtuvieron un índice de utilidad del 9.52 %. Cabe mencionar que estos resultados no están alineados con los obtenidos en los aspectos de tarifas y eficiencia de cobro; sin embargo, se llevó a cabo el análisis documental más detallado que fue posible estructurar.

Capital de trabajo. Es el conjunto de recursos con que dispone una entidad para llevar a cabo sus actividades y operaciones después de cumplir con sus obligaciones en un periodo determinado. Esta razón financiera tiene como objeto mantener adecuadamente la relación entre el activo y pasivo circulante, procurando mantenerlos en un nivel aceptable para no caer en la insolvencia.

La administración del capital de trabajo abarca los aspectos de la administración de activos y pasivos circulantes; su efectiva administración se basa en comprender la interrelación entre estas cuentas. Derivado de su correcta administración, a través de operaciones y principalmente decisiones, es posible mejorar resultados en los siguientes aspectos: nivel de activos circulantes, proporción de deuda a corto plazo para el financiamiento de activos y fuentes de crédito a corto plazo (pasivo circulante) con los que puede operar el SIMAS.

Cómo se mencionó anteriormente, la administración del capital de trabajo se determina por decisiones, y estas, a su vez, se generan a partir de políticas. Tener una para el capital de trabajo es indispensable porque a partir de esta se determina el manejo de activos y los pasivos circulantes. Eventualmente influye en los índices de riesgo y rendimiento.

El conjunto antes descrito es importante para determinar el crecimiento y estabilidad a largo plazo de una entidad: Disponer de capital de trabajo para operar es fundamental para futuras decisiones. Adicionalmente, es un indicador de riesgo medible: cuando mayor sea el capital de trabajo, mayores son las probabilidades de que pueda cumplir la entidad con sus obligaciones financieras, lo que mejora su posición de negocio al gestionar financiamiento en forma de deuda.

Los periodos comparados muestran para todos los años un capital de trabajo negativo; sin embargo, después de un aumento entre los años 2011 y 2012, el margen negativo se ha venido reduciendo, alcanzando su mejor resultado en el 2014.

En términos generales, se observa una leve mejoría en los indicadores financieros, producto de una reducción en los pasivos registrados y el fortalecimiento de activos. Sin embargo, estos resultados llevan a concluir que al 2014 el SIMAS no tiene la capacidad financiera para llevar a cabo inversiones importantes con recursos propios. Si bien las condiciones de operación técnica, comercial y administrativa han presentado una mejoría, es necesaria la continuidad en las líneas de trabajo que han contribuido a la obtención de resultados más favorables en los últimos 24 meses de operación.



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.

En primera instancia, se estima que actualmente (2020) se trata el 100 % de las aguas que llegan a la PTAR, y que representan un gasto aproximado de 635 lps, lo cual significa el 88.19 % de la capacidad instalada.

Por otra parte, se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Piedras Negras proporciona una cobertura geográfica del 97.5 %. Si este lograra la cobertura del 100 %, el 2.5% restante significaría un incremento directo de por lo menos 15.15 lps, es decir que estarían llegando a la PTAR 650.15 lps. Sin embargo, se espera que estos valores sean recalculados a partir de que se lleven a cabo los trabajos propuestos de catastro y mejoras de la red de drenaje y alcantarillado, considerados como una labor prioritaria.

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

La determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales para la PTAR de Piedras Negras se realizó empleando dos métodos:

- a) En primera instancia, desarrollando la proyección de caudales anuales registrados en la PTAR para el periodo del 2001 al 2014 (15 años), además del valor de caudal para el año 2019, proporcionado por la CEAS (606 lps), y el estimado para el 2020 (635 lps). La proyección se desarrolló empleando diversos métodos, seleccionando el exponencial, debido a que el Coeficiente de Correlación (R^2), presentó el valor más cercano a 1.0000, y superior a 0.80000 (0.8728), y es el método empleado en la proyección de población de la región.

Considerando esta proyección, el caudal estimado de aguas tratadas para el año 2024 sería de 704 lps, por lo que la capacidad instalada de la actual PTAR (720 lps) se estaría alcanzando en los primeros meses del 2025. Para el año 2030 se estima un caudal de 845 lps, y para el 2050 de 1,665 lps. El comportamiento de la curva de tendencia, y la función respectiva, se presentan en la ilustración 25.

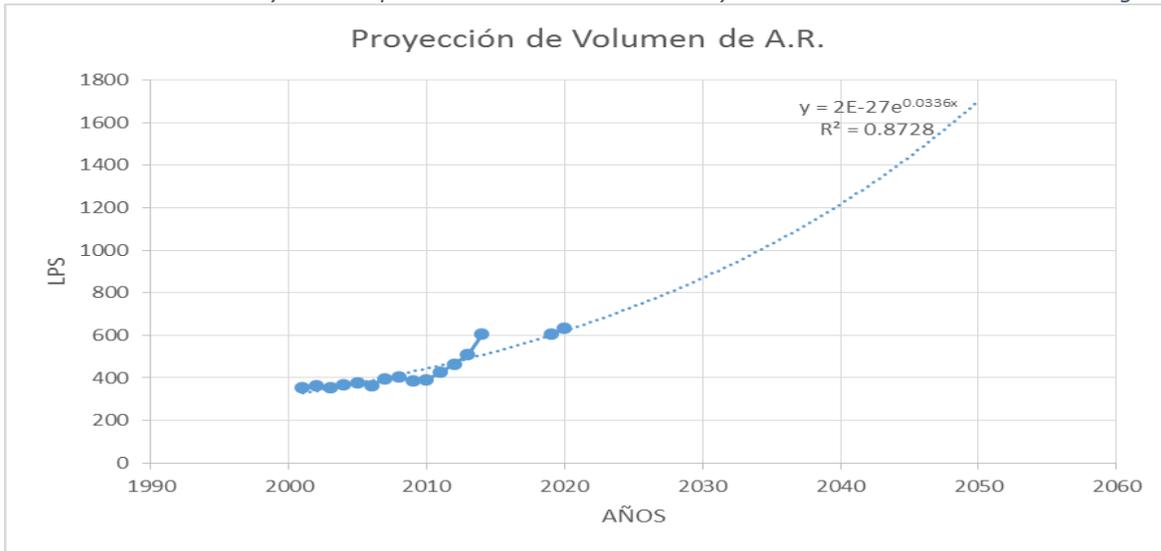
- b) La forma tradicional de determinación de la demanda futura de saneamiento, con las limitaciones del caso, se desarrolla a partir de la proyección de población a la que se presta el servicio en análisis, y considerando factores calculados o estimados para la dotación per cápita de agua potable, de acuerdo con las condiciones climáticas y la generación de aguas residuales respectiva, a partir de indicadores recomendados.

Para lograr lo anterior se tomaron como fundamento los resultados y recomendaciones del “Análisis del Desarrollo Urbano y Crecimiento Poblacional en la Frontera Norte”, ejecutado como parte de los trabajos del Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran Visión, y considerando las particularidades de la prestación del servicio de saneamiento del SIMAS Piedras Negras y la dinámica de la comunidad.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 25. Proyección exponencial de caudales medidos y estimados en la PTAR de Piedras Negras.



Fuente: elaboración propia con base en COCEF, 2016.

El SIMAS Piedras Negras presta sus servicios de saneamiento a los habitantes de la cabecera municipal, así como a la población, incluida en la comunidad Venustiano Carranza del municipio de Nava. De acuerdo con CONAPO, para el año 2020 en la Ciudad de Piedras Negras se concentra el 97.35 % de la población municipal; mientras que en Venustiano Carranza se ubica el 14.44 % del total de los habitantes de la entidad municipal respectiva.

En la tabla 9 se presenta la estimación de la población servida por el SIMAS Piedras Negras para los principales periodos, a partir de las consideraciones establecidas previamente y con base en el estudio de población desarrollado para la región.

Tabla 9. Proyección de población servida por el SIMAS Piedras Negras

Año	Cabecera Piedras Negras	Comunidad Venustiano Carranza	Población servida
2020	168,930	4,721	173,651
2021	170,939	4,780	175,719
2024	176,179	4,939	181,118
2030	186,735	5,275	192,010

Año	Cabecera Piedras Negras	Comunidad Venustiano Carranza	Población servida
2035	194,945	6,466	201,412
2040	202,887	7,113	210,000
2045	210,953	7,751	218,704
2050	217,929	8,377	226,306

Fuente: elaboración propia con base en CONAPO.

Considerando las condiciones climáticas prevalecientes en la región de Piedras Negras, se establece el requerimiento de una dotación per cápita diaria de 400 litros de agua, de cuyo volumen el 75 % se convierte en aguas residuales, después de su uso, y constituye el requerimiento de saneamiento, previo a su desalojo en el cuerpo receptor.

En la tabla 10 se establece la proyección de la demanda futura de agua residual que requiere ser sometida a proceso de saneamiento en la PTAR de Piedras Negras.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 10. Proyección de la demanda futura de saneamiento en la PTAR de Piedras Negras.

Año	Dotación diaria total (miles m ³)	Aguas residuales generadas (miles m ³)	Caudal aguas residuales (lps)
2020	69.460	52.095	602.95
2021	70.288	52.716	610.14
2024	72.447	54.335	628.88
2030	76.804	57.603	666.70

Año	Dotación diaria total (miles m ³)	Aguas residuales generadas (miles m ³)	Caudal aguas residuales (lps)
2035	80.565	60.424	699.35
2040	84.000	63.000	729.17
2045	87.482	65.611	759.39
2050	89.965	67.474	785.78

Fuente: elaboración propia.

La razón por la que existe diferencia en los caudales determinados por ambos métodos, puede ser producto de filtraciones al Sistema de Alcantarillado o de las aportaciones generadas en las zonas para las que el SIMAS Piedras Negras provee servicio de alcantarillado, pero no de agua potable, de tal forma que existan contribuciones no ligadas a la dotación. La información recopilada y analizada no permite establecer las razones de manera fundada en lo documentado. Se considera que los trabajos de catastro de infraestructura permitirán llevar a cabo un análisis acorde a las condiciones reales de operación; sin embargo, y dada la certeza en la información, pues se trata de mediciones y datos reales, el primer método ofrece información más confiable, la cual se tomará para determinar los requerimientos de infraestructura del servicio de drenaje y saneamiento.

2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.

Actualmente (2020) se cuenta con una red de colectores principales en cuatro subsistemas, descritos en el capítulo anterior, que atienden la demanda del servicio de conducción y desalojo de las aguas residuales, a través de los cuales circula un caudal de entre 602.95 y 635 lps. Sin embargo, se estima que diversos tramos de tubería son muy antiguos, incluso con más de 100 años de servicio, principalmente en la zona centro y cuya longitud total se desconoce.

A partir de lo anterior, el principal problema en el corto plazo (2021-2024) es sustituir las tuberías antiguas o que presentan mal funcionamiento, cuya longitud total se desconoce a falta de un catastro adecuado, pero se ha determinado necesario ejecutar 83.7 km, que abarcan la red de atarjeas de la zona centro y la colonia González, y la modificación de la red primaria de alcantarillado de la zonas norte y sur, además de los colectores Treviño, Camino Viejo al Moral y Centenario, necesarios para gestionar el manejo de un caudal superior a los 700 lps.

Por otra parte, para atender las zonas de crecimiento futuro en las porciones NW, W y S, cuyo crecimiento esperado es paulatino y moderado a mediano y largo plazos, de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano, tanto de Piedras Negras, como de la zona metropolitana con Nava, se estima que será necesario ampliar la red principal de drenaje en cerca de 100 km, a fin de atender la demanda del servicio para el 2050, que se estima será cercana a los 800 lps de aguas residuales, como mínimo.

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

Como se ha descrito previamente, en la actualidad se cuenta con las estaciones de bombeo 3 y 4, de las cuales se calculó que el 85 % de las aguas residuales se llevan a la PTAR a través de la estación de bombeo 3 Treviño, y el 15 % restante por medio de la estación de bombeo 4. No se cuenta con



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

una opción alterna y el trabajo excesivo en el cárcamo 3 ha generado la necesidad de sustituirlo en el corto plazo (2021), pues este sólo debe manejar entre el 25 y 30 % de las aguas residuales para una operación segura, lo cual significa un déficit del 50 % de capacidad de bombeo (2 EBAR).

En el mismo sentido, y con la finalidad de atender de manera adecuada los requerimientos actuales y futuros de una gestión adecuada de las aguas residuales en los próximos 30 años, se prevé el desarrollo de un proyecto que modifique la distribución y manejo de estas en tres zonas, además de la construcción de dos estaciones de bombeo más, una ubicada al norte y otra al sur, en correspondencia con la redistribución de las zonas de influencia, subsanando el déficit de capacidad de bombeo.

2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.

Se estima que actualmente (2020), se trata el 100 % de las aguas que llegan a la PTAR, y que representan un gasto aproximado de 635 lps, lo cual significa el 88.19 % de la capacidad instalada, es decir que prácticamente sólo se cuenta con poco menos del 12 % de capacidad para atender los requerimientos futuros. Con base en la proyección de la demanda de saneamiento, se estableció que en los primeros meses del 2025 se estarían alcanzando los 720 lps, es decir el 100 % de la capacidad instalada.

Si las obras de sustitución de drenaje, construcción de dos estaciones de bombeo y redistribución del manejo de las aguas residuales se llevan a cabo, necesariamente será indispensable incrementar la capacidad de tratamiento actual de la PTAR en el corto plazo (2021-2024) en un 25 % (180 lps), lo cual se lograría incorporando un módulo adicional o una nueva instalación cuyo primer módulo tuviera dicha capacidad de tratamiento, ampliando la capacidad instalada de tratamiento a 900 lps. Se estima que las necesidades de saneamiento de la zona atendida por el SIMAS Piedras Negras alcanzarán los 900 lps en el 2030, por lo que en el mediano plazo será necesaria la incorporación de un nuevo módulo de 180 lps. Con base en la estimación de requerimientos de saneamiento, se considera que un tercer y cuarto módulos serán indispensables para los años 2038 y 2048, respectivamente.

2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso.

Actualmente el 100 % de las aguas tratadas son empleadas en los sistemas de enfriamiento de las termoeléctricas de CFE José López Portillo (Carbón I) y Carbón II, a través de un contrato que, de acuerdo con información del SIMAS Piedras Negras, vence en el 2020, y se estima ampliar por un periodo de 20 años más, aun cuando se lleve a cabo un cambio en la tecnología de generación y combustible, lo que representa la demanda futura.

Considerando el incremento en la generación de aguas residuales y tratadas, y que la capacidad instalada de las termoeléctricas se mantendrá, se estima que en el corto plazo (2024) se empezará a tener un volumen sobrante de aguas tratadas, para las cuales no se ha determinado una aplicación. Esta representa un área de oportunidad por desarrollar. Se han identificado algunas alternativas de demanda futura que es necesario estudiar y desarrollar; por ejemplo, su empleo en labores industriales; por su nivel elevado de tratamiento, se pretende utilizar como volumen de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

reemplazo de aguas subterráneas con concesionarios de uso industrial y agrícola, e incluso en las propias termoeléctricas o en la recarga del acuífero regional Allende-Piedras Negras.

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

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

Como fue establecido en el apartado 2.1.3, uno de los principales problemas en el corto plazo (2021-2024), es sustituir las tuberías antiguas del sistema de drenaje que se encuentran en mal estado y que han rebasado su vida útil, pues se estima que cuentan con una antigüedad de 100 años o más. Si bien se desconoce la longitud total, se estima en aproximadamente 200 km. Por ejemplo, la red de atarjeas y descargas domiciliarias de la zona centro (25 km). Sin embargo, para tener la certeza de las cantidades de obra y un programa ordenado para llevar a cabo el citado reemplazo, es necesario ejecutar un plan integral de saneamiento que incluya el catastro de la red de drenaje.

Previamente se ha citado que el cárcamo o estación de bombeo 3 Treviño, es necesario sustituirla de manera prioritaria (2021), pues al igual que el caso anterior, relativo a la tubería del sistema de drenaje, ha rebasado su vida útil y el riesgo de falla operativa es alta, debido al exceso de trabajo al que es sometida esta instalación. En la ilustración 26 se presenta la zona centro de Piedras Negras donde es preciso cambiar tuberías de drenaje y la ubicación actual del cárcamo 3.

2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada.

El SIMAS Piedras Negras, a través de su operación diaria, y considerando algunas labores de ingeniería previas, ha identificado algunos elementos de la red de drenaje que requieren ser rehabilitados o sometidos a un mantenimiento mayor en el corto plazo (2021–2024) (ilustración 27):

- Rehabilitación del colector Treviño en la colonia Presidentes (zona de influencia centro); incluye red de atarjeas y descargas sanitarias (5.65 km).
- Rehabilitación del colector Centenario en las colonias Bravo y Buenos Aires (zona de influencia centro); incluye red de atarjeas y descargas sanitarias (3.25 km).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en la colonia González (3 km).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 26. Localización de la zona centro y cárcamo 3 de Piedras Negras.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.

Ilustración 27. Ubicación de instalaciones por rehabilitar en la colonia González y colectores Treviño y Centenario



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

En el apartado 2.1.4 se establecieron los argumentos para llevar a cabo la construcción de dos estaciones de bombeo de aguas residuales, adicionales al cárcamo 3 y planta de bombeo 4, con la finalidad de llevar a cabo una redistribución de las zonas de influencia y estar en posibilidad de atender las necesidades futuras de manejo y gestión de dichos fluidos. Se determinó como viable establecer una planta de bombeo en la porción norte de la ciudad, y otra hacia el sur, en la margen derecha del río Escondido, en las inmediaciones de la curva del bulevar Centenario.

De manera similar a la descripción previa, en el apartado 2.1.5 se presentaron los argumentos técnicos para llevar a cabo un incremento en la capacidad de saneamiento, ya fuera ampliando la actual PTAR, o bien construyendo una obra de infraestructura adicional, al costado sur de la actual.

Se estableció que de manera adicional al incremento esperado en la generación de aguas residuales y, por tanto, de tratamiento de las mismas, se lleven a cabo las obras de sustitución de drenaje, construcción de las dos estaciones de bombeo, citadas previamente, y la redistribución del manejo de las aguas residuales, lo que aumentará las necesidades de tratamiento actual. Para responder al aumento que se presentará en el corto plazo (2021–2024), es necesario incorporar un módulo adicional de 180 lps.

Ilustración 28. Plantas de bombeo de aguas residuales Norte y Sur y nueva PTAR.



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.

En los tres apartados anteriores se han descrito diferentes elementos del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Piedras Negras que es necesario reemplazar porque han superado su vida útil, como el cambio de tubería antigua y en mal estado y la reposición del cárcamo 3. Se han establecido elementos de la infraestructura que es necesario rehabilitar, como los colectores Treviño y Centenario, y también la red de atarjeas de la colonia González, además de la construcción de dos estaciones de bombeo (Norte y Sur), redistribución de las zonas de influencia de las estaciones de bombeo e incrementar la capacidad de tratamiento de la actual PTAR en un 25 % (180 lps), a fin de responder a los requerimientos de tratamiento de aguas residuales en el corto plazo (2021-2024).

Las expectativas de crecimiento de la población hacia las zonas NW, W y S implican la necesidad de ampliar la infraestructura actual en el mediano plazo, así como incrementar la capacidad de tratamiento de aguas residuales a través de la adición de módulos complementarios a la nueva PTAR, la cual se considera viable que se ubique en el costado sur de la actual.

De manera complementaria, la captación y conducción adecuada de las aguas pluviales y su manejo separado ayuda de forma importante a evitar la falla por presión en el sistema de drenaje sanitario y, por tanto, evita la descarga de aguas residuales al río Bravo. De esta forma, el desarrollo de obras de drenaje pluvial en la zona centro, en sus dos etapas, representa infraestructura complementaria para refuerzo del sistema de saneamiento actual y futuro en general.

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

El sistema actual de tratamiento biológico (oxidación bioquímica con biomasa suspendida), que aplica un sistema basado en lodos activados, en su modalidad de aireación extendida, tipo *Carrusel*, cumple con los requerimientos normativos aplicables y actuales.

La PTAR no tiene digestores, ya que este sistema de tratamiento tiene grandes tiempos de retención hidráulica y los lodos salen estabilizados. Para el correcto funcionamiento de la planta se cuenta con las instalaciones necesarias, tanto operativas como de administración y control.

El tratamiento y manejo actuales de los lodos son adecuados, incluyendo la disposición final de estos, la cual se lleva a cabo en el Relleno Sanitario municipal, como fue establecido en el apartado 1.2.4. El Relleno Sanitario de Piedras Negras, a cargo de la empresa Promotora Ambiental de la Laguna, S.A. de C.V. (PASA), se encuentra ubicado a 11.87 kilómetros en línea recta, y al NW de la actual PTAR, donde los citados lodos se emplean como material de cobertura intermedia, como parte del proceso de manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad.

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

En los apartados previos 1.1.4.1 Políticas de Operación; 1.2.2 Pertinencia de los Manuales, y Políticas de Operación, se estableció que no obstante que dichos lineamientos son solicitados en la LAMECZ, no se cuenta con manuales ni con políticas formales de operación, tan sólo se tienen lineamientos



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de carácter técnico-operativo y práctico, dirigidos a cumplir lo establecido en el primer párrafo del artículo 3 de la LAMECZ, con base en la experiencia del personal a cargo, quienes cuentan con amplia trayectoria en el servicio, el perfil técnico requerido y la capacitación necesaria.

A partir de lo anterior, se requieren desarrollar y establecer de manera formal los Manuales y Políticas de Operación del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento, incluyendo la estructura y especificaciones para la elaboración sistemática de los programas de operación y mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.



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.

Durante el mes de julio del 2020 se llevaron a cabo un par de reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Piedras Negras y los retos y necesidades a los que deberá enfrentarse en el futuro. De igual forma, en dichas reuniones fueron planteadas y analizadas alternativas para solucionar los problemas identificados y su distribución en el tiempo, de acuerdo con la prioridad de atención.

Es relevante establecer que, en la totalidad de los casos, el desarrollo de ingeniería de las alternativas planteadas es a nivel anteproyecto, por lo que, si bien se cuenta con elementos de dimensionamiento que permiten estimar costos y algunos criterios previos, los aspectos técnicos y económicos propios de una ingeniería de detalle no han sido desarrollados. De hecho, y en congruencia con lo anterior, en todos los casos las alternativas relacionadas con obras de infraestructura consideran la elaboración del proyecto ejecutivo respectivo, y en ocasiones incluso los trabajos de selección de sitio; por ejemplo, en el caso de las EBAR Norte y Sur.

Se destaca que las obras y acciones planteadas tienen en común el impacto directo transfronterizo hacia Estados Unidos, lo cual fue uno de los criterios más importantes para llevar a cabo la priorización, de manera paralela a la necesidad de la comunidad local.

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

El proceso de sustitución, reemplazo o rehabilitación de algún tramo de sistema de alcantarillado se presenta cuando se identifican problemas en las líneas o bajo otras circunstancias; es preciso ampliar una instalación hacia zonas que requieren del servicio de drenaje, ya sea de red primaria o secundaria.

Estas redes o líneas de tubería se localizan regularmente en las calles y avenidas de la zona urbana o suburbana, por lo que la menor afectación se presenta realizando el cambio de tubería en el mismo lugar, sin variar la geometría o dirección. Para el caso de trabajos de sustitución, reemplazo o rehabilitación el manejo de alternativas se refiere al tipo de materiales de la tubería por emplear (por ejemplo, fibrocemento, poliéster reforzado con fibra de vidrio, PVC, concreto, polietileno de alta densidad o con refuerzo de acero, ya sea corrugada o lisa, etcétera), y en cuanto a particularidades en el procedimiento constructivo inherente al tipo de terreno y tubería por instalar.

Para el caso de ampliaciones, es viable identificar y proponer alternativas de carácter geométrico, principalmente en cuanto a trazo; sin embargo, para estos casos, y conforme al Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales, siempre se optará por aquella alternativa que genere la menor afectación a la población o represente la longitud más corta, considerando igualdad en las alternativas en cuanto al tipo y características de la tubería por emplear.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para resolver la problemática identificada en los sistemas de drenaje y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos cuatro proyectos de rehabilitación y ampliación de colectores y 1 para la modificación de la red primaria de alcantarillado.

- Colector Treviño en la colonia Presidentes (5.65 km).
- Colector Centenario en las colonias Bravo y Buenos Aires (3.25 km).
- Colector en la calle Camino Viejo al Moral en la colonia Francisco I. Madero (1.80 km).
- Colectores en las zonas de crecimiento NW, W y S de la mancha urbana actual (20 km).
- Modificación Red Primaria Alcantarillado en Áreas de Influencia Norte, Sur y Centro.

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados, en todos los casos se consideraron por lo menos dos opciones en cuanto al procedimiento constructivo. La alternativa 1, que considera la instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro) mediante zanjas excavadas a cielo abierto, conservando el trazo previo, y la alternativa 2, que considera la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (con o sin refuerzo de acero), exclusivamente, y empleando el método de perforación direccional.

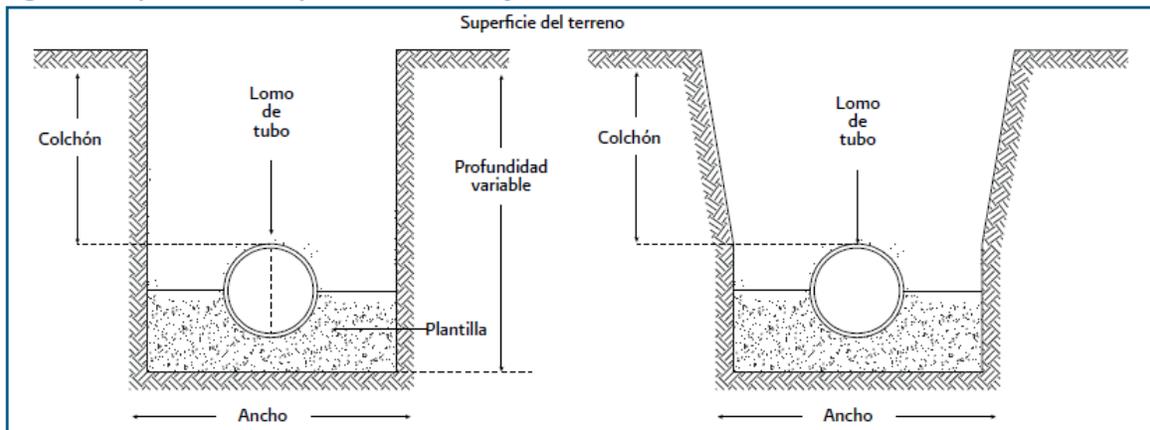
Conforme el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario de la CONAGUA (2012), el procedimiento de la **alternativa 1** consiste en seis etapas:

Etapa I. Trazo y excavación de zanjas. Por medio de un control topográfico se realizará el trazo del eje del colector conforme a los planos ejecutivos del proyecto, controlando el alineamiento y la profundidad de excavación, según los niveles de arrastre que marcan el proyecto ejecutivo. Una vez teniendo el trazo del eje del colector, se procederá a realizar, en el caso de que se tenga, el corte y demolición de pavimentos, adoquín y empedrado. Posteriormente se procederá a efectuar la excavación, la cual deberá de tener un ancho no menor al indicado en el proyecto. Se hará la excavación hasta su profundidad máxima, según los niveles de arrastre que marcan los planos ejecutivos más el espesor correspondiente a la plantilla; las paredes de los cortes de la excavación terminarán con una inclinación “talud”.

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

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

Ilustración 29 Elementos que conforman la excavación en zanja.



Fuente: Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario de la CONAGUA, 2012.

Etapa IV. Construcción de pozos de visita. Son los elementos en las redes de alcantarillado que tienen por objeto la unión de líneas, los cambios de dirección, la inspección, la limpieza y control de flujo de las mismas. Terminada la excavación, se afinará la superficie del fondo, se construirá una plantilla de concreto pobre. Posteriormente se procederá a construir los pozos, de acuerdo con los planos y diseños establecidos en el proyecto ejecutivo respectivo y en apego a los lineamientos del Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales de Piedras Negras.

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

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

El método constructivo de la **alternativa 2**, instalación de tubería de PEAD, empleando el método de perforación direccional, consiste en la realización de un orificio mediante un taladro; este taladro dirigido se denomina “perforación piloto”, por su carácter de ser conducido, y constituye el trazado y camino base, para su posterior ensanchado mediante sucesivos repasos interiores con herramientas tipo fresas, de diámetros progresivamente crecientes. La perforación se inicia desde una pequeña ranura en la superficie del terreno, en la que se introduce una varilla que en su frente sostiene la cabeza de perforación, de características adecuadas al tipo de suelo que se va a perforar. Mediante los movimientos de empuje y rotación



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

se van introduciendo varillas, que son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación, combinando, controlada y adecuadamente, ambos movimientos que se proporcionan desde la máquina. Para facilitar la perforación se utilizan lodos constituidos por la dilución de arcillas bentónicas, “bentonita”, que son inyectados a alta presión y adecuado caudal por el interior de las varillas y hasta el cabezal de perforación.

Por representar una menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos, ejecutarse en menor tiempo e implicar costos más bajos, el procedimiento de la alternativa 1, instalación de tubería mediante zanjas excavadas a cielo abierto, conservando el trazo previo, representa la mejor alternativa.

3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

La elaboración de un proyecto ejecutivo para la modificación de las áreas de influencia de las estaciones de bombeo ha sido planteada como un requerimiento prioritario por parte del SIMAS Piedras Negras. Para la ejecución de este proyecto se identificaron dos alternativas de desarrollo: por un lado, como alternativa 1, incorporar a las dos zonas de influencia actuales la operación de las estaciones de bombeo Norte y Sur, planeadas, o la alternativa 2, modificar la distribución y manejo de las aguas residuales en tres zonas de influencia (norte centro y sur). Analizando las dos alternativas y la complejidad de ejecución, en cuanto al desarrollo de modelos operativos y funcionales, la alternativa 2 presenta una mejor ventaja.

De manera similar al apartado anterior, las estaciones de bombeo difícilmente podrían cambiarse de ubicación, pues al margen de las afectaciones de carácter ambiental, social y urbano, estas se ubican con regularidad dentro de predios que pertenecen al Organismo Operador, a menos que las labores de reposición se realicen en terrenos alternos, cuya propiedad también sea del ente operador y, en términos de costos y funcionamiento integral, represente una mejor opción.

Para resolver la problemática identificada en las plantas o estaciones de bombeo de aguas residuales, y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos dos proyectos.

- Estación de bombeo de aguas residuales o cárcamo de bombeo No. 3.
- Estaciones de bombeo de aguas residuales o rebombes Norte y Sur.

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados, en todos los casos se consideraron por lo menos dos opciones.

En cuanto a la estación de bombeo de aguas residuales o cárcamo de bombeo No. 3, se identificó como alternativa 1 cambiar su ubicación respecto de la actual posición, con la finalidad de acercar dicha instalación a la PTAR en un terreno que también pertenece al SIMAS y se ubica en un vértice en el extremo SW del predio que en su momento fue ocupado por las antiguas lagunas de oxidación de aguas residuales.

La alternativa 2 plantea llevar a cabo labores de reconstrucción, conservando su geometría y dimensiones, y realizando intervenciones mayores en cuanto a sus componentes estructurales,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

tanto de acero como de concreto (revestimiento), así como en la parte electromecánica, en la cual se consideran cambios en cableado, tableros de control y equipos de bombeo.

Debido a que la opción de la alternativa 1 favorece el funcionamiento integral del manejo de las aguas residuales, y a la postre significaría un ahorro en costos operativos, esta opción es considerada como la más conveniente.

Respecto de las estaciones de bombeo de aguas residuales o rebombes Norte y Sur, ambas alternativas consideran cárcamos de concreto armado, con paredes exteriores situadas debajo del terreno y cámaras de succión por debajo del nivel máximo del agua, con tratamiento impermeabilizante para evitar filtraciones; las estructuras exteriores serán a prueba de incendio, con accesos de tamaño suficiente para permitir la extracción de los equipos. Las instalaciones de bombeo contarán con zona de pretratamiento (rejillas y desarenadores), así como juego de compuertas para seccionar las áreas y favorecer las labores de limpieza.

En términos operativos, la alternativa 1 considera una operación automática sin personal permanente, por lo que no existirán casetas, oficinas, baños y vestidores; sin embargo, con la finalidad de eliminar la posibilidad de inundación o derrame por paros en cuanto a la interrupción eléctrica, se incluye un equipo generador de energía.

La alternativa 2 considera una operación semiautomática, con la participación de personal, por lo que la instalación incluye casetas, oficinas, baños y vestidores, pero carece de equipo generador de energía, pues la labor de la continuidad estaría a cargo del operador en turno.

Bajo las condiciones descritas se considera que la alternativa 1 presenta mayores ventajas respecto de la opción propuesta en la alternativa 2.

3.1.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

En este caso sólo se analizan las alternativas para llevar a cabo la construcción de una nueva PTAR, la cual deberá asegurar la cobertura de saneamiento al 100 % para el horizonte de planeación al 2050, y cuyo primer módulo debe ser de 180 lps, y además la calidad del efluente debe cumplir con los mismos lineamientos normativos actuales.

Teniendo definidos los datos básicos y la capacidad de la planta de tratamiento, se procedió a elegir un sistema de tratamiento de aguas residuales, desde sistemas mecanizados hasta biológicos, ya sea naturales o mixtos. Cada uno de estos sistemas proporciona diferentes niveles de saneamiento: primario, secundario o avanzado; la elección de un tipo de sistema está en función de variables, tanto técnicas, económicas, sociales y ambientales, dependiendo del aprovechamiento al que se destinará el agua tratada.

Los factores, tomados en cuenta en la definición de alternativas, fueron los siguientes:

- Calidad del agua residual cruda.
- Calidad necesaria de agua tratada y las eficiencias de tratamiento a obtener y uso de agua tratada.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Normas NOM-001-SEMARNAT-1996 en el presente proyecto o condiciones particulares de descarga que deben ser cumplidas y la seguridad de que con su funcionamiento la planta pueda cubrirlos en las estaciones del año.
- Reúso de agua tratada.
- Las exigencias del cuerpo receptor donde se descargan los caudales tratados en los meses del año cuando no se hace riego.
- La disponibilidad del terreno para la construcción de la planta y su cercanía a la mancha urbana.
- Aspectos sociales, económicos y ambientales de la ciudad y de la experiencia en manejo de agua.

Se analizaron tres alternativas para el sistema de tratamiento de aguas negras: una alternativa por medios naturales (lagunas de estabilización) y dos por medios mecanizados (lodos activados convencional y lodos activados en modalidad de aireación extendida).

Como parte de la evaluación se consideraron aspectos económicos, financieros, operativos, ambientales y sociales.

Todos los sistemas de tratamiento propuestos fueron dimensionados para cumplir con las exigencias de las NOM-001-SEMARNAT-1996, para un cuerpo receptor tipo C, aun cuando no todos pueden alcanzar la calidad de agua tratada que se tiene en la planta actual.

Empleando indicadores de costo, se determinó que el costo más bajo por m^3 corresponde a las lagunas de estabilización; el problema es que se requiere una superficie de terreno relativamente grande. El sistema no tiene las eficiencias tan altas como las del sistema de tratamiento actual; se tienen variaciones de sus funcionamientos, debido a que depende de los factores climáticos, principalmente de la temperatura del ambiente.

Los filtros biológicos, con costo de $0.92 \text{ \$/m}^3$, es un buen sistema de tratamiento, pero con eficiencias menores a las de la planta actual, posibles problemas de olores y mosquitos, y por lo mismo pueden generarse problemas ambientales y sociales, y más aún por su cercanía a la frontera con EUA.

Los lodos activados convencional, con un costo de $1.15 \text{ \$/m}^3$, presenta el inconveniente de requerir más terreno que los otros sistemas mecanizados; tiene un sistema de oxidación diferente de los otros sistemas de lodos activados, y por lo mismo se carece de experiencias en el manejo de agua y lodos. El tratamiento de aireación extendida tiene un costo de $1.25 \text{ \$/m}^3$, pero garantiza la obtención de los valores de calidad requeridos, al margen de ser el sistema que emplea la PTAR actual.

3.1.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.1.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están considerados de manera particular por el SIMAS Piedras Negras, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

En otro sentido, la captación y conducción adecuada de las aguas pluviales y su manejo separado, ayuda de manera importante a evitar la falla por presión en el sistema de drenaje sanitario y, por tanto, la descarga de aguas residuales al río Bravo. De esta forma, el desarrollo de obras de drenaje pluvial en la zona centro, en sus dos etapas, representa infraestructura complementaria para refuerzo del sistema de saneamiento.

Para resolver la problemática identificada en los sistemas de drenaje pluvial de la zona centro, y atender las necesidades futuras de servicio, fue definido un proyecto de drenaje pluvial en dos etapas:

- Drenaje pluvial en la zona centro, primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss) (2.27 km).
- Drenaje pluvial en la zona centro, segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón) (3.41 km).

Para la red de atarjeas fueron identificados 2 proyectos de rehabilitación:

- Rehabilitación Red de Atarjeas Col. González
- Rehabilitación Red de Atarjeas y Descargas Domiciliarias Zona Centro

No se considera la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados, en los dos casos se consideraron por lo menos dos opciones en cuanto al procedimiento constructivo:

La alternativa 1, que considera la construcción de los canales mediante zanjas excavadas a cielo abierto y mediante concreto armado con malla electrosoldada, y la alternativa 2, que considera la instalación de canales prefabricados en tramos de dimensiones variables.

Respecto a la elaboración del Plan Integral de Saneamiento, incluyendo el Catastro de la Red de Alcantarillado en un Sistema de Información Geográfica, proyecto que ha sido determinado como un requerimiento prioritario, pues se identifica como una herramienta indispensable para planeación de las acciones, actuales y futuras, del Sistema de Drenaje y Saneamiento. Para su ejecución, en cuanto a la labor de gestión y manejo de información, se planteó como alternativas el uso de tres sistemas de información geográfica, dos de licencia libre (Map Info y Q Gis) y uno más (ArcGis) con pago de derechos (inversión). En los tres casos no aplican los costos de mantenimiento, pues para los SIG libres no se ejecuta dicha acción y, en el tercer caso, se encuentra incluido en el pago. Los costos de operación se consideran idénticos en los tres casos. Se plantean 2 acciones de infraestructura complementaria para estudios y proyectos:

- Plan Integral de Saneamiento y Catastro Red Alcantarillado en SIG



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Proyecto Ejecutivo para Modificación de las Áreas de Influencia Norte, Sur y Centro

3.2 Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia.

En general, en términos de infraestructura, y en particular en cuanto a los sistemas de alcantarillado, drenaje y saneamiento, la resiliencia es la capacidad del sistema para soportar eventos extraordinarios (disruptivos de carácter natural y antropogénico), que causan que este falle en al menos una parte.

En otras palabras, la resiliencia se hace presente cuando la infraestructura mantiene un nivel mínimo de funcionalidad ante una situación adversa, y esta se recupera en un tiempo corto y con un costo razonable (Gay Alanís, 2017).

Existen cuatro características (4R) que hacen que un sistema sea resiliente (Bruneau, 2003):

- 1R. Resistencia: Capacidad de un sistema de agua potable, alcantarillado y saneamiento de no colapsarse totalmente ante una falla, sino conservar un mínimo necesario de funcionamiento.
- 2R. Redundancia: Que el sistema de agua potable, alcantarillado 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 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 dimensionamiento de las alternativas para cada uno de los proyectos se aplicaron los tres primeros criterios, referentes a la resistencia, redundancia y recursos, con base principalmente en la experiencia y conocimiento de la problemática del sistema de alcantarillado, drenaje y saneamiento del personal técnico del SIMAS Piedras Negras, en vista de no contar con proyectos ejecutivos e ingeniería de detalle y considerando el soporte y recurso que representa contar con instrumentos como el Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales de Piedras Negras y el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario, desarrollado por la CONAGUA (2012), además de los instrumentos de planeación y desarrollo urbano local y metropolitano.

En general, el dimensionamiento de alternativas de los diferentes componentes del sistema de saneamiento considera para las acciones prioritarias y de corto plazo conservar las medidas, capacidades, potencias y características de las instalaciones y equipamientos actuales y, para el mediano y largo plazos, llevar a cabo las adecuaciones dimensionales de acuerdo con el crecimiento de la demanda para cada caso; por ejemplo, incrementando la red de atarjeas, ampliando el diámetro de colectores a 30", elevando la capacidad hidráulica y de bombeo del cárcamo 3 hasta en 50 HP, e incorporando un nuevo módulo a la PTAR de 180 lps, para sanear el aumento en las aguas residuales.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

Para dimensionar las alternativas de los cuatro proyectos de rehabilitación y ampliación de colectores y la modificación de la red primaria de alcantarillado establecidos en el apartado 3.1.1, con la finalidad de atender la problemática actual en los sistemas de drenaje y alcantarillado, y responder a las necesidades futuras de servicio, se tomó como base el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario de la CONAGUA y el Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales de Piedras Negras, entre otros lineamientos de carácter técnico.

En todos los casos el dimensionamiento de alternativas consideró diámetros de tubería, iguales o mayores a los existentes, conforme los flujos esperados a un nivel de saturación, respecto de su área de influencia. Para el caso de atarjeas entre 4" y 6", y en el caso de colectores entre 12" y 30". Como fue establecido en el apartado 3.1.1, la diferencia entre alternativas se encuentra en el procedimiento constructivo.

En el citado instrumento reglamentario las medidas establecidas consideran criterios de resiliencia para evitar problemas operativos y funcionales del Sistema de Drenaje y Saneamiento, asociados a eventos extraordinarios de carácter natural, principalmente en cuanto a lluvias e inundaciones (artículos 18 al 23), y las contingencias relacionadas con las actividades antropogénicas (artículos 36 a 41). Complementariamente se ha considerado la participación ciudadana, sobre todo en cuanto a las contingencias relacionadas con las actividades humanas (artículos 103 a 110).

Con base en lo establecido en el artículo 113, se encuentran catalogadas con sanciones graves y muy graves aquellas afectaciones producidas al Sistema de Drenaje y Saneamiento por la acción inducida por una persona de un evento natural extraordinario o su intervención directa.

El dimensionamiento de la ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Piedras Negras considera los lineamientos reglamentarios citados, los cuales fueron establecidos tomando criterios de resiliencia ante los fenómenos naturales extraordinarios y las actividades antropogénicas, como se ha citado previamente.

3.2.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

Al igual que en el caso de colectores y redes de alcantarillado, y como fue citado en el apartado 3.1.2, ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle, el dimensionamiento de las alternativas para llevar a cabo la construcción de la nueva estación de bombeo No. 3, así como de las estaciones Norte y Sur, se realizó considerando la experiencia y conocimiento de la problemática del sistema de alcantarillado, drenaje y saneamiento del personal técnico del SIMAS Piedras Negras y el Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales de Piedras Negras, incluidos los criterios de resiliencia en los cuales se fundamenta dicho instrumento.

Para cualquiera de las obras en concreto de este apartado, se consideran como parte del dimensionamiento de la infraestructura las obras de protección y contención, de tal forma que no es posible el ingreso de agua superficial al cárcamo, ni tampoco es factible que aguas contenidas en este fluyan hacia el exterior de las instalaciones ante una falla operativa o funcional.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En el caso particular del cárcamo No. 3, las alternativas incluyeron un incremento en la capacidad de bombeo del 35 % (210 lps), en el corto plazo para la alternativa 2, en vista de la limitante en cuanto a elevar sus dimensiones y, por tanto, su capacidad de manejo de aguas residuales. En la alternativa 1 se consideró un aumento del volumen total del 25 %, respecto de la infraestructura actual (200 m³), y un 25 % en la capacidad de bombeo (150 lps).

En el dimensionamiento de la infraestructura principal y equipamiento de las alternativas de los rebombes Norte y Sur, los criterios fueron los mismos. La diferencia es la forma de operación.

3.2.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

El Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales de Piedras Negras prohíbe la combinación de aguas pluviales y aguas residuales y la descarga de desagües pluviales en el drenaje sanitario. Lo anterior significa que a la PTAR sólo deberían de llegar aguas de naturaleza residual, fundamento empleado para el dimensionamiento de alternativas, ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle; sin embargo, con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del Sistema de Alcantarillado, Drenaje y Saneamiento, por parte del personal técnico del SIMAS Piedras Negras, todas las alternativas planteadas en el apartado 3.1.3 consideraron el manejo de un volumen adicional contingente de hasta un 10 %, en virtud de las filtraciones de agua que pueden incrementar el caudal de llegada a la PTAR a causa de eventos climatológicos extraordinarios o de naturaleza eventual y contingente, considerando un caudal de 180 lps de manera prioritaria, así como un aumento equivalente para el mediano plazo y uno adicional para el periodo 2031-2050.

3.2.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.

3.2.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias, indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Piedras Negras, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

El Reglamento Municipal de Descargas de Aguas Residuales de Piedras Negras prohíbe la combinación de aguas pluviales y aguas residuales y la descarga de desagües pluviales en el drenaje sanitario. Lo anterior significa que a los canales de drenaje pluvial sólo deberían de llegar aguas de lluvia, fundamento empleado para el dimensionamiento de alternativas, ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle; sin embargo, con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del sistema de alcantarillado, drenaje y saneamiento del personal técnico del SIMAS Piedras Negras, las alternativas planteadas en el apartado 3.1.5, consideraron el manejo de un volumen adicional contingente de hasta un 10 % (20 lps), en virtud del exceso de agua pluvial que



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

pueda incrementar el caudal de conducción a causa de eventos climatológicos extraordinarios o de naturaleza eventual y contingente.

El dimensionamiento de la rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, en Piedras Negras considera los lineamientos reglamentarios, los cuales fueron establecidos tomando criterios de resiliencia ante los fenómenos naturales extraordinarios y las actividades antropogénicas, como se ha citado previamente.

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

Como fue establecido anteriormente, durante el mes de julio del 2020 se llevaron a cabo un par de reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Piedras Negras, así como los retos y necesidades a los que deberá enfrentarse en el futuro. En la segunda de dichas reuniones fueron analizadas y evaluadas las alternativas para solucionar los problemas identificados, en cuanto a costos de inversión, además de los montos estimados de operación y mantenimiento para los casos aplicables.

Lo anterior sin perder de vista que, en la totalidad de los casos, el desarrollo de ingeniería de las alternativas planteadas es a nivel anteproyecto, por lo que, si bien se contó con elementos de dimensionamiento para la estimación de costos y algunos criterios previos, los aspectos técnicos y económicos propios de una ingeniería de detalle no han sido desarrollados, pues en todos los casos las alternativas consideran la elaboración del proyecto ejecutivo respectivo.

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

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de la ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Piedras Negras, consideraron por lo menos dos opciones, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados.

Considerando que en todos los casos se trata de sistemas que operan a gravedad, los costos de operación no existen y se consideran nulos, por lo que en la tabla de evaluación no se expresan.

A continuación, se presenta una tabla de evaluación comparativa de alternativas para cada obra determinada.

Tabla 11. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de colectores y redes de atarjeas.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O & M/año (miles \$)
Red primaria de alcantarillado en áreas de influencia norte, sur y centro	1	186,000	1,580
	2	195,000	1,650
Colector Treviño en la colonia Presidentes	1	30,000	285
	2	33,000	300
Colector Centenario en las colonias Bravo y Buenos Aires	1	7,500	685
	2	9,000	780



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O & M/año (miles \$)
Colector en la calle Camino Viejo al Moral en la colonia Francisco I. Madero	1	6,110	588
	2	7,025	610
Colectores en las zonas de crecimiento NW, W y S de la mancha urbana actual	1	152,500	1,225
	2	165,750	1,385

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

3.3.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

El desarrollo del Proyecto Ejecutivo para la Modificación de las Áreas de Influencia de las Estaciones de Bombeo ha sido planteado como un requerimiento prioritario. Para la ejecución de este proyecto se plantearon dos alternativas de desarrollo: por un lado, incorporar la operación de las estaciones de bombeo Norte y Sur, planeadas en las dos zonas de influencia actuales, o modificar la distribución y manejo de las aguas residuales en tres áreas de influencia. La evaluación de las dos alternativas no se desarrolló en términos económicos de operación y mantenimiento, sino en la complejidad de ejecución y, por tanto, del costo del proyecto respectivo.

Para el primer caso se estimó un costo de 4.8 mdp, mientras que para el segundo fue de 4.5 mdp; la diferencia relativamente marginal se debe a que la primera opción requiere, entre otros aspectos, de una labor de modelación más exhaustiva.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de la estación de bombeo No. 3 (cárcamo No. 3) y de los rebombes Norte y Sur en Piedras Negras, se consideraron por lo menos dos opciones para cada caso, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

Tabla 12. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de estaciones de bombeo.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Estación de bombeo No. 3	1	69,000	2,000	1,800	3,800
	2	66,000	3,500	2,500	6,000
Rebombes Norte y Sur	1	230,000	4,000	3,600	7,600
	2	228,000	5,000	4,000	9,000

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

3.3.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de la ampliación de la actual PTAR de Piedras Negras, se consideraron por lo menos tres opciones, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

Tabla 13. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de ampliación de la actual PTAR.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Ampliación de la actual PTAR	Lagunas	169,000	250	250	500
	Lodos (Convencional)	228,850	350	200	550



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
	Lodos (Aireación Extendida)	220,500	330	180	530

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

3.3.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.

3.3.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias necesarias para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Piedras Negras, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

En otro sentido, la captación y conducción adecuada de las aguas pluviales y su manejo separado ayuda de manera importante a evitar la falla por presión en el sistema de drenaje sanitario y, por tanto, la descarga de aguas residuales al río Bravo. De esta forma, el desarrollo de obras de drenaje pluvial en la zona centro en sus dos etapas, representa infraestructura complementaria para refuerzo del sistema de saneamiento.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de la ampliación de la red de atarjeas y drenaje pluvial en la zona centro de Piedras Negras, en sus dos etapas, se consideraron por lo menos dos opciones, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

Previamente se ha establecido que el desarrollo del Plan Integral de Saneamiento y Catastro de la Red de Alcantarillado en un Sistema de Información Geográfica es un requerimiento prioritario. Para su ejecución, en cuanto a la labor de gestión y manejo de información, se planteó el uso de tres Sistemas de Información Geográfica: dos de licencia libre (Map Info y Q Gis) y uno más (ArcGis) con pago de derechos (inversión). En los tres casos no aplican los costos de mantenimiento, pues para los SIG libres no se ejecuta dicha acción y, en el tercer caso, se encuentra incluido en el pago. Los costos de operación se consideran idénticos en los tres casos.

Tabla 14. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de infraestructura complementaria.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Rehabilitación de la red de atarjeas y descargas domiciliarias en la zona centro	1	64,718	545
	2	66,500	565
Rehabilitación de la red de atarjeas en la colonia González	1	6,092	578
	2	7,850	658
Drenaje pluvial en la zona centro, primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss)	1	169,000	1,800
	2	150,800	2,500
Drenaje pluvial en la zona centro, segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón)	1	230,000	3,600
	2	226,200	4,000



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Plan Integral de Saneamiento y Catastro Red Alcantarillado en SIG	1	4,200	450
Proyecto ejecutivo para modificación de las áreas de influencia Norte, Sur y Centro	1	4,500	480

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

3.4 Selección de las alternativas más convenientes.

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

Las alternativas seleccionadas para la ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Piedras Negras se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 15. Alternativas seleccionadas de colectores y redes de atarjeas.

Proyecto/obra	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Red primaria alcantarillado en áreas de influencia norte, sur y centro	186,000	1,580
Colector Treviño en la colonia Presidentes	30,000	285
Colector Centenario en las colonias Bravo y Buenos Aires	7,500	685
Colector en la calle Camino Viejo al Moral en la colonia Francisco I. Madero	6,110	588
Colectores en las zonas crecimiento NW, W y S mancha urbana actual	152,500	1,225

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

Por representar una menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos, ejecutarse en menor tiempo e implicar costos más bajos, el procedimiento de la alternativa 1, relativo a la instalación de tubería mediante zanjas excavadas a cielo abierto conservando el trazo previo, representa la mejor alternativa en todos los casos, tanto para las redes de atarjeas, como para la rehabilitación, ampliación y construcción de colectores.

3.4.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.

Para el desarrollo del Proyecto Ejecutivo para la Modificación de las Áreas de Influencia de las Estaciones de Bombeo se seleccionó la alternativa de modificar la distribución y manejo de las aguas residuales en tres zonas de influencia, no sólo por ser la opción de menor costo, sino porque además representa una solución de largo plazo.

Las alternativas seleccionadas para la estación de bombeo No. 3, y de los rebombes Norte y Sur en Piedras Negras, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 16. Alternativas seleccionadas de estaciones de bombeo.

Proyecto/obra	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Estación de bombeo No. 3	69,000	2,000	1,800	3,800
Rebombes Norte y Sur	230,000	4,000	3,600	7,600

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

3.4.3 Alternativas para plantas de tratamiento.

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de la ampliación de la actual PTAR de Piedras Negras, se consideraron por lo menos tres opciones,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

La alternativa seleccionada para la ampliación de la actual PTAR en Piedras Negras se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 17. Alternativa seleccionada para ampliación de actual PTAR.

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (miles \$)	Operación anual (miles \$)	Mantenimiento anual (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Ampliación de la actual PTAR	Lodos (aireación extendida)	220,500	330	180	530

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

El tratamiento de aireación extendida es la alternativa elegida, ya que la PTAR tiene el mismo tipo de tratamiento; por lo tanto, su operación y mantenimiento son conocidos y el stock de refacciones será similar al de la planta actual.

Con base en el análisis de ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento (aspectos técnico, social y ambiental, por un lado, y costos de inversión en construcción, operación y mantenimiento por el otro), se propone la solución mediante una planta de tratamiento de lodos activados, en su modalidad de aireación extendida.

Este sistema tiene una alta eficiencia de remoción de contaminantes, además de ser muy compacto, seguro y estable en su funcionamiento. El suministro de aire para el proceso de oxidación puede realizarse mediante aireadores, sopladores y difusores mecánicos. Dado que es el mismo sistema que actualmente se utiliza, su aplicación permitirá emplear algunos componentes existentes, como el cuarto de máquinas. El lugar de construcción recomendado sería adyacente al sitio actual de tratamiento.

Sin embargo, se considera que lo más importante es que permitirá seguir con la práctica de tener agua residual tratada que cumple con las exigencias de la USEPA (30/30 mg/L de DBO y SST).

3.4.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con proyectos relacionados con el reúso del agua tratada, alternativos o complementarios al que actualmente se opera.

3.4.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias, indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Piedras Negras, sino como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

Para el desarrollo del Plan Integral de Saneamiento y Catastro de la Red de Alcantarillado en un SIG se seleccionó el uso del Sistema de Información Geográfica con Software de ArcGis, el cual incluye el pago de derechos, costo que otorga la ventaja de recibir actualizaciones y mantenimiento de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

manera automática, situación que permite dar permanencia y seguridad operativa al Plan Integral de Saneamiento de Piedras Negras.

Para el desarrollo de las obras de drenaje pluvial en la zona centro, en sus dos etapas, se seleccionó la alternativa de construir los canales mediante concreto armado, no sólo por ser la opción de menor costo, sino porque además representa una solución de largo plazo y menores costos de mantenimiento.

Las alternativas seleccionadas para la rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, en Piedras Negras se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 18. Alternativas seleccionadas para drenaje pluvial.

Proyecto/obra	Inversión (miles \$)	O&M/año (miles \$)
Red de atarjeas y descargas domiciliarias en la zona centro	64,718	545
Red de atarjeas en la colonia González	6,092	578
Drenaje pluvial en la zona centro, primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss)	150,800	2,500
Drenaje pluvial en la zona centro, segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón)	226,200	4,000
Plan Integral de Saneamiento y Catastro Red Alcantarillado en SIG	4,200	450
Proyecto ejecutivo para modificación de las áreas de influencia Norte, Sur y Centro	4,500	480

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

3.5 Integración de la cartera de acciones y proyectos.

Como fue citado en los apartados 3.1 y 3.3, durante el mes de julio del 2020 se llevaron a cabo reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y del Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Piedras Negras, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Piedras Negras, así como los retos y necesidades a los que se enfrentará en el futuro. En la última de las reuniones fueron evaluadas, en cuanto a costos de inversión, operación y mantenimiento, las alternativas para solucionar los problemas identificados, así como su priorización en el tiempo, a partir de plazos inmediato, corto, mediano y largo, en un horizonte hasta el año 2050, con la finalidad de integrar una cartera de acciones y proyectos.

De la tabla 19 a la tabla 21 se presenta la cartera de proyectos identificados para el SIMAS Piedras Negras, ordenados por prioridad y con base en la temporalidad de aplicación, incluyendo su naturaleza y monto estimado.

Tabla 19. Relación de proyectos prioritarios (2022-2024) SIMAS Piedras Negras.

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
1	Plan integral de saneamiento y catastro de la red de Alcantarillado en SIG	Proyecto	Alta	4,200.00
2	Proyecto ejecutivo para modificación de las áreas de influencia norte, sur y centro	Proyecto	Alta	4,500.00
3	Construcción de nuevo cárcamo de bombeo no. 3	Proyecto y construcción	Alta	69,000.00
4	Construcción rebombeo norte y sur y líneas a presión con una longitud de 6.50 km	Proyecto y construcción	Alta	230,000.00
5	Ampliación de la actual PTAR integración de módulo de 180 lps	Proyecto y construcción	Alta	220,500.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
6	Construcción de drenaje pluvial en la zona centro primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss)	Proyecto y construcción	Alta	150,800.00
7	Construcción de drenaje pluvial en la zona centro segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón)	Proyecto y construcción	Alta	226,200.00
8	Rehabilitación colector Treviño Col. Presidentes	Proyecto y rehabilitación	Alta	30,000.00
9	Ampliación colector calle Camino Viejo al Moral	Proyecto y construcción	Alta	6,110.00
10	Rehabilitación colector centenario Col. Bravo y Buenos Aires	Proyecto y rehabilitación	Alta	7,500.00
11	Rehabilitación red de atarjeas Col. González	Proyecto y rehabilitación	Alta	6,092.00
12	Rehabilitación red de atarjeas y descargas domiciliarias zona centro	Proyecto y rehabilitación	Alta	64,720
13	Modificación red primaria alcantarillado en áreas de influencia norte, sur y centro	Proyecto y construcción	Alta	186,000.00
TOTAL ESTIMADO				1'205,622.00

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

Tabla 20. Relación de proyectos a mediano plazo (2025-2030) SIMAS Piedras Negras.

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
1	Ampliación colectores zonas de crecimiento NW, W y S de mancha urbana actual	Proyecto y construcción	Media	152,500.00
2	Ampliación de la actual PTAR. integración de 2do módulo de 180 lps	Proyecto y construcción	Media	285,500.00
TOTAL ESTIMADO				438,000.00

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

Tabla 21. Relación de proyectos a largo plazo (2031-2050) SIMAS Piedras Negras

No	Obra/Proyecto/Acción	Tipo	Prioridad	Monto estimado (miles \$)
1	Ampliación de la Actual PTAR. Integración de 3er Módulo de 180 lps	Proyecto y construcción	Baja	305,500.00
TOTAL ESTIMADO				305,500.00

Fuente: Elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

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

Desafortunadamente no se cuenta con una total certeza en cuanto a los subcolectores y colectores principales y demás elementos de la red de tubería de conducción de las aguas residuales que deberán ser sustituidos, así como proyectos de ampliación para incorporar nuevas zonas al servicio. Lo que se considera al respecto es la necesidad de llevar a cabo un plan integral de saneamiento que incluya el catastro de la red de drenaje, y que permita identificar con completa certeza el estado que guarda la tubería, para desarrollar un programa de sustitución de tramos de acuerdo con las prioridades.

Al ejecutar la redistribución de zonas de influencia de las estaciones de bombeo, deberá llevarse a cabo un proceso de cambio y reforzamiento de líneas, lo cual implica la ejecución de trabajos para la modificación de la red primaria de alcantarillado en las diversas zonas, principalmente en la zona



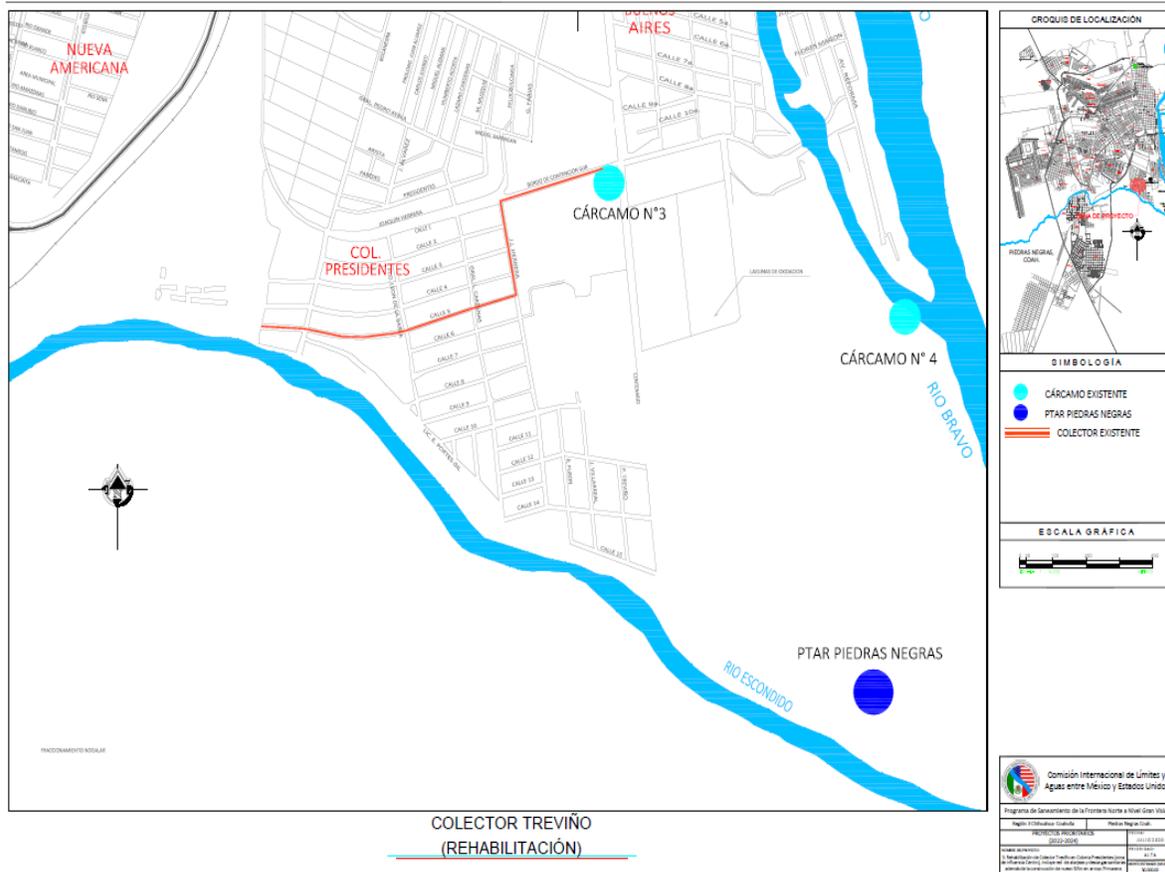
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de influencia centro, en la cual se llevarán a cabo labores de sustitución y rehabilitación o mantenimiento mayor a la citada red.

No obstante, fue posible identificar la necesidad de ejecutar las siguientes obras y los respectivos proyectos:

- Modificación de la red primaria de alcantarillado de las áreas de influencia norte, sur y centro.
- Rehabilitación del colector Treviño en la colonia Presidentes (zona de influencia centro).
- Rehabilitación del colector Centenario en las colonias Bravo y Buenos Aires (zona de influencia centro).
- Ampliación del colector en la calle Camino Viejo al Moral en la colonia Francisco I. Madero.
- Ampliación de colectores de aguas residuales hacia las zonas de crecimiento noroeste, oeste y sur de la mancha urbana actual (2020).

Ilustración 30. Rehabilitación del colector Treviño.



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).



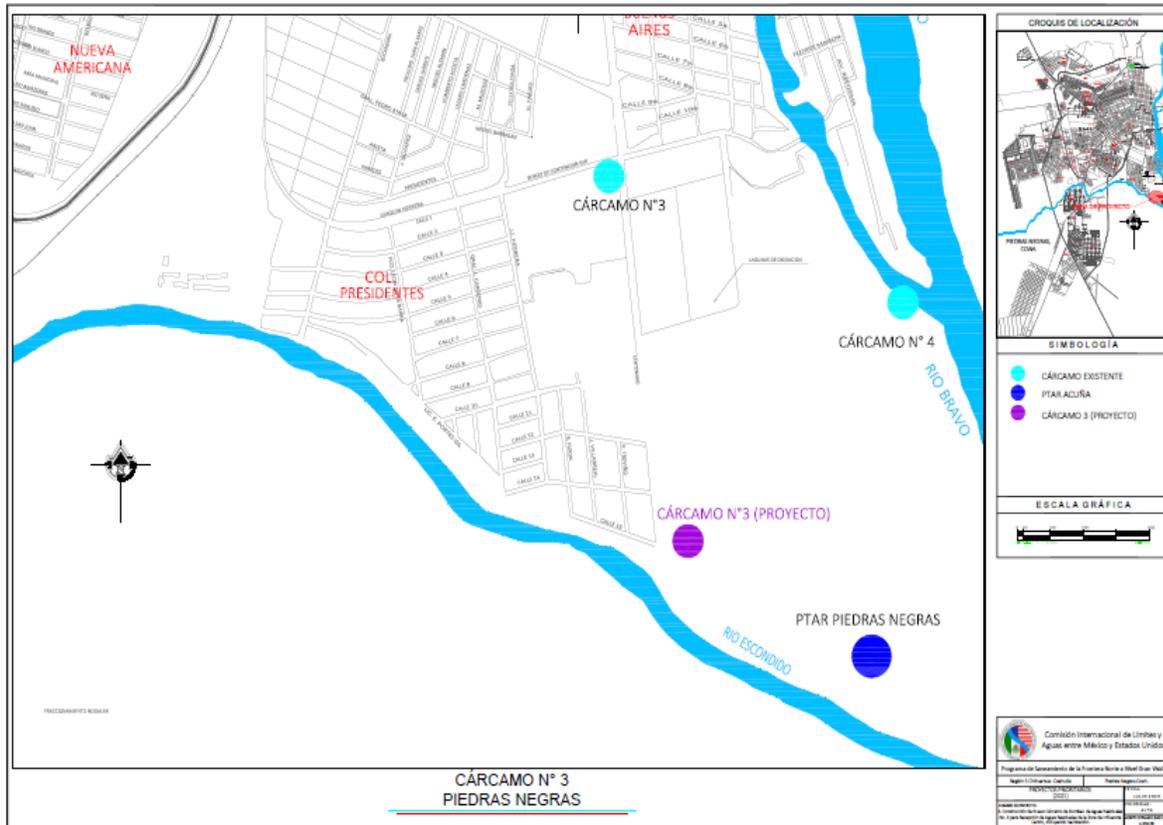
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.5.2 Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales.

Un proyecto considerado como prioritario es la construcción del nuevo cárcamo de bombeo de aguas residuales No. 3, para la recepción y manejo de las aguas residuales de la zona de influencia centro, incluyendo su reubicación.

En la ilustración 31 se observa la nueva ubicación relativa respecto de la actual estación de bombeo No. 3 y la PTAR.

Ilustración 31. Ubicación del nuevo cárcamo No. 3.



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

La distribución de las zonas de servicio se muestra en la ilustración 32. En ella puede observarse la redistribución que se hace en el planteamiento de la solución. La implementación de esta distribución permitirá el mejoramiento en la eficiencia con que se presta el servicio de alcantarillado.

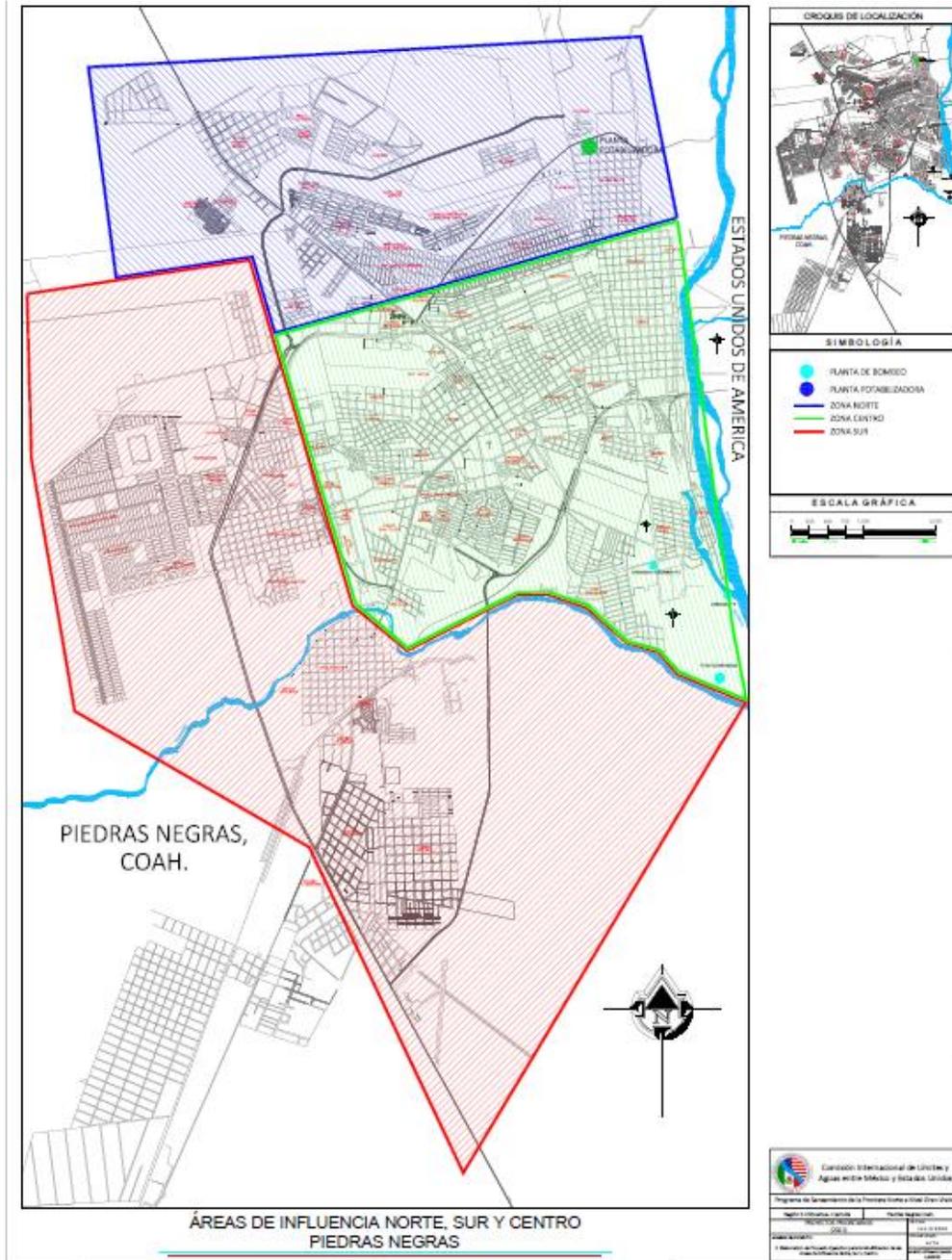
La zona norte aprovechará la capacidad de conducción del colector marginal al río Bravo para llegar a la planta de bombeo 4. Desde ahí se enviará el agua residual captada hasta la PTAR, que seguirá concentrando su capacidad de tratamiento en el mismo punto, como se concluye en el desarrollo del punto anterior. En el extremo norte se ubicará la planta de bombeo Norte 2, que servirá una zona de aproximadamente 1,200 hectáreas, enviando las aguas captadas hasta el subcolector Industrial, que vierte al marginal del río Bravo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La zona centro seguirá sirviendo a las partes más antiguas del área metropolitana y se irá extendiendo hacia el poniente conforme se desarrollen las áreas previstas de crecimiento. El caudal de aguas residuales aportadas por esta zona se concentrará en la planta de bombeo 3, desde donde se enviará a la PTAR existente. Se prevé que esta área sea la que requiera de más reemplazo y modificación de la red de drenaje, al ser la más antigua, incluyendo el reemplazo del cárcamo de la estación de bombeo 3.

Ilustración 32. Redistribución de zonas de influencia de estaciones de bombeo de aguas residuales.



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

La zona sur captará parte del extremo poniente de las áreas de crecimiento a mediano plazo, así como toda el área al sur del río Escondido. La configuración del terreno permitirá concentrar el agua residual en la planta de bombeo Sur, que se ubicará en el área donde el río es cruzado por el bulevar Centenario.

3.5.3 Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.

De manera prioritaria se considera necesario llevar a cabo una rehabilitación de la PTAR actual, con la finalidad de incrementar su eficiencia operativa al máximo posible, para que atienda los requerimientos de tratamiento de aguas residuales, como resultado del incremento en la eficiencia de manejo, al llevar a cabo la rezonificación de áreas de influencia de las estaciones de bombeo.

Sin embargo, la opción preferida es la ampliación de la actual PTAR con un proceso similar de tratamiento, que incluya la integración de un primer módulo cuya capacidad sea de 180 lps.

3.5.4 Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.

No se cuenta con acciones o proyectos para desarrollar infraestructura cuya finalidad sea el reúso del agua tratada de manera específica; sin embargo, se analiza la promoción y desarrollo de “Líneas Moradas” de distribución de aguas tratadas hacia empresas usuarias, como parte de sus procesos productivos. Se espera consolidar esta oportunidad en el corto plazo.

3.5.5 Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación.

Las obras complementarias indispensables para una adecuada operación de los sistemas de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas y pozos de visita, así como los equipos y accesorios electromecánicos, actualmente no están consideradas de manera particular por el SIMAS Piedras Negras. De ser el caso, serán tomados en cuenta como parte de los proyectos ejecutivos planteados para cada una de las obras.

Por otro lado, como parte de obras de infraestructura complementaria al sistema de drenaje, se plantea el desarrollo de obras para el adecuado manejo de aguas pluviales en la zona centro en dos etapas. En ambos casos se propone que las obras se lleven a cabo mediante la construcción de canales a cielo abierto con concreto armado, no sólo por ser la opción de menor costo, sino porque además representa una solución de largo plazo y menores costos de mantenimiento.

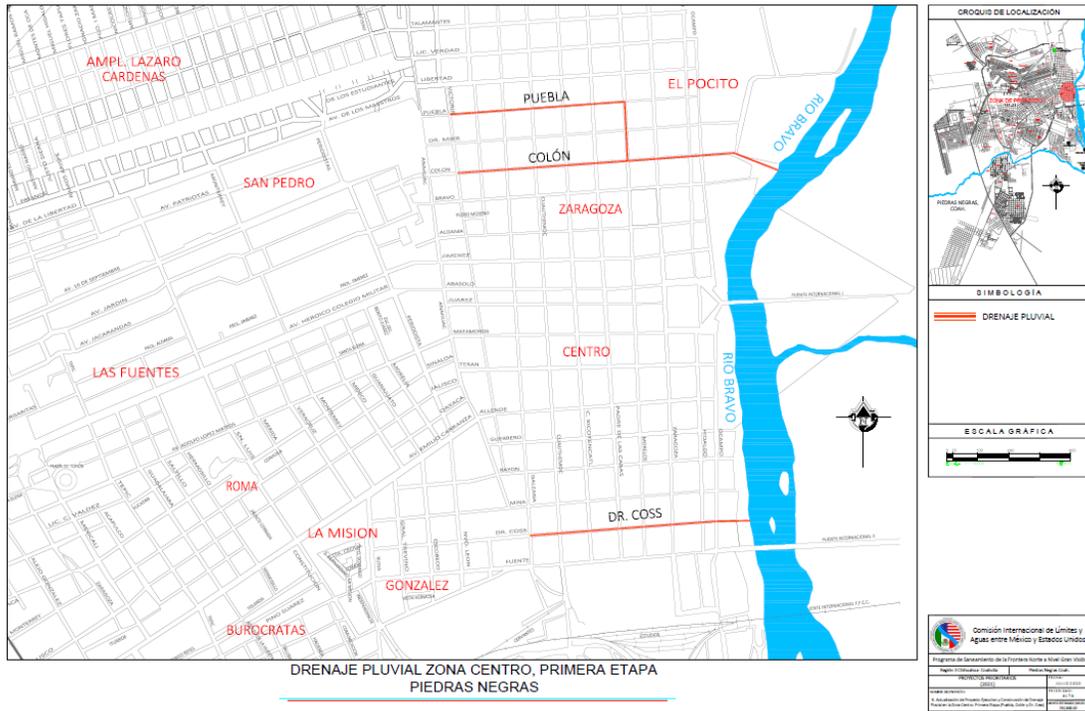
De manera anexa al presente documento se presentan las fichas técnicas de los proyectos identificados.

- Elaboración del Plan Integral de Saneamiento y Catastro de la Red de Alcantarillado en Sistema de Información Geográfica.
- Proyecto Ejecutivo para Modificación de las Áreas de Influencia Norte, Sur y Centro
- Rehabilitación de la red de atarjeas y descargas domiciliarias en la zona centro, (dos etapas).
- Rehabilitación de la red de atarjeas en la colonia González
- Drenaje pluvial en la zona centro, primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss) (2.27 km).
- Drenaje pluvial en la zona centro, segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón) (3.41 km).



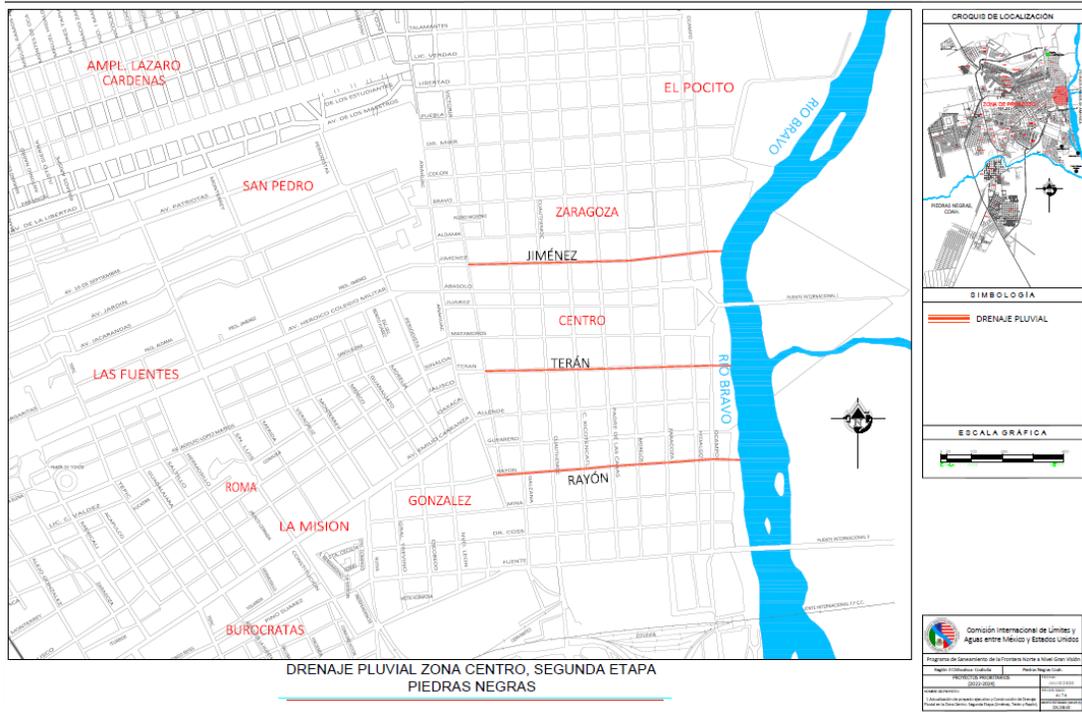
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 33. Drenaje pluvial en la zona centro (primera etapa).



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).

Ilustración 34. Drenaje pluvial en la zona centro (segunda etapa).



Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras (2020).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4 Organización y alternativas de financiamiento.

4.1 Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento.

Las opciones de organización, en cuanto al financiamiento para el desarrollo de los diferentes tipos de acciones, obras y proyectos, se presentan en los apartados 4.1.1. al 4.1.3. En este espacio se establece la mezcla de recursos económicos para la ejecución de las necesidades identificadas, conforme a los patrones de financiamiento que se han presentado en otros proyectos y obras de naturaleza similar en la región.

En la tabla 22 se establecen las fuentes de financiamiento y la mezcla de recursos propuesta para la realización de las acciones, obras y proyectos planteados para Piedras Negras.

Tabla 22. Fuentes de financiamiento propuestas para proyectos identificados en Piedras Negras

Cantidad	Concepto	Inversión (mdp)		Fuentes de Inversión (mdp)		
		Federal	Estatal o Municipal	NADBANK	Privada	
16	Piedras Negras, CO	1,949.12	1949.12	-	-	-
5	Colectores y emisores	382.11	382.11	-	-	-
2	Plantas de bombeo	299.00	299.00	-	-	-
3	Plantas de tratamiento	811.50	811.50	-	-	-
-	Sistemas de reúso	-	-	-	-	-
6	Infraestructura complementaria	456.51	456.51	-	-	-

Fuente: elaboración propia con información del SIMAS Piedras Negras 2020.

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

Para el desarrollo de estudios y proyectos ejecutivos de rehabilitación, ampliación y construcción de las obras identificadas (redes de atarjeas y alcantarillado, colectores, subcolectores, drenes, emisores, subemisores, planta de bombeo de aguas residuales, cárcamos de bombeo, estaciones de rebombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales e infraestructura para la conducción y reúso de aguas tratadas, así como instalaciones complementarias), ya fueran como prioritarias, y de corto, mediano y largo plazos, es posible adoptar diversas formas de organización para su financiamiento, independientemente del monto de las aportaciones con que los participantes puedan contribuir, o de los apoyos gestionados por las autoridades para su realización.

Se identifica que aquellos estudios y proyectos cuyo requerimiento económico sea relativamente bajo, por ejemplo menores a 5 mdp, podrían ser desarrollados con recursos provenientes de una sola fuente, ya sea del municipio o del propio SIMAS Piedras Negras; del Gobierno del estado, a través de la CEAS, o bien del Gobierno federal a través de la CONAGUA o la CILA, o mediante recursos asignados a través del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), de manera directa, contando con el apoyo y gestión de la diputación federal respectiva, o a través de un fondo, fideicomiso o programa oficial.

Una fuente complementaria a las anteriores, e incluso única para este caso, puede ser alguno de los programas del BDAN, debido al carácter fronterizo de Piedras Negras; por ejemplo, el Programa de Apoyo a Comunidades (PAC). De igual forma, es viable calificar a recursos provenientes del Banco



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Mundial o del BID, e incluso de las agencias internacionales de desarrollo de países como Canadá, Japón, Alemania, Reino Unido, entre otros, además de Estados Unidos.

BANOBRAS representa una fuente de apoyo, incluso a fondo perdido por hasta el 50 % del costo para estudios y proyectos, si se considera como viable la participación privada a través de una Asociación Público-Privada (APP), para las etapas de construcción y operación y mantenimiento.

Para montos relativamente altos (superiores a 5 mdp), tendría que buscarse la mezcla de recursos de acuerdo con las reglas de operación de los diversos fondos o programas a los que se acceda, logrando aportaciones para este caso hasta por el 100 % del monto total de estudios y proyectos.

4.1.2 Planteamiento de opciones de organización para la ejecución.

La ejecución de las obras identificadas (redes de atarjeas y alcantarillado, colectores, subcolectores, drenes, emisores, subemisores, planta de bombeo de aguas residuales, cárcamos de bombeo, estaciones de rebombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales, e infraestructura para la conducción y reúso de aguas tratadas, así como instalaciones complementarias), independientemente del monto, difícilmente podrían ejecutarse considerando recursos de una fuente de financiamiento única, de no ser proveniente del Gobierno del estado, a través de la CEAS, o bien del Gobierno federal, a través de la CONAGUA, o mediante recursos asignados a través del PEF.

En el mejor de los casos debe considerarse una mezcla de recursos provenientes de dos o más fuentes, incluido alguno de los programas de financiamiento del BDAN.

BANOBRAS representa una opción, en el caso de considerar como factible la participación privada a través de una APP, aunque esta alternativa se restringe al caso de plantas de tratamiento de aguas residuales, en las cuales se ha demostrado su viabilidad a partir de la experiencia. Quizás una opción adicional para la participación de recursos privados, a través de la formulación de una APP, es el desarrollo de comercialización de aguas tratadas, alternativa aun implementada. En el resto de las instalaciones no hay posibilidad de repago o recuperación de inversiones, por lo que resultan poco atractivas.

Se desarrolló un ejercicio para identificar los fondos, fideicomisos y programas existentes en los ejercicios fiscales 2019 y 2020, que podrían ser fuente de recursos económicos para financiar las obras determinadas.

En las tablas 23 y 24 se presentan los fondos, fideicomisos y programas disponibles dentro del Gobierno federal, con base en el PEF 2020, a los cuales podría tenerse acceso de recursos económicos, siempre que se mantengan para el año siguiente, tanto para el desarrollo de estudios y proyectos, pero principalmente para la ejecución de las obras de infraestructura identificadas, sobre todo las de carácter prioritario y de corto plazo.

De los 11 fondos y fideicomisos disponibles en el 2019, dos desaparecieron para el ejercicio fiscal 2020: el Fondo para las Fronteras y el Fondo Minero, mientras que el Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI) y el Fondo Regional (FONREGIÓN) dejaron de ser aplicables a Piedras Negras.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Por otra parte, de los seis programas que fueron identificados sólo el Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA) no es aplicable a Piedras Negras por sobrepasar el número de habitantes.

Con relación a los fondos y programas disponibles para este año (2020), y que se mantengan vigentes en los siguientes, se identificó el **Convenio Marco de Coordinación** que celebraron la SEMARNAT, a través de la **CONAGUA, y el estado de Coahuila de Zaragoza**, el pasado 24 de febrero, y que fue publicado en el DOF el 24 de abril, con el objeto de establecer los lineamientos para conjuntar recursos y formalizar acciones en las materias de infraestructura hidroagrícola, agua potable, alcantarillado y saneamiento y cultura del agua en beneficio de la entidad federativa.

Las acciones por realizar, conforme a la cláusula segunda del citado Convenio Marco, en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, incluyen, entre otras, las siguientes:

- Elaborar estudios y proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Construir, mejorar, ampliar y rehabilitar infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas y rurales.
- Operar y mantener plantas de tratamiento de aguas residuales, así como zonas urbanas y rurales.

De acuerdo con la cláusula tercera, las acciones establecidas se llevarán a cabo a través de los programas autorizados en el Presupuesto de Egresos de la Federación del ejercicio fiscal correspondiente, especificando, a través de anexos de ejecución y técnicos, convenios de concertación y el instrumento que determine la normatividad aplicable, aquellas acciones que se realizarán durante la vigencia de los mismos, así como a cargo de quien quedará su ejecución, en apego a las reglas de operación correspondientes (cláusula sexta).

La vigencia del Convenio Marco llega hasta el 30 de noviembre del 2023, por lo que su alcance debe ser aprovechado en la medida de lo posible para los proyectos inmersos en el corto plazo (cláusula décima cuarta).

Para acceder a los beneficios del Convenio Marco es preciso llevar a cabo las gestiones conducentes ante el Gobierno del estado y la CONAGUA. La situación sería similar para acceder a recursos federales si no existiera el instrumento en comento; sin embargo, dada su presencia, representa una ruta relativamente corta, la cual podría ser aprovechada para apoyar la realización de las acciones identificadas por el Programa de Saneamiento de la Frontera Norte (PSFN) en Coahuila.

A nivel local, en cuanto al estado de Coahuila de Zaragoza, se ubicó el Programa “Vamos a Michas”, el cual fue firmado el 25 de febrero del 2019 entre el gobernador del estado y los 38 presidentes municipales de la entidad, con el objeto de aplicar recursos económicos provenientes de ambas partes (estado-municipios), para llevar a cabo obra pública en infraestructura, mejoramiento de los sistemas de drenaje y saneamiento e hidráulica relativa al agua potable.

La finalidad es apoyar la realización de obras a partir de las necesidades reales de cada municipio, para lo cual el Gobierno del estado aportará 1,660 mdp y los municipios 1,437 mdp para lograr un fondo cercano a los 3,100 mdp en total.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

4.1.3 Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento.

Para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento de las obras proyectadas (redes de atarjeas y alcantarillado, colectores, subcolectores, drenes, emisores, subemisores, planta de bombeo de aguas residuales, cárcamos de bombeo, estaciones de rebombeo, plantas de tratamiento de aguas residuales e infraestructura para la conducción y reúso de aguas tratadas, así como instalaciones complementarias); la fuente de financiamiento es principalmente de carácter local y está a cargo del Organismo Operador, ya sea con recursos propios o con la participación y colaboración del municipio.

En algunos casos relevantes de mantenimiento mayor, cuyos montos se consideran elevados (por encima de los 5 mdp), podría buscarse el apoyo del Gobierno del estado a través de la CEAS, o bien el Gobierno federal a través de la CONAGUA.

Solo en algunos casos muy específicos la participación privada podría ser factible mediante un esquema de APP, como ha sucedido en los últimos 20 años en el caso de la PTAR, aun cuando ha obedecido a una concesión, considerando incluso las plantas de bombeo de aguas residuales.

Tabla 23. Relación de programas en el ejercicio fiscal 2020

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Programa de Modernización de Organismos Operadores de Agua (PROMAGUA)	Programa Federal (BANOBRAS)	Este programa tiene la intención de fortalecer el desarrollo de proyectos bajo esquemas de Asociación Público-Privada que permitan incrementar los niveles de cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, así como la eficiencia de los organismos operadores.	Si	El programa aplica por su modalidad mediante apoyos no recuperables para el financiamiento parcial de estudios y proyectos que contribuyan con la sostenibilidad operativa y financiera de entes públicos relacionados con el sector hídrico a nivel nacional.
Programa de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR)	Programa Federal (CONAGUA)	El programa tiene como objetivo la asignación de recursos federales provenientes del pago de derechos por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales.	Si	El programa aplica a entidades federativas, municipios, organismos paraestatales, paramunicipales y las empresas concesionarias que presentan el servicio de alcantarillado y cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales para realizar acciones de infraestructura, operación y mejoramientos de eficiencia de saneamiento.
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA)	Programa Federal (CONAGUA)	El programa incorpora un enfoque multisectorial y de coordinación entre los tres órdenes de gobierno para contribuir a garantizar el derecho humano al agua y enfrentar la creciente demanda de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.	Si	Los apoyos están dirigidos a desarrollar infraestructura y garantizar su operación, así como el fortalecimiento de las capacidades de los organismos operadores y prestadores de servicios, incluidos los sistemas comunitarios, acorde con la política nacional hídrica de gestión integrada y sustentable del recurso.
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento/Apartado Urbano (PROAGUA-APAUUR)	Programa Federal (CONAGUA)	Tiene como propósito apoyar el fortalecimiento e incremento de los sistemas de agua potable y alcantarillado en centros de población mayores o iguales a 2,500 habitantes, en la construcción, ampliación,	Si	Este programa aplica dado que todas las entidades y municipios de interés cuentan con más de 2,500 habitantes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
		rehabilitación, el apoyo de la sostenibilidad operativa y financiera de los organismos operadores, de los municipios de las entidades federativas.		
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento/Apartado Rural (PROAGUA-APARURAL)	Programa Federal (CONAGUA)	Tiene la finalidad de apoyar la creación de infraestructura para abatir el rezago en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales menores a 2,500 habitantes de diversas entidades federativas.	No	Este programa no podría aplicar debido a que sólo corresponde para entidades y municipios menores a 2,500 habitantes.
Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento/Agua Limpia (PROAGUA-ALL)	Programa Federal (CONAGUA)	Este programa tiene como propósito fomentar y apoyar el desarrollo de acciones para ampliar la cobertura de agua de calidad para el uso y consumo humano, para la desinfección y tratamiento de contaminantes específicos en sistemas de abastecimiento y distribución de agua en distintas entidades federativas del país.	Si	Este programa aplica por sus características de cobertura a un área específica como lo es agua potable y que forma parte de uno de los componentes a cargo de los organismos operadores de agua.

Todos los programas presentados en este recuadro fueron corroborados en cuanto a existencia y vigencia de sus lineamientos de operación para 2020
Fuente: elaboración propia con información del PEF 2020.

Tabla 24. Relación de fondos y fideicomisos en el ejercicio fiscal 2020.

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Fondo Regional (FONREGION)	Ramo 23 (Previsiones Salariales y Económicas)	Tiene por objeto apoyar a las 10 entidades federativas con menor índice de desarrollo humano, a través de proyectos de inversión mediante la construcción, rehabilitación y ampliación de infraestructura pública y su equipamiento en servicios básicos de educación y salud.	No	Sólo puede ser aplicado en entidades con un índice de desarrollo humano menor al promedio nacional.
Fondo Metropolitano	Ramo 23 (Previsiones Salariales y Económicas)	Este fondo tiene por objeto apoyar en la ejecución de programas y proyectos de infraestructura pública y su equipamiento en materia de servicios básicos, infraestructura vial, movilidad urbana, espacios públicos, entre otros rubros prioritarios de interés metropolitano, para contribuir al ordenamiento territorial.	Si	Puede ser aplicado en poblaciones menores a 500,000 habitantes, y las características del fondo centran sus objetivos en el desarrollo de infraestructura de servicios básicos.
Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de los Municipios y de las Demarcaciones Territoriales del Distrito Federal (FORTAMUN)	Ramo 33 (Fondo de Aportaciones para Estados y Municipios)	El cumplimiento de obligaciones financieras, al pago de derechos y aprovechamientos por concepto de agua, descargas de aguas residuales, a la modernización de los sistemas de recaudación locales, mantenimiento de infraestructura.	Si	Puede ser aplicado para el desarrollo y mantenimientos de infraestructura de servicios de agua y saneamiento.
Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social (FAIS)	Ramo 33 (Fondo de Aportaciones para Estados y Municipios)	Las aportaciones federales a cargo de este dónde se destinarán exclusivamente al financiamiento de obras, acciones sociales básicas y a inversiones que beneficien directamente a la población en pobreza extrema, localidades con alto o muy alto nivel de rezago social.	Si	Puede ser usado para el desarrollo de proyectos que tengan un impacto para disminuir el nivel de rezago social; en este sentido, obras de infraestructura de servicios básicos entre en esta categoría.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Fondo de Aportaciones para el Fortalecimiento de las Entidades Federativas (FAFEF)	Ramo 33 (Fondo de Aportaciones para Estados y Municipios)	Apoyar proyectos de infraestructura concesionada o aquellos donde se combinen recursos públicos y privados; al pago de obras públicas de infraestructura que sean susceptibles de complementarse con inversión privada, en forma inmediata o futura.	Si	Puede ser usado como fuente de pago para proyectos de infraestructura de cualquier índole, incluso aquellos bajo la modalidad de APP.
Fondo General de Participaciones (FGP)	Ramo 28 (Participaciones Federales)	Fondo General de Participaciones puede ser usado como fuente y garantía de pago para el cumplimiento de obligaciones correspondientes para el desarrollo de proyectos de diversas índoles como es el caso de infraestructura en servicios básicos.	Si	Puede ser aplicado como fuente y garantía de pago para la ejecución de proyectos de todo tipo. Cuenta con la ventaja de ser un fondo federalizado de gran cobertura económica.
Fondo para Fronteras	Ramo 23 (Previsiones Salariales y Económicas)	Este fondo tiene como intención apoyar al desarrollo de proyectos y programas en las diversas entidades y sus municipios ubicados a lo largo de las fronteras norte y sur del país.	No	No se encuentra disponible, el fondo, de acuerdo con el PEF 2020.
Fondo Minero	Fideicomiso (Secretaría de Economía)	Este fondo tenía el objetivo de apoyar las actividades en regiones y entidades con grandes actividades económicas en la industria minera, con la finalidad de elevar la calidad de infraestructura e impactos socioambientales en estas zonas.	No	Se desapareció la vinculación del uso del fondo en zonas donde hay extracción minera para que ahora se destinen los recursos a la de Educación Secretaría Pública (SEP) para mejorar las condiciones de los centros educativos y de los servicios de salud.
Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI)	Fideicomiso (Secretaría de Economía)	Tiene como fin contribuir al desarrollo económico y social a través del apoyo técnico y financiero de las pequeñas y medianas productoras mineras a nivel nacional.	No	Por sus características sólo puede ser usado para el desarrollo de actividades mineras.
Fondo de Apoyo a Estados y Municipio (FOAEM)	Fideicomiso (Banobras)	El fondo permite cubrir el riesgo cambiario generado por aquellos créditos fondeados con recursos externos sean dispuestos y pagados por los acreditados en moneda nacional y/o en UDIS, asegurando el pago en moneda extranjera por parte del agente financiero que hubiere concertado la operación con acreditantes del exterior.	Si	El fondo puede ser utilizado como riesgo cambiario siempre y cuando, el proyecto considere en su modelo de contratación un tipo de divisa diferente a pesos mexicanos.
Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)	Fideicomiso (Banobras)	El fondo tiene el propósito de realizar inversión en infraestructura, principalmente en las áreas de comunicaciones, transportes, hidráulica, medio ambiente y turística, como capital auxiliar en la planeación, fomento, construcción, conservación, operación y transferencia de proyectos con impacto social y rentabilidad económica.	Si	El fondo puede ser aplicado en obras de infraestructura de diversos tipos, además de considerar que este capital cuenta con especificaciones particulares para fomentar el desarrollo de proyectos sociales.

Los datos de consulta y la existencia de los fondos tienen como referencia el Presupuesto de Egresos de la Federación 2020 (PEF 2020)

Fuente: elaboración propia con información del PEF 2020. Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos

4.2 Análisis de riesgos y formas de mitigarlos

4.2.1 Identificación de riesgos (construcción de matriz)

La naturaleza de los diversos riesgos que ponen en peligro la ejecución de un proyecto, e incluso su operación, son de tipo económico, legal, administrativo, social, político, técnico y ambiental.

En la tabla 25 se describen de manera general los riesgos identificados en la ejecución de los proyectos y obras planteados para Piedras Negras, en el marco del PSFN.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 25 Relación de riesgos para la ejecución de proyectos

Tipo de riesgo	Descripción
Económico	No contar con suficiencia presupuestal federal o de la contraparte estatal o municipal.
	No contar con suficiencia presupuestal de la contraparte privada o de la banca de desarrollo o privada.
	El presupuesto o los recursos económicos requeridos no fueron autorizados en cualquiera de los tres niveles de Gobierno o de la banca de desarrollo o privada.
	Falta de disposición en tiempo y forma del presupuesto programado, desfasando la ejecución del proyecto u obra.
	Imposibilidad de contar con el otorgamiento de recursos económicos para la ejecución de las obras.
Legal	Problemas en el tipo de organización adoptada para financiar, construir y operar un proyecto.
	Que no sea posible la adquisición de los terrenos seleccionados para desplante de las obras por temas legales, como falta de escrituras, intestado, etcétera.
	Que no se cuente con los permisos de libre paso o acceso o afectación, ya sea en terrenos privados o federales, o que no se cuente con la liberación de los terrenos por ocupar.
Administrativo	Atraso en la autorización de la cartera de proyectos o de los oficios de liberación de inversión.
	Proceso muy extensivo para la aceptación y certificación del proyecto por parte del BDAN.
	Proceso muy extensivo para la aceptación e incorporación en la cartera de proyectos de la Unidad de Inversiones de la SHCP.
Social	Problemática social que pudiera presentarse por la aplicación de ordenamientos legales en materia de agua.
	Oposición de los habitantes por la reubicación de instalaciones.
	Malestar social por las afectaciones en el proceso de construcción y operación de las obras, principalmente ligado a polvo, olores y libre tránsito.
	Que el proyecto no cuente con la aceptación social por afectaciones a los vecinos.
Político	Que exista diferencia con respecto de las estrategias de los Gobiernos federal, estatal o municipal.
	Que no corresponda con proyectos planteados en el Plan Municipal de Desarrollo (compromisos de campaña).
	Por Obras y proyectos cuya terminación trascienda el término de la administración municipal o estatal.
Técnico	Adquisición equivocada de bienes o de equipamiento y periféricos, o en malas condiciones de operación.
	Incumplimiento de las empresas contratadas para realizar los trabajos.
	Que no se cuente con el personal técnico para dar seguimiento al proceso de supervisión y operación de las obras.
Ambiental	Que las labores de construcción y equipamiento se realicen en temporada lluviosa.
	Que no se cuente con las aprobaciones en materia de impacto ambiental.
	Que Los trabajos de construcción u operación representen un riesgo para el medio ambiente o afecten alguno de los atributos ambientales de la región, principalmente el río Bravo y sus tributarios.

Fuente: elaboración propia.

Con la finalidad de determinar cuáles son los riesgos esperados por el desarrollo, ejecución y operación de un proyecto u obra en cualquiera de sus etapas en Piedras Negras, se elaboró una matriz de identificación, la cual se presenta en la tabla 26.

La matriz se construyó colocando a manera de filas los proyectos y obras propuestos a ejecutarse, ordenados de acuerdo con su prioridad. Del lado de las columnas fueron colocados cada uno de los tipos de riesgo que se estima que es posible se presenten, identificando con una "X" los cruces donde se considera viable que se genere algún problema o riesgo asociado.

Tabla 26. Matriz de identificación de riesgos para la ejecución de proyectos en Piedras Negras.

Periodo	Proyectos/Obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2022-2024	Plan integral de saneamiento y catastro de la red de Alcantarillado en SIG	X		X			X	X
	Proyecto ejecutivo para modificación de las áreas de influencia norte, sur y centro	X		X				
	Construcción de nuevo cárcamo de bombeo no. 3	X		X	X	X	X	X
	Construcción rebombeo norte y sur y líneas a presión con una longitud de 6.50 km	X	X	X	X		X	X



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Periodo	Proyectos/Obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
	Ampliación de la actual PTAR integración de módulo de 180 lps	X		X			X	
	Construcción de drenaje pluvial en la zona centro primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss)	X	X	X	X		X	X
	Construcción de drenaje pluvial en la zona centro segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón)	X	X	X	X		X	X
	Rehabilitación colector Treviño Col. Presidentes	X		X	X	X		
	Ampliación colector calle Camino Viejo al Moral	X		X	X	X		
	Rehabilitación colector centenario Col. Bravo y Buenos Aires	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas Col. González	X		X	X	X		
	Rehabilitación red de atarjeas y descargas domiciliarias zona centro	X		X	X	X	X	X
	Modificación red primaria alcantarillado en áreas de influencia norte, sur y centro	X		X				
2025-2030	Ampliación colectores zonas de crecimiento NW, W y S de mancha urbana actual	X	X	X	X	X	X	X
	Ampliación de la actual PTAR. integración de 2do módulo de 180 lps	X		X		X	X	
2031-2050	Ampliación de la Actual PTAR. Integración de 3er Módulo de 180 lps	X		X		X	X	

Fuente: elaboración propia.

Del análisis de la Matriz de Identificación de Riesgos, es evidente que la problemática asociada a temas económicos y administrativos es la más relevante, pues en todos los casos se espera que se presente algún riesgo de estos tipos.

Los riesgos que se estima se presentarán en menor cantidad son los legales, pues en la gran mayoría de los casos las acciones se realizarán sobre las calles y vialidades, y sólo en el caso de obras nuevas, principalmente en cuanto a los rebombes Norte y Sur, se ejecutarán en terrenos cuya adquisición sea necesaria, con las consecuentes implicaciones del tema, relativas sobre todo a afectaciones, indemnizaciones e incluso acciones de tipo expropiatoria por utilidad pública.

La posibilidad de que se presenten riesgos de tipo político se encuentra muy ligada a los riesgos de naturaleza social, principalmente por el manejo que se lleva a cabo en estos casos, por parte de algunas personas que lo asocian a tendencias y corrientes partidistas. Se estima que en el caso de los proyectos que consideran las redes de alcantarillado y las atarjeas, por su implicación en la comunidad, son los casos en donde se presentarán los riesgos citados.

En seguimiento a lo citado, de los riesgos más esperados se encuentran los sociales, excepto en el desarrollo de proyectos y estudios y en los trabajos ligados a la PTAR, pues su incidencia directa, respecto de las personas y de la comunidad, es nula. En el resto de los casos, las obras afectan de diversas formas a las personas y esto significa malestar y en ocasiones es motivo de protesta, a pesar de los evidentes beneficios y la durabilidad de los mismos.

4.2.2 Evaluación de riesgos.

Tomando como base la Matriz de Identificación de Riesgos, se llevó a cabo la evaluación de los mismos, clasificándolos en tres categorías: bajo, mediano y alto. Esta clasificación está asociada a



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

un código de colores de semáforo, donde el rojo corresponde a un riesgo alto, el color amarillo se asocia a un riesgo medio y el verde a uno bajo.

La calificación y evaluación de los riesgos se ejecutó para cada proyecto en particular, y su lectura e interpretación debe ser de tipo horizontal. Si bien los riesgos identificados pueden llegar a tener un papel decisivo en la ejecución y operación de una obra, su evaluación toma en cuenta la posibilidad de controlarlo o corregirlo, en caso de que se presente, sobre todo desde la posición del SIMAS Piedras Negras, como principal responsable.

Los resultados de la evaluación se presentan en la matriz de la tabla 27.

De la observación de la matriz de evaluación de riesgos se observa que los de tipo económico son los relevantes; y en los casos en donde se identifican riesgos legales, estos también entran en la categoría alta. En algunos casos los riesgos administrativos pueden representar un tema sobresaliente, principalmente asociados al tema de gestión de recursos económicos.

Los riesgos de tipo político y social son evaluados en general como riesgos moderados, mientras que los de carácter técnico y ambiental son considerados con un nivel bajo porque pueden evitarse o controlarse con apego a los ordenamientos legales y normativos de naturaleza ambiental, tanto en el ámbito federal como estatal y municipal, además de la consideración de manuales y guías técnicas y ambientales vigentes, instrumentos desarrollados por las dependencias involucradas en los temas en discusión.

Es importante destacar que la mayoría de los riesgos altos se presentan en los proyectos y obras considerados como prioritario y por ejecutarse en el 2021, principalmente por el corto tiempo para su gestión.

Tabla 27. Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Piedras Negras.

Periodo	Proyectos/Obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2022-2024	Plan integral de saneamiento y catastro de la red de Alcantarillado en SIG	X		X			X	X
	Proyecto ejecutivo para modificación de las áreas de influencia norte, sur y centro	X		X				
	Construcción de nuevo cárcamo de bombeo no. 3	X		X	X	X	X	X
	Construcción rebombeo norte y sur y líneas a presión con una longitud de 6.50 km	X	X	X	X		X	X
	Ampliación de la actual PTAR integración de módulo de 180 lps	X		X			X	
	Construcción de drenaje pluvial en la zona centro primera etapa (Puebla, Colón y Dr. Coss)	X	X	X	X		X	X
	Construcción de drenaje pluvial en la zona centro segunda etapa (Jiménez, Terán y Rayón)	X	X	X	X		X	X
	Rehabilitación colector Treviño Col. Presidentes	X		X	X	X		
	Ampliación colector calle Camino Viejo al Moral	X		X	X	X		
	Rehabilitación colector centenario Col. Bravo y Buenos Aires	X		X	X	X		
Rehabilitación red de atarjeas Col. González	X		X	X	X			



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Periodo	Proyectos/Obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
	Rehabilitación red de atarjeas y descargas domiciliarias zona centro	X		X	X	X	X	X
	Modificación red primaria alcantarillado en áreas de influencia norte, sur y centro	X		X			X	X
2025-2030	Ampliación colectores zonas de crecimiento NW, W y S de mancha urbana actual	X	X	X	X	X	X	X
	Ampliación de la actual PTAR. integración de 2do módulo de 180 lps	X		X		X	X	
2031-2050	Ampliación de la Actual PTAR. Integración de 3er Módulo de 180 lps	X		X		X	X	

Fuente: elaboración propia. Rojo alto, amarillo mediano, verde bajo.

4.2.3 Propuesta de mecanismos de mitigación.

Para los riesgos de tipo económico y administrativo los mecanismos de mitigación se ubican en el desarrollo de una estrategia de acción, que identifique y evalúe el abanico de posibilidades de financiamiento, la totalidad de requerimientos y el programa y la ruta crítica para su obtención. Una vez determinada la opción u opciones, debe tenerse un estricto apego y seguimiento de los lineamientos y reglas de operación para la obtención de recursos, ya sea provenientes de algún fondo, fideicomiso o programa, o de la banca de desarrollo, principalmente del BDAN.

En el aspecto legal, los mecanismos de mitigación de los riesgos se limitan a la observancia y respeto a los instrumentos de esta naturaleza, sobreponiendo el interés de la comunidad por el de particulares, pero sin pasar por encima de los derechos y garantías de los individuos. Para lograr una gestión exitosa de los riesgos legales, al igual que en el caso anterior debe desarrollarse una estrategia de acción que identifique y evalúe las diferentes opciones y alternativas de solución, no sólo a los problemas identificados y relacionados con permisos, compra de terreno o el pago de indemnizaciones, sino incluso en la adopción de organizaciones operativas en las que participe la iniciativa privada, principalmente en el caso de APP, aspectos que se analizan en el apartado 4.3. En todos los casos la solución debe pasar por el planteamiento de un programa de acción y ruta crítica para su cumplimiento.

El tema social logra subsanarse en la gran mayoría de los casos, informando y concientizando, sobre todo cuando no existen intereses de otra naturaleza, en cuyo caso deben identificarse los grupos sociales inmersos y sus respectivos líderes, con los cuales debe trabajarse por separado. El desarrollo de campañas de volanteo, notificación casa por casa, perifoneo y asambleas informativas, como las solicitadas por el BDAN, son alternativas que han demostrado buenos resultados. Las campañas pueden ser realizadas a través del área de Comunicación Social del SIMAS Piedras Negras, con apoyo especializado. La documentación oportuna y la conformación de memorias gráficas sobre las acciones emprendidas son recomendables y dan certeza a las estrategias ejecutadas, poniendo a disposición de las personas interesadas la documentación de carácter público, ya sea de manera material en una oficina determinada, o bien a través de medios electrónicos en un portal o micrositio específico.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Si bien el tema político fue evaluado como un riesgo moderado, debe tenerse en cuenta que la falta de voluntad en este aspecto, por parte de alguno de los actores, principalmente de los que operan recursos económicos, puede poner en peligro la realización de algún proyecto. En este sentido, la consideración del estado que guardan las relaciones políticas entre las partes es de suma relevancia para la definición de la estrategia a seguir en la gestión de recursos, por lo que el apoyo de entes especializados en el tema representa una opción que puede elevar las posibilidades de éxito en la incorporación o acceso a fondos.

Los riesgos de naturaleza técnica deben ser atendidos por las autoridades mediante el desarrollo adecuado de los términos de referencia correspondientes, considerando la normatividad, legislación y reglamentación aplicable, tanto de carácter técnico como legal-administrativo. Durante la ejecución de la obra, mediante la correcta supervisión técnica vigilando el apego al proyecto ejecutivo aprobado y el cumplimiento de las especificaciones técnicas solicitadas, tanto en el proceso constructivo, como en el suministro de materiales, implementando herramienta de gestión de obras (Construction Management), como Just in Time y el Sistema BIM (Building Information Modelling), independientemente del uso de las herramientas de la autoridad interna de control, como la Bitácora Electrónica y la presentación de informes avance y soportes técnicos, incluyendo memorias de cálculo y fotográficas y, de ser el caso, resultados de análisis de laboratorio.

En materia ambiental debe cumplirse con lo solicitado en los ordenamientos correspondientes, ya sea en el ámbito federal, en el caso de terrenos o proyectos de dicha responsabilidad, o de carácter estatal o municipal, cuando así corresponda. Deben presentarse los estudios de impacto ambiental en las modalidades que la legislación aplicable indique, llevando a cabo las condicionantes solicitadas por la autoridad ambiental, a través del resolutivo que al efecto se dictamine y entregando, en las fechas solicitadas, los reportes de cumplimiento y seguimiento.



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 problemática, solución e inversión de Piedras Negras, CO.	7
Tabla 2. Histórico registrado en cobertura de alcantarillado en Piedras Negras	11
Tabla 3. Capacidades de la PTAR.....	22
Tabla 4. Costos de operación y mantenimiento de la PTAR de Piedras Negras.	25
Tabla 5. Tarifas 2020 para los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.	27
Tabla 6. Indicadores financieros y contables del SIMAS Piedras Negras (2011-2014).	28
Tabla 7. Ficha técnica de la PTAR de Piedras Negras.	32
Tabla 8. Estado actual de la infraestructura de saneamiento.....	33
Tabla 9. Proyección de población servida por el SIMAS Piedras Negras	44
Tabla 10. Proyección de la demanda futura de saneamiento en la PTAR de Piedras Negras.	45
Tabla 11. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de colectores y redes de atarjeas.....	62
Tabla 12. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de estaciones de bombeo.	63
Tabla 13. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de ampliación de la actual PTAR.	63
Tabla 14. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de infraestructura complementaria.....	64
Tabla 15. Alternativas seleccionadas de colectores y redes de atarjeas.	65
Tabla 16. Alternativas seleccionadas de estaciones de bombeo.....	65
Tabla 17. Alternativa seleccionada para ampliación de actual PTAR.....	66
Tabla 18. Alternativas seleccionadas para drenaje pluvial.	67
Tabla 19. Relación de proyectos prioritarios (2022-2024) SIMAS Piedras Negras.	67
Tabla 20. Relación de proyectos a mediano plazo (2025-2030) SIMAS Piedras Negras.....	68
Tabla 21. Relación de proyectos a largo plazo (2031-2050) SIMAS Piedras Negras.....	68
Tabla 22. Fuentes de financiamiento propuestas para proyectos identificados en Piedras Negras	74
Tabla 23. Relación de programas en el ejercicio fiscal 2020.....	77
Tabla 24. Relación de fondos y fideicomisos en el ejercicio fiscal 2020.	78
Tabla 25 Relación de riesgos para la ejecución de proyectos.....	80
Tabla 26. Matriz de identificación de riesgos para la ejecución de proyectos en Piedras Negras. ..	80
Tabla 27. Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Piedras Negras.....	82



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Localización del municipio de Piedras Negras en el estado de Coahuila y colindancias	8
Ilustración 2. Esquema general del sistema de alcantarillado.....	12
Ilustración 3 Secuencia de vertido de alcantarillado.	13
Ilustración 4. Ubicación de las plantas de bombeo de aguas residuales a la PTAR de Piedras Negras.	14
Ilustración 5. Planta de bombeo número 3. Vista del conjunto de la estación de bombeo.....	15
Ilustración 6. Estación de bombeo número 3. Parte superior del cárcamo.....	16
Ilustración 7. Estación de bombeo número 3. Parte interior del cárcamo.	16
Ilustración 8. Estación de bombeo número 4. Parte exterior del cárcamo.	17
Ilustración 9. Estación de bombeo número 4. Parte interior del panel de control del cárcamo.....	17
Ilustración 10. Proyección del Gasto Medio Anual en la PTAR Piedras Negras.	18
Ilustración 11. Ubicación de la PTAR y sus áreas de aportación.	20
Ilustración 12. Esquema de la PTAR existente.	21
Ilustración 13. Ubicación relativa de la termoeléctrica de CFE José López Portillo (Carbón I) y Carbón II.....	23
Ilustración 14. Vista general de la PTAR de Piedras Negras.....	30
Ilustración 15. Instalaciones de llegada de aguas residuales de la PTAR de Piedras Negras.....	30
Ilustración 16. Canales de pretratamiento de aguas residuales y reactor biológico de la PTAR de Piedras Negras.....	30
Ilustración 17. Parrilla de aireación por insuflación (extendida) de la PTAR de Piedras Negras.	31
Ilustración 18. Decantación secundaria de la PTAR de Piedras Negras.	31
Ilustración 19. Vertedor de salida y comparación de agua cruda y tratada de la PTAR de Piedras Negras.	31
Ilustración 20. Espesador y deshidratado de lodos de la PTAR de Piedras Negras.	32
Ilustración 21. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención prioritaria y a corto plazo.	35
Ilustración 22. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención a mediano y largo plazo.	36
Ilustración 23. Ubicación y distancia de la PTAR al punto de descarga en el río Bravo.....	39
Ilustración 24. Ubicación y distancia del Relleno Sanitario de Piedras Negras.....	40
Ilustración 25. Proyección exponencial de caudales medidos y estimados en la PTAR de Piedras Negras.	44
Ilustración 26. Localización de la zona centro y cárcamo 3 de Piedras Negras.	48



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 27. Ubicación de instalaciones por rehabilitar en la colonia González y colectores Treviño y Centenario	48
Ilustración 28. Plantas de bombeo de aguas residuales Norte y Sur y nueva PTAR.	49
Ilustración 29 Elementos que conforman la excavación en zanja.	54
Ilustración 30. Rehabilitación del colector Treviño.....	69
Ilustración 31. Ubicación del nuevo cárcamo No. 3.....	70
Ilustración 32. Redistribución de zonas de influencia de estaciones de bombeo de aguas residuales.	71
Ilustración 33. Drenaje pluvial en la zona centro (primera etapa).	73
Ilustración 34. Drenaje pluvial en la zona centro (segunda etapa).....	73