



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

CIUDAD JUÁREZ
CHIHUAHUA

INFORME ESPECIAL

Agosto, 2021





COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

CONTENIDO

Resumen	4
1 Diagnóstico del sistema de saneamiento	7
1.1 Recopilación y análisis de la información.....	7
1.1.1 Sistema principal de alcantarillado	10
1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales	20
1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada.....	31
1.1.4 Generalidades	36
1.2 Diagnóstico de la infraestructura de los sistemas de saneamiento.....	38
1.2.1 Estado actual de la infraestructura de saneamiento (utilizando semáforo).....	38
1.2.2 Pertinencia de los manuales y políticas de operación	46
1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra	50
1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final	50
1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento	53
1.2.6 Capacidades financieras de los organismos.....	53
2 El déficit de saneamiento en la región.....	57
2.1 Comparación de capacidad de diseño contra demanda actual y futura	57
2.1.1 Demanda actual de saneamiento de aguas residuales	57
2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales	57
2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales.....	58
2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales.....	59
2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento.....	59
2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso	59
2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento.....	60
2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil.....	60
2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada	62
2.2.3 Incremento de la capacidad de las plantas de bombeo y PTAR.....	63
2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general.....	65
2.2.5 Mejora en la calidad del efluente para cumplir con la normatividad aplicable (y su manejo y disposición de lodos)	67
2.2.6 Cambios en los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento.....	67
3 Alternativas para atender la demanda futura de saneamiento en la región	68
3.1 Planteamiento de alternativas	68
3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	68
3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.....	71
3.1.3 Alternativas para plantas de tratamiento	72
3.1.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	74
3.1.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	75
3.2 Dimensionamiento de alternativas usando criterios de resiliencia	76
3.2.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	77
3.2.2 Alternativas para plantas de bombeo principales.....	78



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.2.3	Alternativas para plantas de tratamiento	79
3.2.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	80
3.2.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	81
3.3	Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas.....	82
3.3.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	82
3.3.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	83
3.3.3	Alternativas para plantas de tratamiento	83
3.3.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	84
3.3.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	84
3.4	Selección de las alternativas más convenientes	85
3.4.1	Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción.....	85
3.4.2	Alternativas para plantas de bombeo principales.....	86
3.4.3	Alternativas para plantas de tratamiento	86
3.4.4	Alternativas para infraestructura para el reúso de agua	87
3.4.5	Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	88
3.5	Integración de la cartera de acciones y proyectos.....	89
3.5.1	Acciones y proyectos para colectores principales y obras de captación y conducción 90	
3.5.2	Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales	93
3.5.3	Acciones y proyectos para plantas de tratamiento.....	93
3.5.4	Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua.....	94
3.5.5	Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación	94
4	Organización y alternativas de financiamiento.....	95
4.1	Análisis de opciones de organización y modalidades de financiamiento	95
4.1.1	Planteamiento de opciones de organización para la realización de estudios y proyectos.....	97
4.1.2	Planteamiento de opciones de organización para la ejecución	97
4.1.3	Planteamiento de opciones de organización para la operación y mantenimiento ..	98
4.2	Análisis de riesgos y formas de absorberlos o mitigarlos	101
4.2.1	Identificación de riesgos (construcción de matriz)	101
4.2.2	Evaluación de riesgos	104
4.2.3	Propuesta de mecanismos de mitigación	106
	Acrónimos.....	108
	Índice de tablas.....	109
	Índice de ilustraciones.....	111



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Resumen

El municipio de Juárez se encuentra ubicado en el extremo norte del estado de Chihuahua y es una de las siete entidades municipales de este estado, que hacen frontera con Estados Unidos. Limita al oeste con el municipio de Ascensión, al sur con el municipio de Ahumada y al sureste con el municipio de Guadalupe; al norte y noreste limita con los condados de Doña Ana (Nuevo México) y El Paso (Texas).

Ciudad Juárez, cabecera del municipio de Juárez, se localiza en el extremo norte de la entidad municipal, y en ella habitan más de 1.43 millones de personas. Por su ubicación forma parte de la Zona Metropolitana Binacional Ciudad Juárez-El Paso, la cual es la segunda zona metropolitana transnacional más grande entre México y Estados Unidos.

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 Ciudad Juárez, por lo que no se ha formulado ninguna Acta al respecto, de conformidad con la recomendación 4 del Acta 261, de fecha 24 de septiembre de 1979.

No obstante lo anterior, Ciudad Juárez 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 no se le restringe para recibir apoyo para consolidar su proyecto de infraestructura de manejo y tratamiento de aguas residuales.

El municipio de Juárez presta el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (saneamiento) a la población de la entidad, a través del organismo operador y administrador del agua, descentralizado del Gobierno del Estado, denominado Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (JMAS Juárez).

Se estima que, en términos generales, la red de alcantarillado de la zona metropolitana de Ciudad Juárez cuenta con más de 4500 km lineales, incluyendo atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, de los cuales más del 40 % se encuentran en la última etapa de su vida útil y es necesaria su reposición o rehabilitación.

El Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Juárez ha sido objeto de varios estudios, proyectos y obras en los últimos 23 años, comenzando con el Proyecto de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Norte y Sur y Obras Complementarias de Alcantarillado (1997), 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 las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur. Destaca la elaboración del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez (2000), y su posterior actualización (2013).

Se considera que la cobertura del servicio de alcantarillado es superior al 95 %, beneficiando a una población por encima de los 1.3 millones de habitantes, a través del acopio y manejo de más de 400,000 descargas domiciliarias.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Se estima que actualmente en Ciudad Juárez existen más de 40 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR); sin embargo, el saneamiento de dichos fluidos, a cargo de la JMAS Juárez, se realiza a través de cinco PTAR, con una capacidad instalada de 4,187.20 lps. Las plantas Anapra y Laguna de Patos son operadas por la JMAS Juárez, mientras que las PTAR Norte y Sur están bajo la operación de la empresa Concesionaria de Aguas Residuales de Ciudad Juárez, S.A. de C.V. En cuanto a la PTAR Sur-Sur es operada por una empresa de propósito específico, denominada Tratamiento de Aguas Residuales de Juárez, S.A. de C.V.

Todas las PTAR emplean el sistema de lodos activados. La Norte, Sur y Sur-Sur operan con la modalidad de alta carga, mientras que la Anapra utiliza el método de aireación extendida, y la PTAR Laguna de Patos usa la variante convencional del mismo sistema de lodos activados. Las plantas Norte y Sur cuentan con aproximadamente 23 años de operación, mientras que las PTAR Anapra, Laguna de Patos y Sur-Sur tienen 10, 8 y 2 años de operación, respectivamente. Considerando que actualmente el influente en conjunto de las cinco PTAR es de 3,619.20 lps, se tiene una cobertura del 100 % de tratamiento de las aguas residuales.

Se destaca que prácticamente el 100 % de las aguas tratadas se emplean en algún proceso, siendo el riego agrícola el principal reuso. No obstante, una fracción se utiliza tanto en la industria de materiales prefabricados para construcción (Panel Rey, S.A. de C.V.), como en el proceso de generación de energía en la termoeléctrica Samalayuca, ubicada al poniente del poblado del mismo nombre.

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 Ciudad Juárez 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 de hasta el 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 25 %.

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 del tipo de estudio, proyecto u obras, los riesgos asociados a los temas económico y administrativo son los más relevantes, principalmente para proyectos prioritarios (2021). El apego a los lineamientos y reglas de operación para la obtención de recursos, a través de una ruta crítica y su seguimiento, representan los principales mecanismos de mitigación de los citados riesgos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 1. Resumen problemática, solución e inversión, Ciudad Juárez, CH

Problemática	<p>La red de alcantarillado en Ciudad Juárez cuenta con más de 100 años de antigüedad, principalmente en la zona del centro histórico, con todos los problemas de contaminación de cauces naturales de la ciudad y derrames esporádicos al río Bravo; por fugas y derrames en diversas zonas de la ciudad se requiere rehabilitación, ampliación y construcción de nueva infraestructura.</p> <p>Los cruces de la red de alcantarillado con algunos elementos de la infraestructura vial se encuentran en mal estado; para evitar que las tuberías sufran colapso por el sobrepeso y el impacto del tráfico es necesario reforzarlos. Desafortunadamente esta situación es recurrente, por lo que se han presentado puntos de fuga.</p> <p>Al no contar con drenaje pluvial, el sistema de saneamiento se encuentra en general vulnerable en época de lluvias, en virtud de que en las zonas de inundación o encharcamiento la población destapa los pozos de visita para desalojar el agua, lo que provoca entrada de azolve e incremento de la carga hidráulica en las tuberías, lo cual las lleva al colapso, provocando hundimientos y socavones en las calles y derrames que pueden llegar al río Bravo; la falta de canalización de las aguas pluviales ha ocasionado sobrecarga a la red de drenaje, provocando fallas: en la zona centro es preciso conducir adecuadamente las aguas pluviales hacia las acequias más cercanas.</p> <p>Se presentan problemas operativos y constantes paros en algunos rebombes de aguas negras (RAN): 2, 7, 8, 11, 12, entre otros, por lo que es necesario llevar a cabo su diagnóstico y rehabilitación.</p> <p>En virtud del crecimiento de la mancha urbana, se ha alcanzado la capacidad de tratamiento, por lo que es preciso ampliarla.</p>
Solución	<p>Es necesario desarrollar acciones paralelas que atiendan cinco aspectos. Por una parte, la sustitución y rehabilitación de las redes de alcantarillado y drenaje, atendiendo de manera prioritaria las zonas más antiguas y en desarrollo. Por otro lado, fortalecer la forma en que se maneja el agua residual (sistemas y cuencas), dotándolos de capacidad de bombeo e infraestructura para hacer llegar el fluido residual hasta las PTAR correspondientes.</p> <p>Asimismo, es preciso llevar a cabo la ampliación de la PTAR Sur-Sur, duplicando su capacidad actual, y analizar la mejora en el proceso de tratamiento de las plantas Norte y Sur, elevando la calidad del efluente; para atender las necesidades de saneamiento de largo plazo en la zona de desarrollo al surponiente de Ciudad Juárez, será necesaria la construcción y entrada en operación de la PTAR El Chaparral, con una capacidad instalada de tratamiento de 400 lps, para el año 2034.</p> <p>Es necesario también 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 problemas en las obras de desalajo y control. Finalmente se requiere desarrollar acciones para contrarrestar el déficit de infraestructura en la distribución de aguas tratadas.</p>
Inversión	<p>Se presenta una cartera de acciones y proyectos para atender la demanda de saneamiento en Ciudad Juárez, CH., al 2050, por un total de 11,590 mdp para llevar a cabo 27 acciones, de las cuales 15 atenderán la problemática de colectores y emisores, con una inversión de 7372 mdp, dos serán para plantas de bombeo y rebombeo, con una inversión de 358 mdp, cuatro acciones para plantas de tratamiento de aguas residuales, con una inversión de 990 mdp, tres para sistema de reúso, con una inversión de 171 mdp, y finalmente tres acciones destinadas a infraestructura complementaria, con una inversión de 2700 mdp .</p>

Fuente: elaboración propia



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

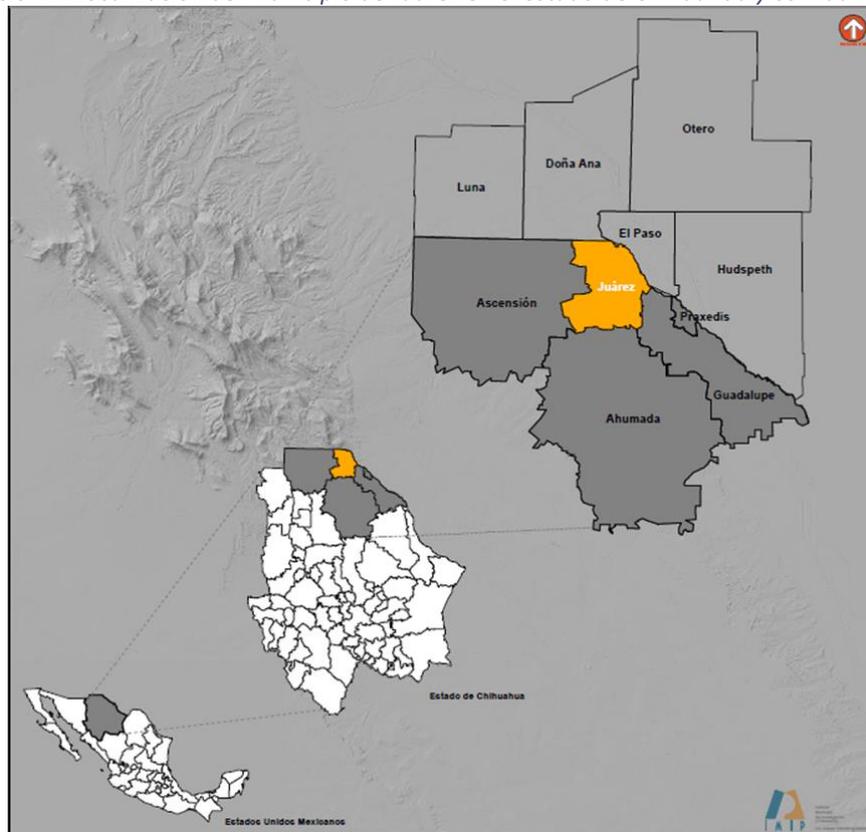
1 Diagnóstico del sistema de saneamiento

1.1 Recopilación y análisis de la información

El municipio de Juárez se ubica en el extremo norte del estado de Chihuahua, junto con otros 66 municipios conforma la citada entidad federativa. Juárez es uno de los siete municipios del Estado que hacen frontera con Estados Unidos. Se localiza entre las coordenadas geográficas extremas 31° 07'-31° 48' de latitud norte, y 106° 10'-106° 58' de longitud oeste; se encuentra a una altitud media de 1400 metros sobre el nivel del mar, y cuenta con una extensión territorial de 3,561.14 kilómetros cuadrados.

Limita al oeste con el municipio de Ascensión, al sur con el municipio de Ahumada y al sureste con el municipio de Guadalupe; al norte y noreste limita con Estados Unidos, específicamente con el condado de Doña Ana (Nuevo México) y con el condado de El Paso (Texas).

Ilustración 1. Localización del municipio de Juárez en el estado de Chihuahua y colindancias



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2018-2021 Municipio de Juárez. Acuerdo No. 024/2019

Si bien el municipio de Juárez no tiene una extensión territorial muy amplia, pues sólo representa el 1.4 % de la extensión del estado, el 99 % de la población que habita la entidad se localiza en la cabecera municipal Ciudad Juárez. Por su ubicación forma parte de la Zona Metropolitana Binacional Ciudad Juárez-El Paso, la cual es la segunda zona metropolitana transnacional más grande entre México y Estados Unidos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

En sentido estricto, el límite noreste del municipio de Juárez, que comparte con el condado de El Paso (Texas), lo conforma el río Bravo, elemento del medio natural y marco físico que, a partir de esta ubicación, representa la frontera entre México y Estados Unidos. Por su ubicación, Ciudad Juárez se considera una población fronteriza y ribereña.

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 tiene sobre todo 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 (CILMA), 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 a 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 una 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 CILMA, como parte de su atención preferente a los problemas fronterizos de saneamiento, no ha identificado de manera particular una anomalía de dicha naturaleza para Ciudad Juárez, por lo que no se ha formulado ninguna Acta al respecto, de conformidad con la recomendación 4 del Acta 261, de fecha 24 de septiembre de 1979.

No obstante lo anterior, Ciudad Juárez 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 no se le restringe para recibir apoyo para consolidar su proyecto de infraestructura de manejo y tratamiento de aguas residuales.

En este sentido, destaca la formulación del oficio N. CEU/JUA/0427/17, de fecha 7 de abril del 2017, elaborado por la Sección Mexicana, respecto a siete eventos relacionados con descargas de aguas residuales en diversas vialidades y glorietas cercanas a la frontera (intersecciones Villa Ocampo y Canutillo, Coyotla y Río Bravo, Bellavista y Río Bravo, Arroyo El Mimbres y Nadadores y la Glorieta Arroyo de las Víboras y Norzagaray), sucedidos entre el 6 de junio del 2016 y el 5 de abril del 2017. En dicho instrumento se solicita a la JMAS Juárez su inmediata intervención en la solución de los problemas presentados y la formulación de acciones para evitar su recurrencia.

Para el desarrollo del informe de Ciudad Juárez, como parte de la Formulación del Programa de Saneamiento de las Fronteras Norte a Nivel de Gran Visión, fueron recopilados y analizados los documentos que se enlistan a continuación:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Nacionales (Gobierno de la república, SEMARNAT y CONAGUA)

- Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024.
- Presupuesto de Egresos de la Federación, ejercicio 2019 y 2020.
- Programa Nacional Hídrico 2020-2025.
- Programa Hídrico Regional 2014-2018 de la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo.
- Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2019.
- Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos de Oxidación Bioquímica con Biomasa Suspendeda. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
- Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario. CONAGUA (2012).
- Normas Oficiales Mexicanas : NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004-SEMARNAT-2002.
- Rutas de Instrumentación de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas en Materia de Mitigación de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del Sector Aguas Residuales de México. Proyecto 85488 PNUD-INECC. 2018.
- Indicadores de Gestión Prioritarios en Organismos Operadores. IMTA-CONAGUA. 2016.
- Energía limpia del agua sucia: Aprovechamiento de lodos residuales. IMTA-CONAGUA. 2017.
- Regulación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en México. IMTA. 2017.

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 Chihuahua

- Plan Estatal Hídrico de Chihuahua 2020-2040. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Chihuahua. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Plan Estatal de Desarrollo 2017 Chihuahua. Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Ley del Agua del Estado de Chihuahua. (Decreto 492/2011). Última Reforma 13 de marzo del 2019).
- Reglamento para los Servicios Públicos de Agua Potable y Saneamiento del Estado de Chihuahua. 2017.

Municipio de Juárez

- Plan Municipal de Desarrollo de Juárez 2018-2021.
- Informe de Servicios Públicos Juárez. -Plan Estratégico de Juárez, A.C.
- Radiografía socioeconómica del municipio de Juárez 2019. IMIP.
- Actualización del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chihuahua. 2012 JMAS Juárez.
- Proyecto de Alcantarillado, Saneamiento y Reúso de Aguas Tratadas en Anapra, municipio de Juárez, Chihuahua, México. COCEF.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Plan Maestro de Desarrollo Urbano del Centro Histórico. IMIP.
- Plan de Desarrollo Urbano Sostenible. IMIP 2016.
- Plan de Desarrollo Urbano Zona Poniente de Ciudad Juárez. IMIP. 2002.
- Ley de Ingresos del Municipio de Juárez para el Ejercicio Fiscal 2020.
- Reglamento Interior de Trabajo de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez, Chih. 2000.

1.1.1 Sistema principal de alcantarillado

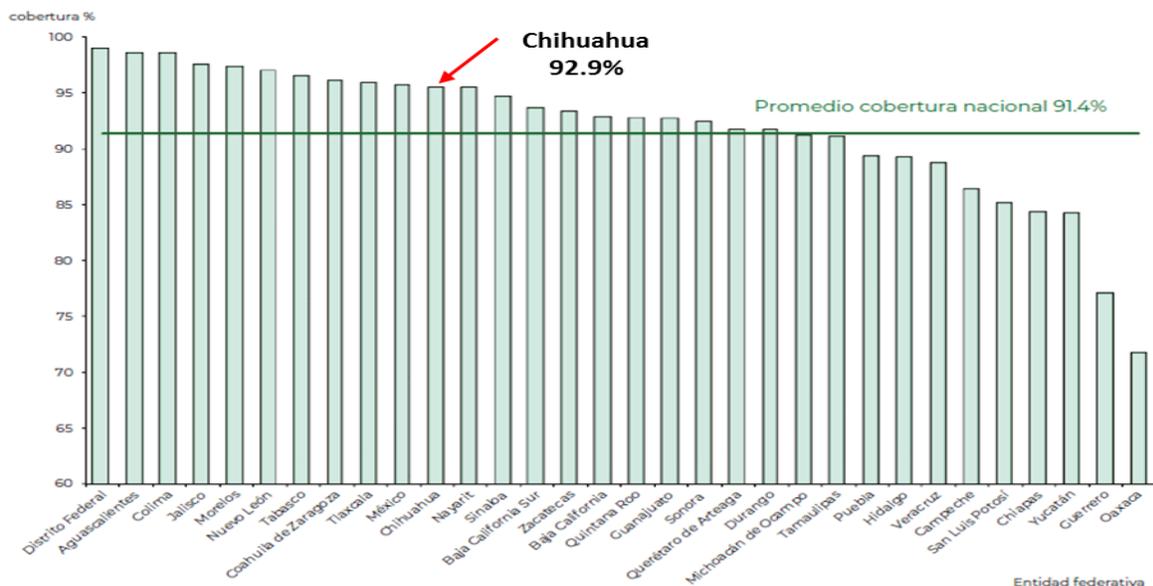
1.1.1.1 Cobertura de drenaje sanitario

Tomando como base la información inmersa en la Radiografía Socioeconómica del Municipio de Juárez, editada por el IMIP (2019), se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Juárez cuenta con una cobertura superior al 95.9 % (2018), beneficiando a una población superior a los 1.3 millones de habitantes, a través del acopio y manejo de 466, 561 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 recién pobladas y periféricas de la ciudad, ubicadas hacia el sursureste, poniente y surponiente de la mancha urbana actual (2020).

El porcentaje de cobertura se ha ido incrementando gradualmente, de valores entre 86.07 % y 92.55 %, en el 2009 y 2012, hasta llegar a 95.9 % en el año 2018. Se estima que en este momento (2020), la cobertura del sistema de alcantarillado debe ser superior al 97 %, de acuerdo con la JMÁS de Ciudad Juárez.

Aun considerando el valor de 95.9 % (2018), esta cobertura de alcantarillado se encuentra por encima, tanto de la media nacional del 91.4 %, como de la media del estado de Chihuahua del 92.9 % (CONAGUA, 2019).

Ilustración 2. Cobertura de alcantarillado por entidad federativa (%)



Fuente: Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA 2019



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

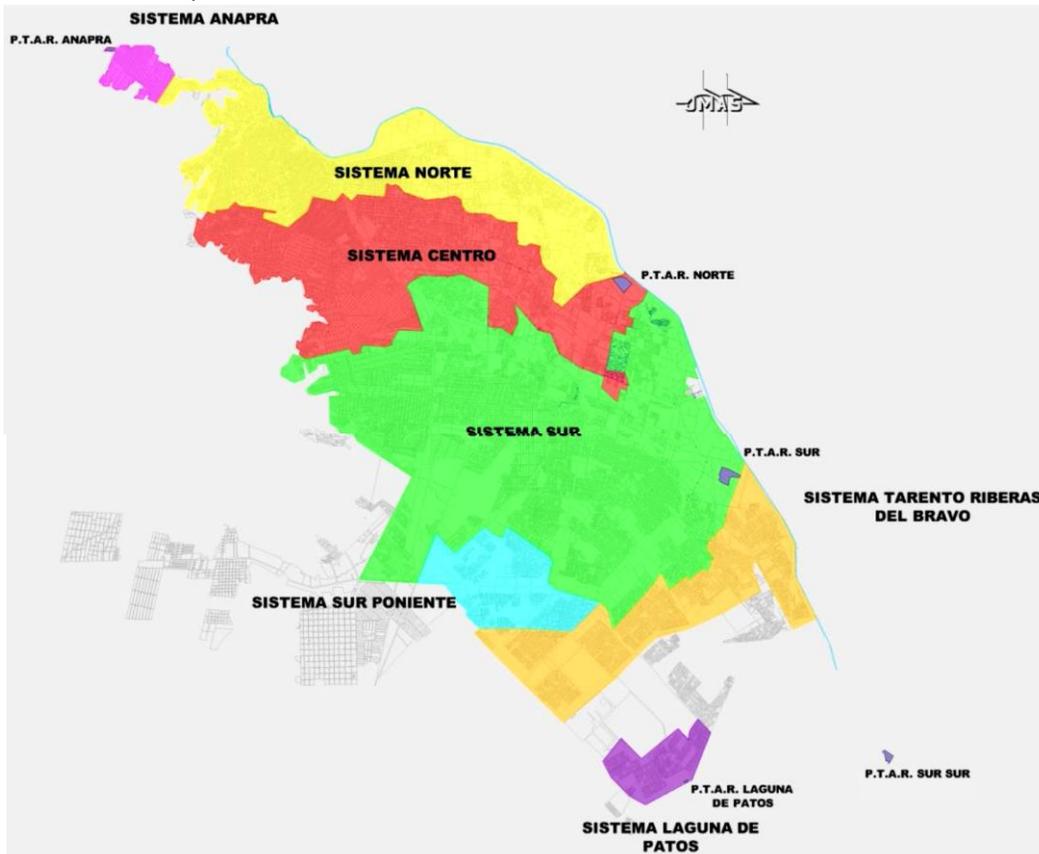
1.1.1.2 Red primaria de alcantarillado (colectores, subcolectores y emisores)

Se estima que en términos generales la red de alcantarillado de la zona metropolitana de Ciudad Juárez cuenta con más de 4500 km lineales, incluyendo atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, de los cuales más del 40 % se encuentra en la última etapa de su vida útil y es necesaria su reposición o rehabilitación

De acuerdo con evaluaciones de la JMAS Juárez, la red primaria de alcantarillado actualmente se encuentra en malas condiciones, sobre todo en la zona centro, toda vez que no existe un programa general de mantenimiento preventivo para la conservación del estado operativo de la infraestructura, sólo acciones de reparación en las fallas que son reportadas o identificadas.

La lógica del desarrollo del sistema de alcantarillado sanitario ha tenido como uno de sus criterios preponderantes conducir la totalidad de las aguas residuales que se generan a los sistemas de tratamiento, conformados actualmente por las cinco plantas de tratamiento a cargo de la JMAS Juárez. La evolución del sistema permitió desde hace tiempo dejar de utilizar las conducciones a cielo abierto (acequias, drenes y canales), pasando a conductos cerrados (colectores) que evitan la contaminación del medio ambiente.

Ilustración 3. Esquema General del Sistema de Alcantarillado de Ciudad Juárez en 2012



Fuente: Actualización del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chihuahua, 2012



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

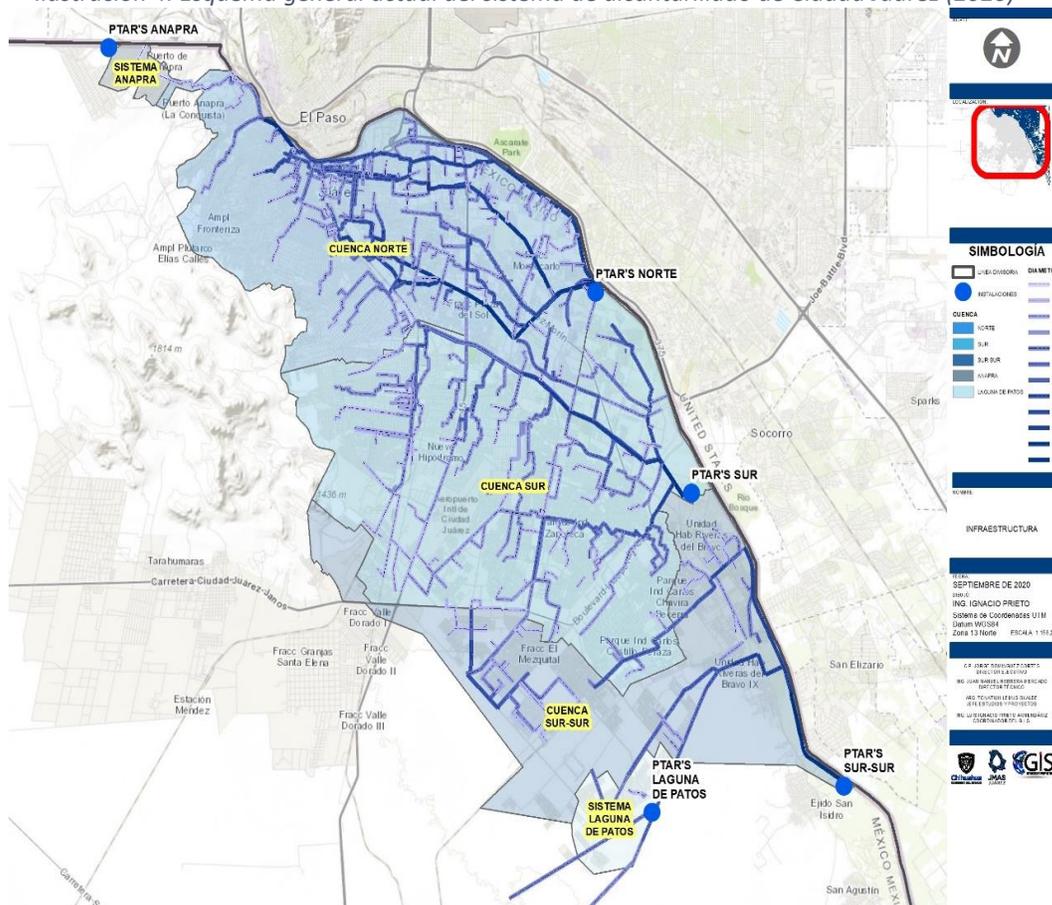
En la actualización del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chihuahua (2012), se estableció que el Sistema General de Alcantarillado de Ciudad Juárez estaba conformado por siete sistemas.

- Sistema ANAPRA, que descarga en la PTAR del mismo nombre.
- Sistema Norte, que descarga en la PTAR Norte.
- Sistema Centro, que descarga en la PTAR Norte.
- Sistema Sur, que descarga en la PTAR Sur.
- Sistema Surponiente, que descarga en la PTAR Sur.
- Sistema Tarento-Riberas del Bravo, que vierte a canal de riego.
- Sistema Laguna de Patos, que descarga a la PTAR del mismo nombre.

Actualmente el Sistema de Alcantarillado cuenta con redes de atarjeas, subcolectores, colectores, rebombos de aguas negras, conocidos por sus siglas como RAN, interceptores y emisores, organizados en cinco sistemas o cuencas, a partir de la planta de tratamiento a la cual descarga cada uno, incluyendo, además, algunas descargas directas a los cárcamos de bombeo de las propias plantas de tratamiento de aguas negras.

El esquema general actual del sistema de alcantarillado se observa en la ilustración 4.

Ilustración 4. Esquema general actual del sistema de alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)



Fuente: JMAS Juárez, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Los diámetros de los subcolectores, colectores, interceptores y emisores que conforman el sistema de alcantarillado varían desde 30 hasta 244 cm. Estos reciben aportaciones desde zonas de atarjeas, en donde los últimos cuentan con diámetros desde 15 cm, de acuerdo con la información documental recopilada.

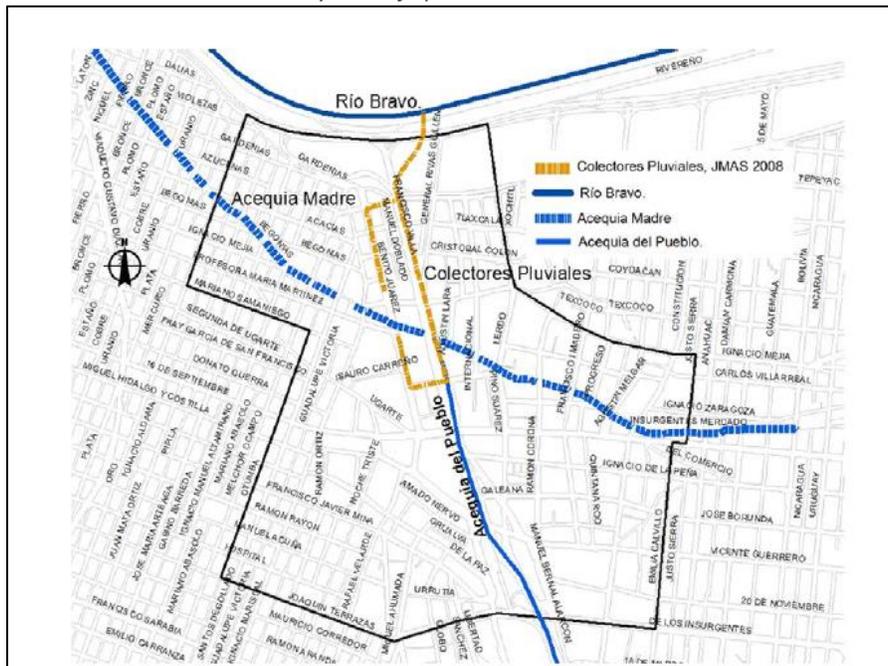
Con base en la distribución de los sistemas por cuencas, establecidos en la ilustración 4, y el esquema funcional del sistema de alcantarillado actual, a continuación se presenta la tabla 2, donde se establecen algunas de las principales características de cada uno de los cinco sistemas por cuencas.

Tabla 2. Características principales de los sistemas de la red de alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)

Sistema cuenca	Superficie aprox. (ha)	Puntos de descarga	Subsistemas
Anapra	352.88	PTAR Anapra	Colector Salmón
Norte	10,079.76	PTAR Norte	El dren de interceptación y el dren Marginal 1 Norte. Ambos vierten a la PTAR Norte Colector Juárez Porvenir, colector de La Labranza, colector Ejército Nacional Poniente, colector Villarreal Torres, colector Ortiz Rubio y colector Ejército Nacional Oriente
Sur	13,643.65	PTAR Sur, colector de descarga y canal de interceptación	Salvarcar, colector 2-A margen derecha, colector 2-A margen izquierda y colector Lote Bravo RAN 8, RAN 19, RAN 4, RAN 9 y RAN 20
Sur-Sur	3,079.04	PTAR Sur-Sur	Colector Sur-Sur, Tarento y etapas de Riberas del Bravo
Laguna De Patos	646.51	PTAR Laguna de Patos	Colector Oriente XXI
Total	27,801.84		

Fuente: Elaboración propia con base en la actualización del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chihuahua, 2012, e información de la JMAS Juárez (2020)

Ilustración 5. Red de alcantarillado y drenaje pluvial de la zona centro de Ciudad Juárez



Fuente: Actualización del Plan Maestro para mejoramiento de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en Juárez, Chih., 2012

Es importante destacar que si bien la zona Centro de Ciudad Juárez presenta una cobertura total de red de drenaje sanitario, más del 60 % de sus colectores registran algún tipo de daño, ya son obsoletos y tienen sobrecarga por problemas de inundaciones, debido a la falta de drenaje pluvial, aunado a que la población tira basura en la calle y esto provoca taponamientos en los pozos de visita.

En esta zona se presentan problemas graves de inundaciones, por lo que se ha estado trabajando en diversos proyectos que permitan desalojar las aguas pluviales hacia los canales existentes (Acequia del Pueblo y Acequia Madre), evitando así que se dañe la red de drenaje. En la ilustración 5 se presenta la configuración del sistema de alcantarillado de la zona centro y su drenaje pluvial.

1.1.1.3 Sitios de descarga y disposición final

El sistema natural de escurrimiento de Ciudad Juárez descarga sus aguas al río Bravo, dada la morfología de la zona. En sus inicios el área de aportación descargaba directamente al río Bravo. Sin embargo, con la canalización del dren 2 A y la construcción de las cinco PTAR, las aguas tratadas descargan al dren Interceptor del Distrito de Riego 009, donde se aprovechan en zonas de cultivo y los excedentes se conducen en forma paralela al río Bravo hasta su descarga en terrenos nacionales, donde se infiltran y evaporan tras recorrer una distancia cercana a los 100 km.

Bajo esta circunstancia natural, el sistema de alcantarillado de la ciudad recolecta las aguas de la ciudad y las conduce a los cinco diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales, localizados desde el noroeste hasta el sureste de la ciudad, prácticamente sobre la ribera mexicana del río Bravo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El sistema de colectores de la ciudad tiene como destino final las plantas de tratamiento de aguas residuales, que se describen en los siguientes apartados. Las PTAR Norte, Sur y Sur-Sur descargan sus aguas tratadas directamente a canales de riego y de ahí al dren Interceptor.

En el caso de la PTAR de ANAPRA, el destino final es parcialmente la presa Benito Juárez, y otra porción se conduce mediante bombeo a la PTAR Norte. Asimismo, la PTAR de Laguna de Patos descarga sus aguas tratadas mediante una línea morada a la industria instalada en la zona Sur, en las cercanías de esta y en la termoeléctrica Samalayuca.

La PTAR Norte es el sitio de descarga del colector Norzagaray, mismo que concentra las aguas residuales de los sectores norte y centro y demasías de Colonia Anapra; una vez tratadas se distribuyen por red morada y una parte al dren agrícola 1A.

La PTAR Sur recibe las aguas residuales de los sistemas Sur, Surponiente y, una vez tratadas, se descargan a los canales de riego del Distrito 009, Valle de Juárez.

La PTAR Sur-Sur, a través del colector Sur-Sur de 60" y 72" de diámetro, que está ubicado en la margen derecha del dren Interceptor recibe las aguas residuales, las cuales una vez tratadas se descargan a los canales agrícolas del Distrito 009, Valle de Juárez.

La PTAR Laguna de Patos recibe las aguas residuales mediante el colector Oriente XXI, que se ubica en el Sistema Laguna de Patos; una vez tratada el agua se distribuye por red morada.

1.1.1.4 Sistemas de bombeo principales

El Sistema de Drenaje y Alcantarillado de Ciudad Juárez opera actualmente con 27 estaciones de bombeo de aguas residuales, denominadas RAN (rebombeo de aguas negras), distribuidos por cada sistema o cuencas, como se establece en la tabla 3.

Tabla 3. Distribución de EBAR por sistema o cuenca de la red de alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)

Sistema Cuenca	Superficie aprox. (ha)	Puntos de descarga	Rebombeos de aguas negras (RAN)
ANAPRA	352.88	PTAR ANAPRA	30
NORTE	10,079.76	PTAR NORTE	1, 2, 12, 16, 17 y 23
SUR	13,643.65	PTAR SUR, COLECTOR DE DESCARGA Y CANAL DE INTERCEPTACION	4, 6, 7, 8, 9, 11, 15, 18, 19, 20, 24, 25, 26 y 27
SUR-SUR	3,079.04	PTAR SUR-SUR	10, 13, 14, 21, 22 y 29
Total	27,801.84		27

Fuente: elaboración propia con base en la actualización del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chihuahua, 2012, e información de la JMAS Juárez (2020)

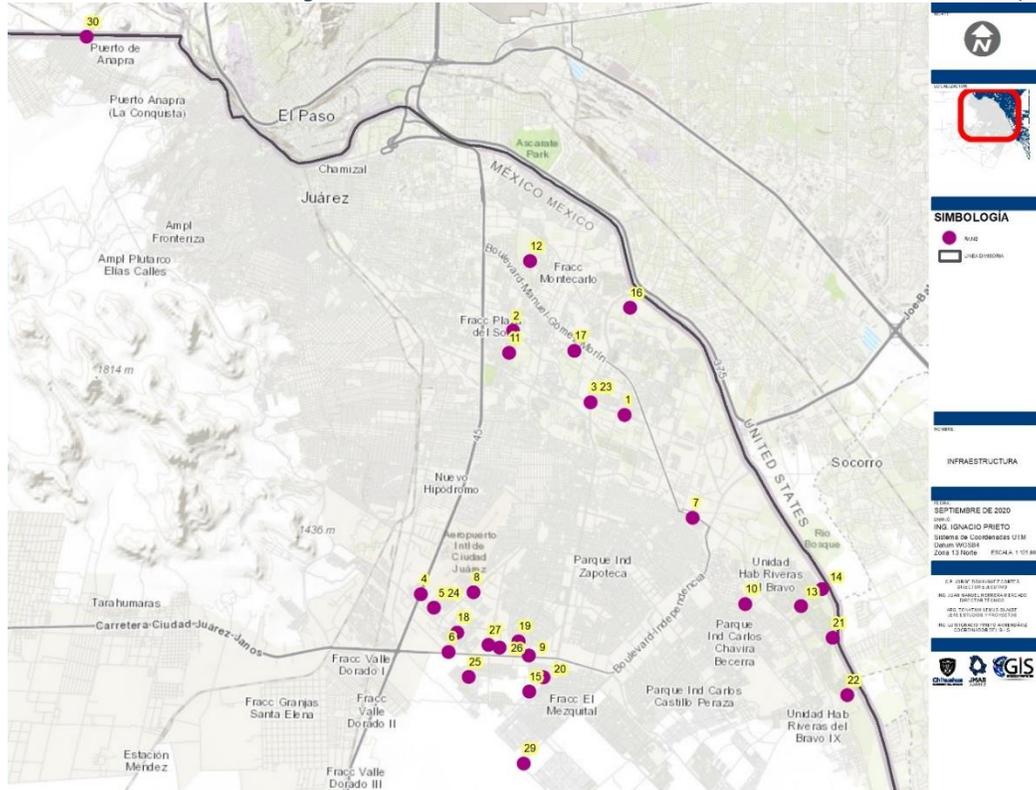
Se destaca que sólo el sistema o cuenca Laguna de Patos no cuenta con algún RAN, por lo que su operación es por gravedad. Sin embargo, el Sistema Sur, cuyo punto de descarga en la PTAR del mismo nombre tiene 14 RAN, que representan más del 50 % de estas instalaciones. El Sistema Anapra sólo cuenta con una EBAR.

La localización de los RAN se establece en la ilustración 6.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 6. Distribución general de los RAN del Sistema de Alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)



Fuente: JMAS Juárez, 2020

Como fue citado, el sistema o cuenca Anapra cuenta con una estación de bombeo de aguas residuales (PBAR), localizada aproximadamente a 1.5 km de la PTAR. Dicha planta tiene un sistema de desbaste previo al bombeo, donde se impulsan las aguas residuales tratadas. Originalmente estaba previsto que estas aguas tratadas llegarían a los sistemas de riego de parques y jardines, y en caso de emergencia al colector nadadores. Sin embargo, actualmente el sistema de riego no opera por razones sociales, lo que obliga a bombear a la presa Benito Juárez y al colector Nadadores, que descarga a la PTAR Norte, representando un verdadero desperdicio.

Existe en la zona sureste una serie de rebombes que llevan las aguas residuales a la planta de bombeo Tarento (RAN 29), que tiene una capacidad para 1000 lps, y actualmente trabaja con 250 lps que se mandan a la PTAR Sur.

Las principales características de equipamiento, en cuanto a cantidad de bombas, potencia y capacidad de bombeo de los RAN, se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Características principales de equipamiento de RAN en Ciudad Juárez (2020)

RAN	Capacidad de motor	Marca de bombas	Capacidad de bomba en galones/minuto	Cantidad de bombas x sitio
RAN 1	15 HP.	TSURUMI	726.48	1
RAN 2	10 HP.	TSURUMI	651.00	2
RAN 4	15 HP.	TSURUMI	1,452.95	1
RAN 6	10 HP.	TSURUMI	597.00	2
RAN 7	15 HP.	TSURUMI	726.48	2
RAN 8	15 HP.	TSURUMI	726.48	2



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

RAN	Capacidad de motor	Marca de bombas	Capacidad de bomba en galones/minuto	Cantidad de bombas x sitio
RAN 9	15 HP.	TSURUMI	726.48	2
RAN 11	15 HP.	TSURUMI	726.48	2
RAN 12	15 HP.	TSURUMI	726.48	2
RAN 13	30 HP	AURORA	2,700.00	2
RAN 14	30 HP	AURORA	2,700.00	2
RAN 15	60 HP	GORMAN	250.00	2
RAN 16	10 HP	TSURUMI	651.00	2
RAN 18	25 HP	TSURUMI	725.00	2
RAN 19	5 HP	TSURUMI	880.00	2
RAN 20	30 HP	AURORA	3,300.00	1
RAN 21	15 HP	TSURUMI	726.48	2
RAN 23	15 HP	TSURUMI	1,452.95	2
RAN 25	15 HP	TSURUMI	880.00	2
RAN 24	50 HP	GORMAN	250.00	3
RAN 26	15 HP	TSURUMI	726.48	2
RAN 27	10 HP	TSURUMI	597.00	2

Fuente: elaboración propia con base en información de la JMAS Juárez (2020)

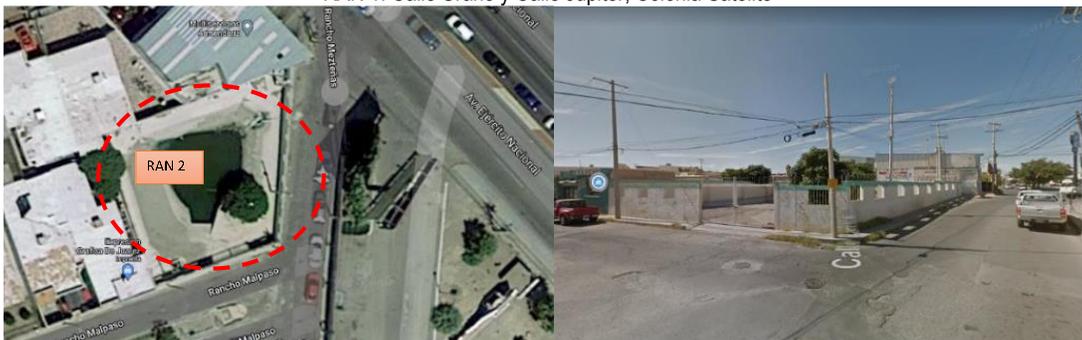
Con base en la información proporcionada por la JMAS Juárez, es posible establecer que la mayor capacidad de bombeo se ubica en los RAN 13, 14 y 20, con 2700 gpm, para los dos primeros, y 3300 gpm para el último. La menor capacidad de bombeo la tienen los RAN 15 y 24, con 250 gpm, cada uno.

En la serie de imágenes que comprenden de la ilustración 7 a la 9, se presentan la vista de planta y fachada de algunos de los RAN que componen el Sistema de Rebombeo de Aguas Negras en Ciudad Juárez, incluyendo vistas de los equipos de bombeo.

Ilustración 7. Ubicación de RAN del Sistema de Alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)



RAN 1. Calle Urano y Calle Júpiter, Colonia Satélite



RAN 2. Calle Rancho Malpaso y Rancho Mesteñas, colonia Pradera Dorada



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS



RAN 9. Libramiento Aeropuerto y Calle Yepomera, colonia Lázaro Cárdenas



RAN 13. Calle Rivera del Salado, frente a Av. Siglo XXI, colonia El Sauzal



RAN 15. Prolongación Av. Las Torres, colonia Independencia I



RAN 16. Calle Camino Ortiz Rubio, colonia Valle del Sol



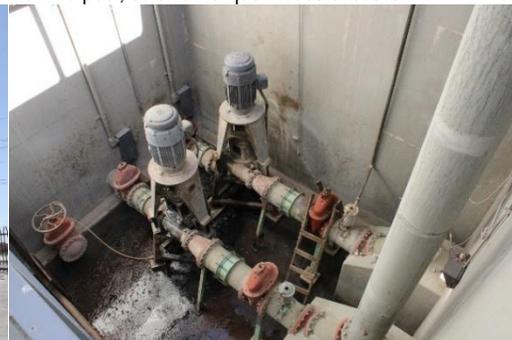
RAN 19. Calle Desierto de Arizona, colonia Haciendas de las Torres



RAN 21. Calle Agua Blanca y calle del Florido, colonia Riveras del Bravo



RAN 27. Avenida Miguel de la Madrid y Calle Río Liverpool, colonia Parque Industrial Juárez



RAN 29. Avenida Miguel de la Madrid y bulevar Independencia

Fuente: elaboración propia con base en Google Earth e información de JMAS Juárez, 2020

1.1.1.5 Volúmenes y tipo de aportaciones de aguas residuales

Se estima que el volumen de agua captada en el sistema de drenaje sanitario asciende a un poco más de 192.5 millones de m³, anualmente, lo que significa una aportación diaria al sistema de alcantarillado de 525,000 m³ de aguas domiciliarias y de servicios, e incluso de industriales tratadas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

a nivel primario. En el primer caso, provenientes de una población de cerca de 1.5 millones de habitantes.

Se estimó el volumen de aguas residuales generadas en Ciudad Juárez, mediante el siguiente cálculo:

Considerando el registro de medición de caudales de agua potable, suministrada a la población para el año 2018, la cual alcanzó la cantidad de 192.5 millones de m³, anualmente, volumen que representa un caudal instantáneo de suministro de 525,000 m³, y que, de acuerdo con indicadores generales, la generación de agua residual oscila entre el 70 y 75 % del agua potable suministrada; el gasto de agua residual producida estaría entre 367.5 y 393.75 m³. Estas aportaciones equivalen a una descarga de aguas residuales captadas por el sistema de 346 l/hab/día.

Por otra parte, si se toma como valor mínimo de generación de aguas residuales el volumen de agua tratada en las PTAR, medidas a través de medidores de flujo, el cual fue para el 2018 de 192.5 millones de m³, resulta en un gasto instantáneo de 461.79 lps.

1.1.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales

1.1.2.1 Cobertura de tratamiento de aguas residuales

El Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Ciudad Juárez ha sido objeto de varios estudios, proyectos y obras en los últimos 23 años, iniciando con el Proyecto de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Norte y Sur y Obras Complementarias de Alcantarillado (1997), 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 las actuales plantas de tratamiento de aguas residuales Norte y Sur.

Las plantas Norte y Sur cuentan con aproximadamente 23 años de operación, mientras que las PTAR Anapra, Laguna de Patos y Sur-Sur tienen 10, 8 y 2 años de operación, respectivamente.

El saneamiento de las aguas residuales, a cargo de la JMAS Juárez, se realiza a través de cinco PTAR, con una capacidad instalada total de 4,187.20 lps. Considerando que actualmente el influente en conjunto de las cinco PTAR es de 3,619.20 lps, se tiene una cobertura del 100 % de tratamiento de las aguas residuales, con base en la información proporcionada por la JMAS Juárez.

Es importante destacar que, de acuerdo con información de la JMAS Juárez, se estima que en Ciudad Juárez existen alrededor de 35 PTAR, adicionales a las que se encuentran a su cargo, las cuales pertenecen y son operadas por diferentes instancias, como el propio ayuntamiento de Ciudad Juárez, pero principalmente por empresas o industrias privadas. En conjunto, estas instalaciones llevan a cabo el saneamiento de alrededor de 100 lps, empleando lodos activados y logrando calidades que cumplen con la NOM-003-SEMARNAT-1997. Las aguas tratadas son reusadas, principalmente en el riego de áreas verdes o en servicios sanitarios.

En la tabla 5 se presentan las características de algunas de las PTAR que no son operadas por la JMAS Juárez, y de las cuales se cuenta con información.

Tabla 5. Plantas de aguas residuales no operadas por la JMAS Juárez

Nombre	Operación	Caudal de operación (lps)
Planta Chamizal	Municipio	50.00
Planta Campestre	Club Campestre Juárez	15.73
Planta Parque Central	Aguas Residuales de Ciudad Juárez	11.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Nombre	Operación	Caudal de operación (lps)
Planta Oriente	Municipio	4.00
Planta Médanos (Coca Cola)	Embotelladora de la Frontera	3.48
Planta ADC	ADC de Juárez	2.50
Planta Plaza El Camino (Grupo Lintel)	Grupo Lintel	1.58
Planta GHS de México	Global Harness Systems de México	1.00
Planta Aeropuerto	Aeropuerto de Ciudad Juárez Chihuahua	1.00
Planta Ansell Perry	Ansell Perry de México	0.60
Planta Aurrerá Puerto de Palos	Bodega Aurrerá Puerto de Palos	0.20
Planta Eiffel	Eiffel Inmobiliaria	0.17
Planta COSTCO	COSTCO	0.17
Planta CMC	CMC Commercial Metals de México	0.16
Planta Walmart Monumental	Walmart Monumental	0.14
Planta Aurrerá Fundadores	Bodega Aurrerá Fundadores	0.13
Planta Aurrerá Independencia	Bodega Aurrerá Independencia	0.09
Planta Aurrerá Chaveña	Bodega Aurrerá Chaveña	0.08
Planta Walmart Plaza Gran Patio	Walmart Plaza Gran Patio Zaragoza	0.07

Fuente: elaboración propia con información JMAS Juárez, 2020

1.1.2.2 Ubicación de las PTAR y áreas de aportación

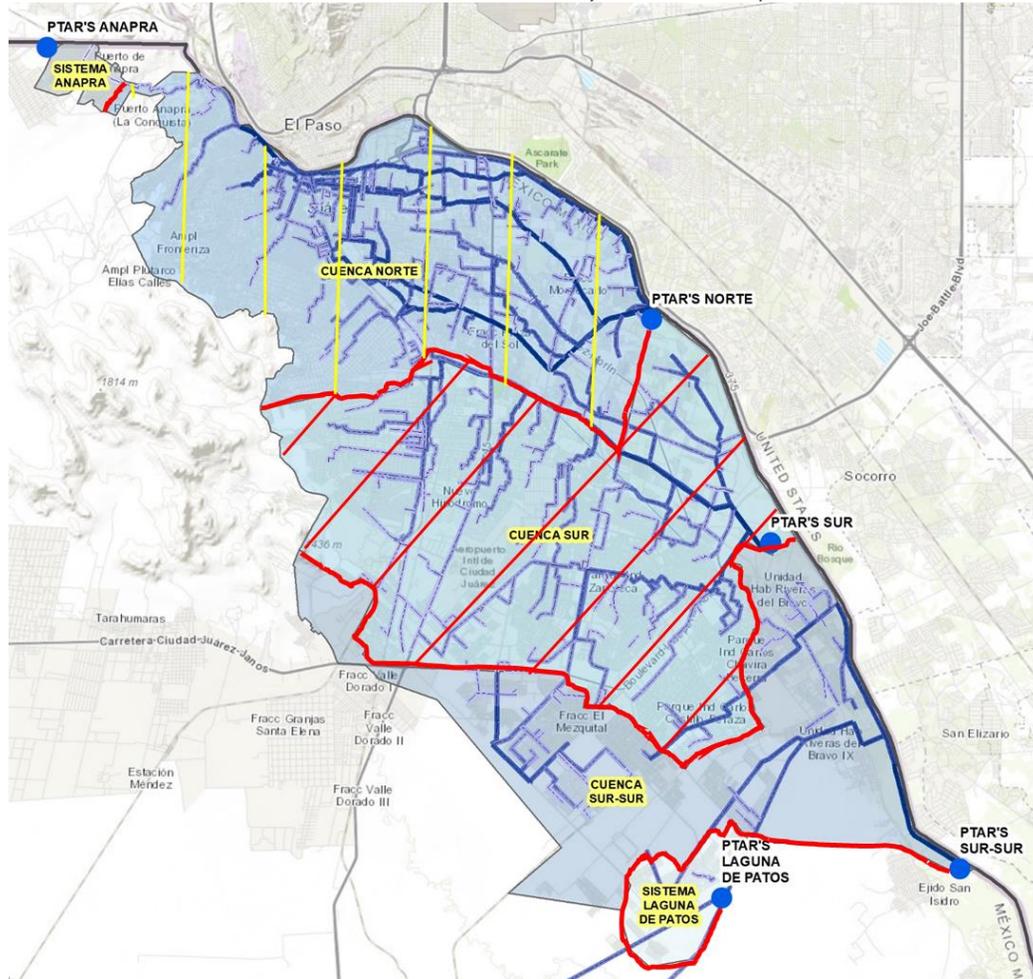
Las principales PTAR de Ciudad Juárez, a cargo de la JMAS, se ubican predominantemente en la ribera del río Bravo (Norte, Sur y Sur-Sur); sin embargo, también se localizan en los extremos norponiente (Anapra), y suroriente (Laguna de Patos). En cada caso reciben las aguas residuales de determinadas áreas de la mancha urbana, conforme a su ubicación. En la ilustración 8 se muestran las áreas de aportación a cada una de estas plantas, y en la tabla 6 se indican las coordenadas de cada una de ellas y las áreas aproximadas de aportación.

Tabla 6. Coordenadas de localización de las PTAR

PTAR	Coord. geográficas		Área de aportación aprox. (Ha)
	Latitud	Longitud	
ANAPRA	31°46'57.2"	106°34'29"	352.88
Norte	31°42'28.37"	106°22'19.14"	10,079.76
Sur	31°38'33.05"	106°19'55.29"	13,643.65
Sur-Sur	31°33'04.88"	106°15'56.35"	3,079.04
Laguna de Patos	31°32'31.3"	106°20'42.1"	646.51

Fuente: elaboración propia con información de Google Earth

Ilustración 8. Ubicación de las PTAR de Ciudad Juárez y sus áreas de aportación



Fuente: elaboración propia con base en información de JMAS Juárez, 2020

1.1.2.3 Proceso y normas que cumplen las PTAR

El proceso de tratamiento de las aguas residuales de Ciudad Juárez es biológico (oxidación bioquímica con biomasa suspendida), y consiste en un sistema basado en lodos activados, en tres modalidades distintas: convencional, aireación extendida y alta carga.

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 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.

A continuación se hace un breve resumen de las características principales de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, empleado en cada una de las PTAR:

La PTAR Anapra cuenta con dos reactores de lodos activados con aireación extendida y capacidad de 31.1 lps, c/u, y dos sedimentadores secundarios. Al proceso de aireación extendida también se le conoce como oxidación total. La idea fundamental es disminuir la cantidad de lodo residual, lo



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

cual se consigue aumentando el tiempo de residencia; de esta forma el volumen del reactor es mayor; como consecuencia, todo 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 ascenso y, por tanto, un mayor tiempo para la transferencia de oxígeno, menor consumo de aire y menores costos de energía.

Como es posible observar en la ilustración 9, la PTAR cuenta con los componentes necesarios para asegurar el tratamiento del agua (tren de agua) y de manejo de lodos (tren de lodos).

A pesar de que el sistema de tratamiento tiene grandes tiempos de retención hidráulica, y los lodos salen prácticamente estabilizados, la PTAR tiene dos tanques espesadores, como fue establecido previamente. 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 todos los parámetros, incluidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que realiza un laboratorio certificado.

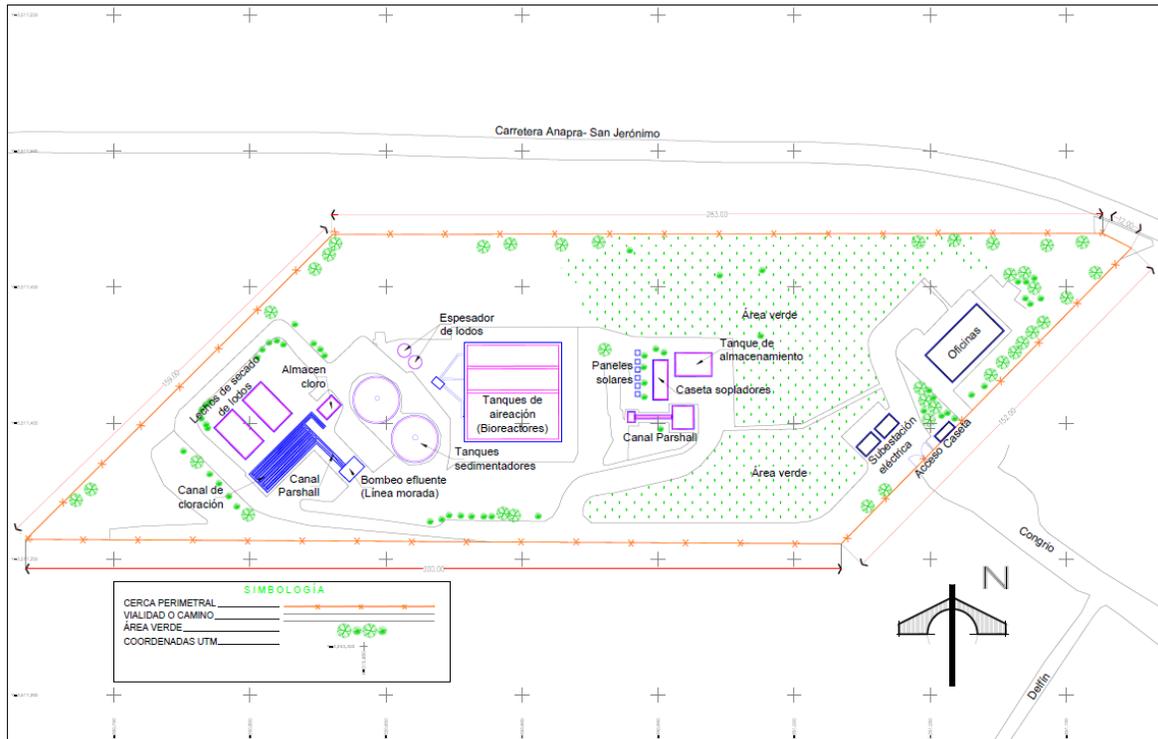
Los resultados recopilados y analizados muestran que la calidad de agua tratada es muy alta y cumple las exigencias de la norma citada, que corresponde a las condiciones necesarias para cubrir los requerimientos de descarga en un cuerpo receptor tipo C.

Todos los valores de los contaminantes analizados se encuentran por debajo de los requerimientos normativos. Los valores de DBO y SST son de 20/20 mg/l, cubriendo incluso las exigencias de la EPA de Estados Unidos (USEPA).



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 9. Esquema de la PTAR Anapra



Fuente: elaboración propia con base en información de JMÁS Juárez, 2020

La PTAR Norte cuenta con un sistema de tratamiento con base en lodos activados en su modalidad alta carga. De manera básica se trata esencialmente de una sedimentación, desbaste de gruesos, tratamiento por clarifloculación y una desinfección final con cloro, que descarga su efluente al dren agrícola 1 A del Distrito de Riego 009 (ilustración 10).

Como sucede en el caso del proceso de aireación extendida, el correcto funcionamiento de sistema de alta carga 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 ascenso y, por tanto, un mayor tiempo para la transferencia de oxígeno, menor consumo de aire y menores costos de energía.

El sistema de tratamiento por alta carga combina elevadas concentraciones de sólidos suspendidos volátiles en el líquido de mezcla con grandes cargas de volumen. Esto provoca grandes tiempos de retención celular, es decir que prevalece la masa de microorganismos en el reactor, respecto de los que son purgados del sistema, así como pequeños tiempos de retención hidráulica (relación entre el volumen del tanque y el caudal del afluente).

En este caso, y ante los altos requerimientos de inyección de aire, únicamente con la aplicación de aireadores de turbina es posible conseguir los niveles de mezcla adecuados para las condiciones de trabajo que prevalecen.

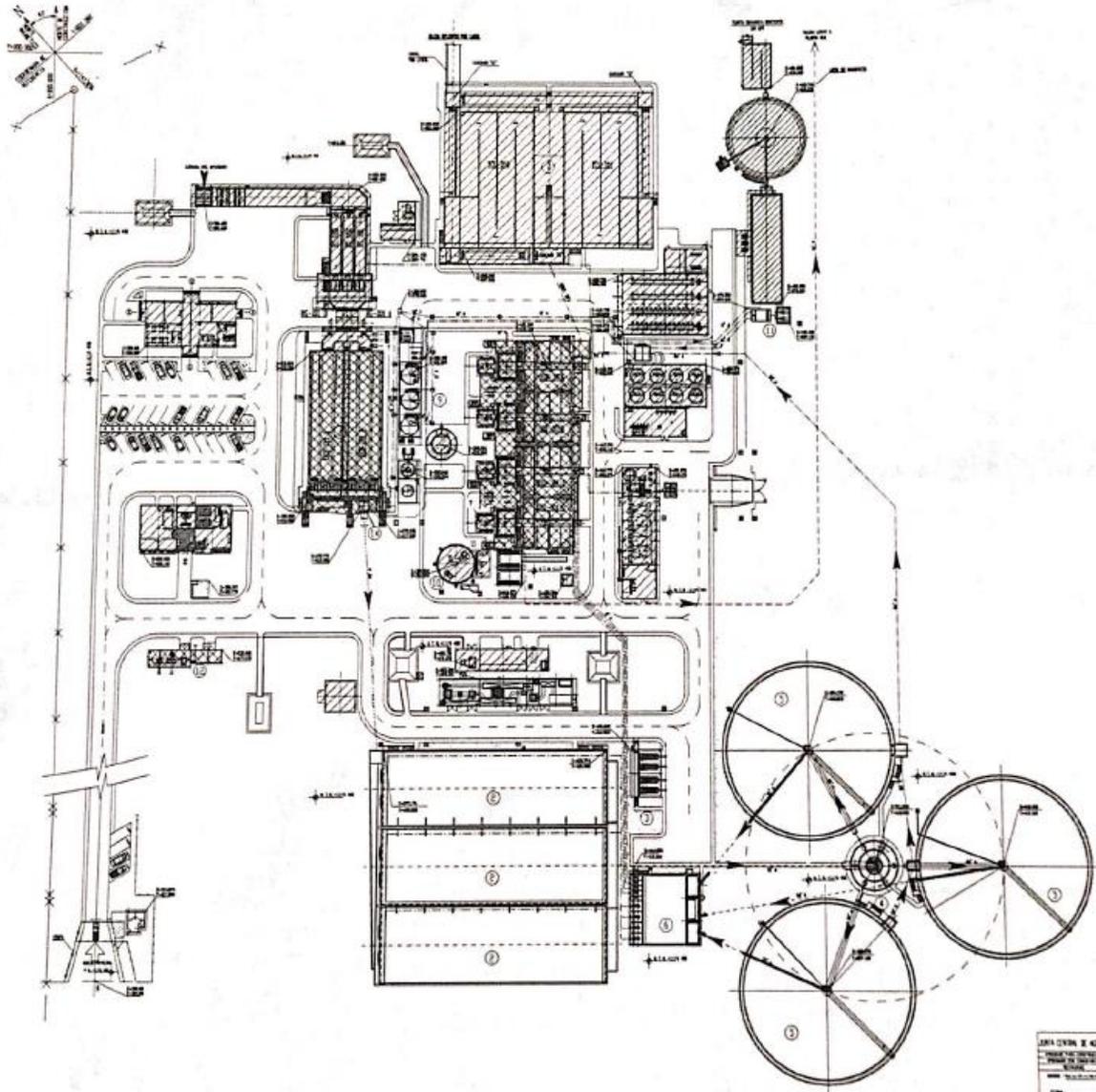
La calidad de agua residual tratada se controla a través de análisis mensuales de los parámetros incluidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que realiza un laboratorio certificado. Los resultados



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

proporcionados por la JMAS muestran que la calidad de agua tratada es buena y cubre las exigencias de la norma citada, que corresponde a las condiciones necesarias para cubrir los requerimientos de descarga al dren agrícola 1 A del Distrito de Riego 009, con valores de DBO y SST de 60/60 mg/l.

Ilustración 10. Esquema de la PTAR Norte



Fuente: JMAS Juárez, 2020

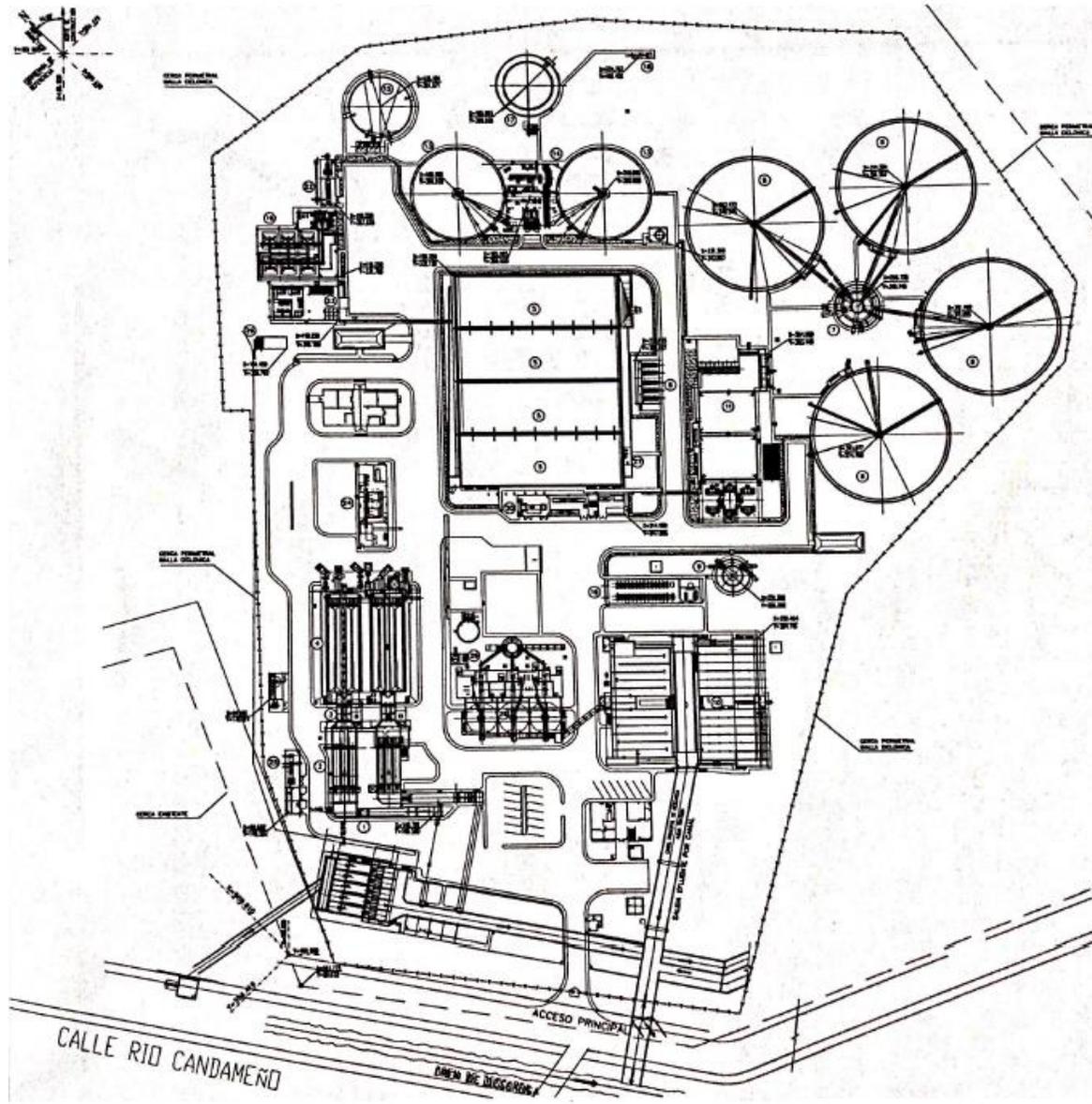
La PTAR Sur emplea el mismo sistema de tratamiento que la PTAR Norte. Esencialmente su proceso abarca una sedimentación, desbaste de gruesos, tratamiento por clarifloculación y una desinfección final con cloro; sin embargo, en esta se concentran los lodos resultantes del tratamiento de las PTAR Norte y Laguna de Patos, además de lo propios, por lo que resalta el módulo de tratamiento de lodos (espesamiento de lodos primarios, espesamiento de lodos biológicos, digestión anaerobia, aprovechamiento energético y disposición final en el Relleno Sanitario) (ilustración 11). Finalmente,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

descarga su efluente a canales y drenes agrícolas del Distrito de Riego 009. Se destaca por ser la PTAR más grande, con una capacidad instalada de 2000 lps.

Ilustración 11. Esquema de la PTAR Sur

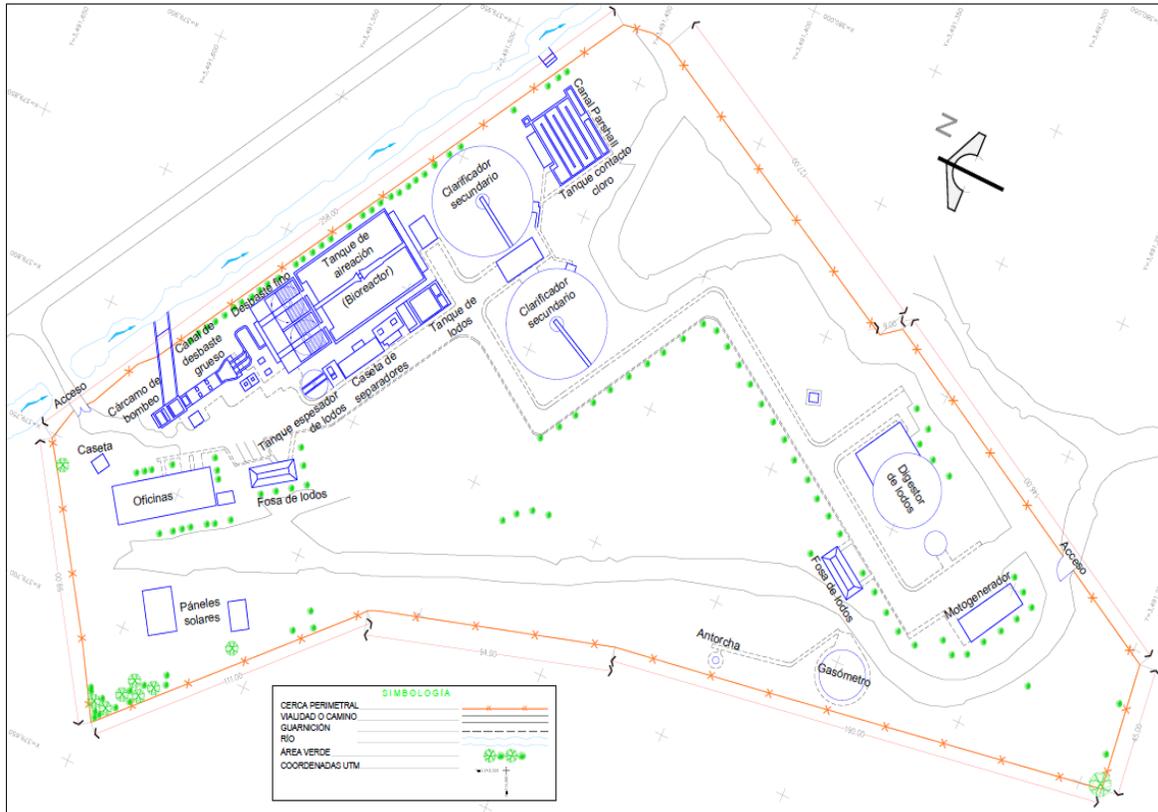


Fuente: JMAS Juárez, 2020

LA PTAR Sur-Sur emplea el mismo sistema de tratamiento que las PTAR Norte y Sur. De igual forma, su proceso abarca un pretratamiento (bombas tornillo, desbaste grueso, desbaste fino y desarenado-desengrasado), tratamiento primario (sedimentación primaria), tratamiento biológico (tanque de aireación y clarificador secundario), desinfección mediante gas cloro, y tratamiento de lodos (espesamiento de lodos primarios, espesamiento de lodos biológicos, digestión anaerobia, aprovechamiento energético y lecho de secado). Finalmente, al igual que las dos PTAR anteriores, descarga su efluente a canales y drenes agrícolas del Distrito de Riego 009, los cuales después se

incorporan al río Bravo. Se destaca por ser la PTAR más reciente, pues comenzó operaciones el 2018, y su proceso le permite alcanzar valores de DBO y SST de 75/75 mg/l (ilustración 12).

Ilustración 12. Esquema de la PTAR Sur-Sur



Fuente: elaboración propia con base en información de JMÁS Juárez, 2020

Una de las características particulares, en lo que respecta a la conformación técnica de las PTAR Sur y Sur-Sur (Valle de Juárez), ubicadas en el municipio de Juárez, Chih., es la incorporación de sistemas energéticos de cogeneración. Dichos sistemas operan a través del aprovechamiento de los lodos residuales y biogás producido del proceso de tratamiento, el cual es transformado en energía eléctrica y térmica.

El proceso de cogeneración de la PTAR Sur cuenta con el aprovechamiento conjunto de los lodos generados por la PTAR Norte y los propios. Su sistema se compone de dos unidades de aprovechamiento de biogás con una potencia eléctrica neta de 604 kW a 1,800 r.p.m. y con características de utilidad de combustible (biogás) desulfurado y secado al 60-64 % de metano. Dichos generadores disponen de una producción de biogás aproximada de 13,130 Nm³/diarios y 547 Nm³/diarios, respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, los sistemas de cogeneración cuentan con dos elementos energéticos, resultado de su proceso: una componente de energía eléctrica la cual se obtiene cuando el biogás seco va al motor de combustión interna, iniciando la energía mecánica que acciona el alternador y genera la energía eléctrica; este proceso se realiza con una eficiencia que varía entre el 30-38 %; y la componente térmica, la cual se genera por la refrigeración del bloque del motor y



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

el calor aprovechado de los gases de escape del mismo; su proceso dispone de una eficiencia operativa de entre el 35 y 40 %.

En este sentido, la capacidad de generación de energía eléctrica del sistema de cogeneración de la PTAR Sur es de 900 kWh (kilowatts-hora), la cual es usada dentro de las instalaciones de la planta, contando con un permiso de autoabastecimiento (E/995/AUT/2013) expedido por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el 18 de abril de 2013, al permisionario Suez Medio Ambiente México, S.A. DE C.V, bajo la denominación de proyecto de Concesionaria de Aguas Residuales de Juárez, S.A. de C.V.

En la misma línea, Suez Medio Ambiente México, S.A. DE C.V cuenta con un permiso de generación (E/995/GEN/2013), con especificaciones operativas definidas por la CRE, como una central eléctrica integrada por dos motogeneradores con una capacidad de 0.675 MW (mega watts), cada uno, y una capacidad total de generación que es de 1350 MW (mega watts), con una producción estimada anual de energía eléctrica de 9950 GWh y un consumo anual estimado de 5,168 millones de m³ de biogás.

En lo que respecta a la energía térmica generada por el sistema, la planta cuenta con una capacidad de generación de 1313 kWh (kilowatts-hora) de energía, la cual se usa para calentar los digestores de lodos y el exceso se quema en una antorcha.

La conformación de este sistema de cogeneración, como parte de la infraestructura integrada de la PTAR Sur, significa un esquema tecnológico innovador, y que hasta hoy en día se ha empleado de forma limitada en México; sin embargo, la visión técnica-operativa, que significa la adhesión de este tipo de tecnología de cogeneración al esquema convencional de esta planta de tratamiento, presenta un impacto positivo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en sus instalaciones, equivalentes a la mitigación de 27,010 toneladas de CO₂eq al año.

Por otro lado, la PTAR Sur-Sur (Valle de Juárez) consideró dentro del diseño de su proyecto ejecutivo la implementación de tecnologías para el reúso del biogás producido en la misma, con el objetivo de mejorar el tratamiento de lodos y aprovechar energéticamente dichos residuos por medio de un sistema de cogeneración.

De los datos disponibles, este sistema cuenta con una unidad de aprovechamiento de biogás conectado a un motor de combustión interna, el cual presenta una eficiencia convencional para dichos equipos del 30-35 % y es el encargado de la generación de la componente eléctrica del proceso. Como en el caso anterior, la componente térmica surge de la refrigeración del bloque del motor y el calor aprovechado de los gases de escape del mismo, lo cual completa el proceso del sistema.

Sin embargo, aunque la infraestructura para dicho aprovechamiento se encuentra disponible y en condiciones operativas dentro de la PTAR Sur-Sur (Valle de Juárez), de acuerdo con el Portal de Permisos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), hasta la fecha de entrega de este reporte no se encuentra autorización o proceso de trámite de algún permiso que permita legalmente la operación del sistema de cogeneración bajo la modalidad de autoabastecimiento o generación de energía en dicha planta de tratamiento.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Este aspecto es relevante, ya que de encontrarse en operación este sistema sería violatorio de las disposiciones establecidas en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y su reglamento, la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME), las reglas del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), así como en disposiciones de carácter específico referente a Normas Oficiales Mexicanas (NOM), en materia de energía y seguridad laboral.

La PTAR Laguna de Patos cuenta con un sistema de tratamiento con base en lodos activados, en su modalidad convencional. De manera básica se trata esencialmente de una sedimentación, desbaste de gruesos, homogenización, tratamiento por clarifloculación y una desinfección final con cloro. Es la PTAR más pequeña, con una capacidad instalada de 25 lps, pero la que logra, junto con la PTAR Anapra, la mejor calidad de tratamiento, alcanzando valores de DBO y SST de 20/20 mg/l (ilustración 13). Sus lodos se trasladan a la PTAR Sur, y su efluente se distribuye para su uso en la empresa Panel Rey, S.A. de C.V. y en la termoeléctrica Samalayuca.

Las cinco PTARs cumplen con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, y en específico su calidad nominal de descarga es la que se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Calidad nominal y cumplimiento de NOM de descarga de las PTAR

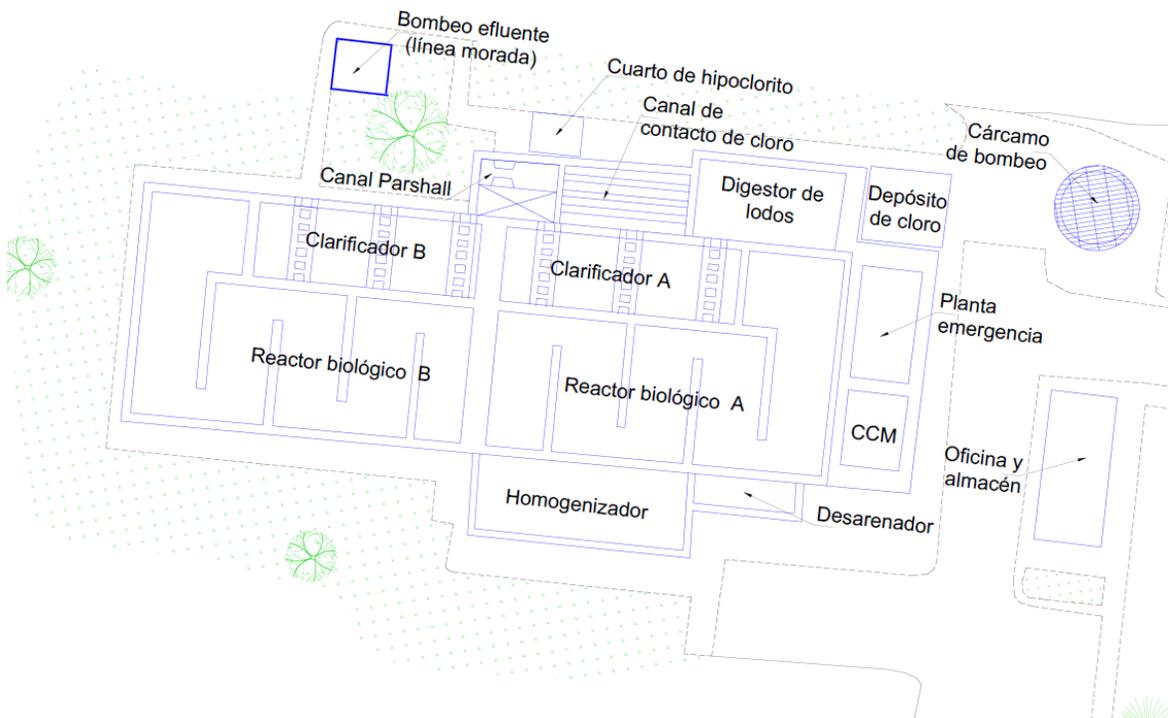
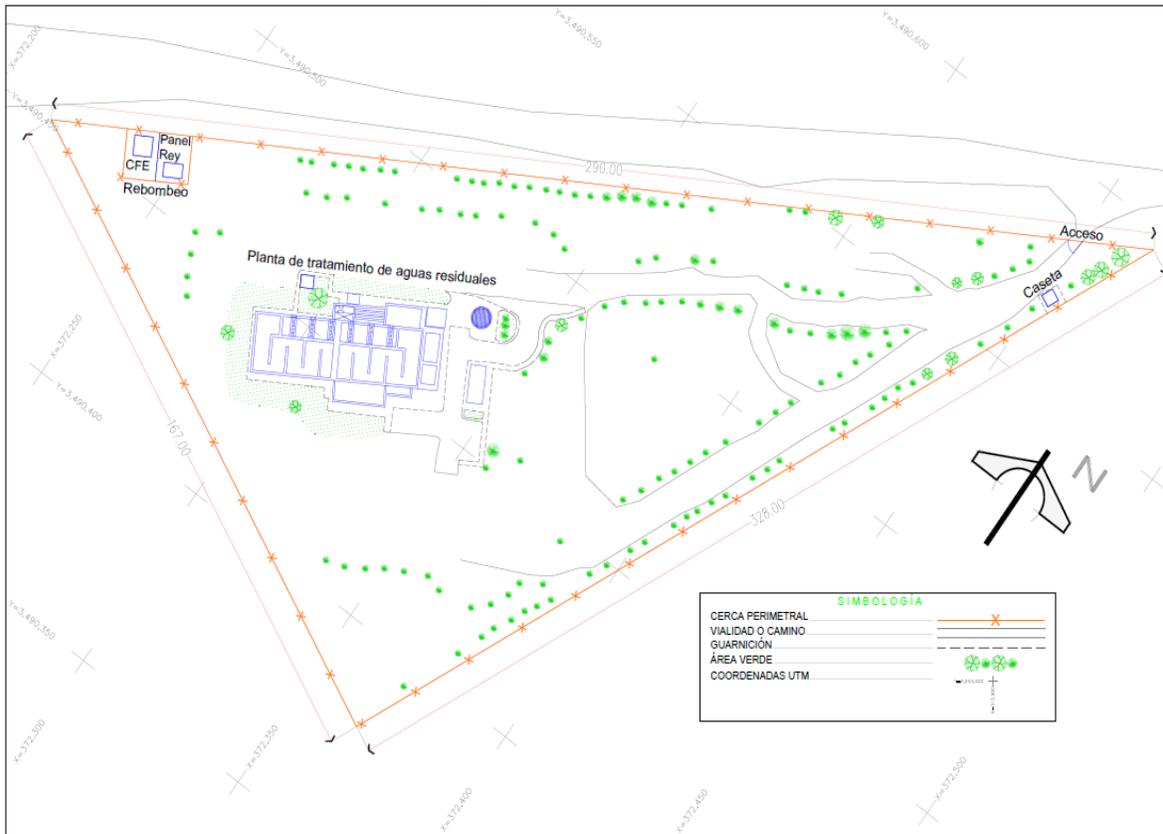
PTAR	Modalidad tratamiento y calidad nominal de descarga
Anapra	Aireación extendida (20/20 Mg/L DBO ₅ /SST)
Norte	Alta carga (60/60 Mg/L DBO ₅ /SST)
Sur	Alta carga (60/60 Mg/L DBO ₅ /SST)
Sur-Sur	Alta carga (75/75 Mg/L DBO ₅ /SST)
Laguna de Patos	Convencional (20/20 Mg/L DBO ₅ /SST)

Fuente: elaboración propia con información de la JMAS



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 13. Esquema de la PTAR Laguna de Patos



Fuente: elaboración propia con base en información de JMÁS Juárez, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.2.4 Capacidad instalada y operación actual

Comparando la capacidad instalada de las PTAR, contra la capacidad de operación actual de las mismas, es posible establecer que las instalaciones de saneamiento están trabajando a un 86.43 %, lo que significa que se tiene una capacidad sobrante de 568 lps para atender la demanda creciente de los próximos 30 años, conforme a las proyecciones de población y demanda de este servicio, aunque la disponibilidad de esta capacidad tiene que valorarse en función de la ubicación de las PTAR, particularmente las de mayor capacidad instalada (Norte y Sur).

Tabla 8. Capacidad nominal y operación actual de las PTAR

PTAR	Capacidad instalada (lps)	Capacidad de operación actual (lps)	% de operación actual
ANAPRA	62.20	24.20	38.91
Norte	1,600.00	1,500.00	93.75
Sur	2,000.00	1,600.00	80.00
Sur-Sur	500.00	474.00	94.80
Laguna de Patos	25.00	21.00	84.00
Suma	4,187.20	3,619.20	86.43

Fuente: elaboración propia con información de la JMÁS

1.1.3 Sistema de reúso de agua tratada

1.1.3.1 Cobertura de red reúso

Prácticamente el 100 % de las aguas tratadas se emplean en algún proceso, siendo el riego agrícola el principal reúso, a través de los canales y drenes del Distrito de Riego 009. No obstante lo anterior, una fracción relativamente pequeña, entre 21 y 24.5 lps (0.58 % del total de aguas residuales tratadas), se utilizan tanto en la industria de materiales prefabricados para construcción (Panel Rey, S.A. de C.V.), como en el proceso de generación de energía en la termoeléctrica Samalayuca, ubicada al poniente del poblado del mismo nombre. Otra fracción de alrededor de 13 lps es sometida a reúso urbano, empleada sobre todo en el riego de áreas verdes y servicios sanitarios.

El reúso formalizado de las aguas tratadas se realiza a través de las denominadas líneas moradas, las cuales tienen su origen en las PTAR Anapra, Norte y Laguna de Patos, aunque sólo en las dos últimas se ha identificado un uso específico real diferente del riego, ya sea de áreas verdes o agrícolas.

En el caso de la PTAR Anapra se cuenta con una red o línea morada de 5650 metros de longitud de tubería, cuyos diámetros van de 4 a 12", incluyendo un tanque de almacenamiento y una "garza" para la carga de camiones cisterna. Se pretende el reúso mediante un sistema de riego (no utilizado) y dos sistemas de bombeo de excedencias, uno a la presa Benito Juárez y otro al colector Nadadores que descarga a la PTAR Norte. Aun cuando la infraestructura construida es para dar cobertura al 100 % de la Colonia Anapra, actualmente no existe reúso, sobre todo por oposición social.

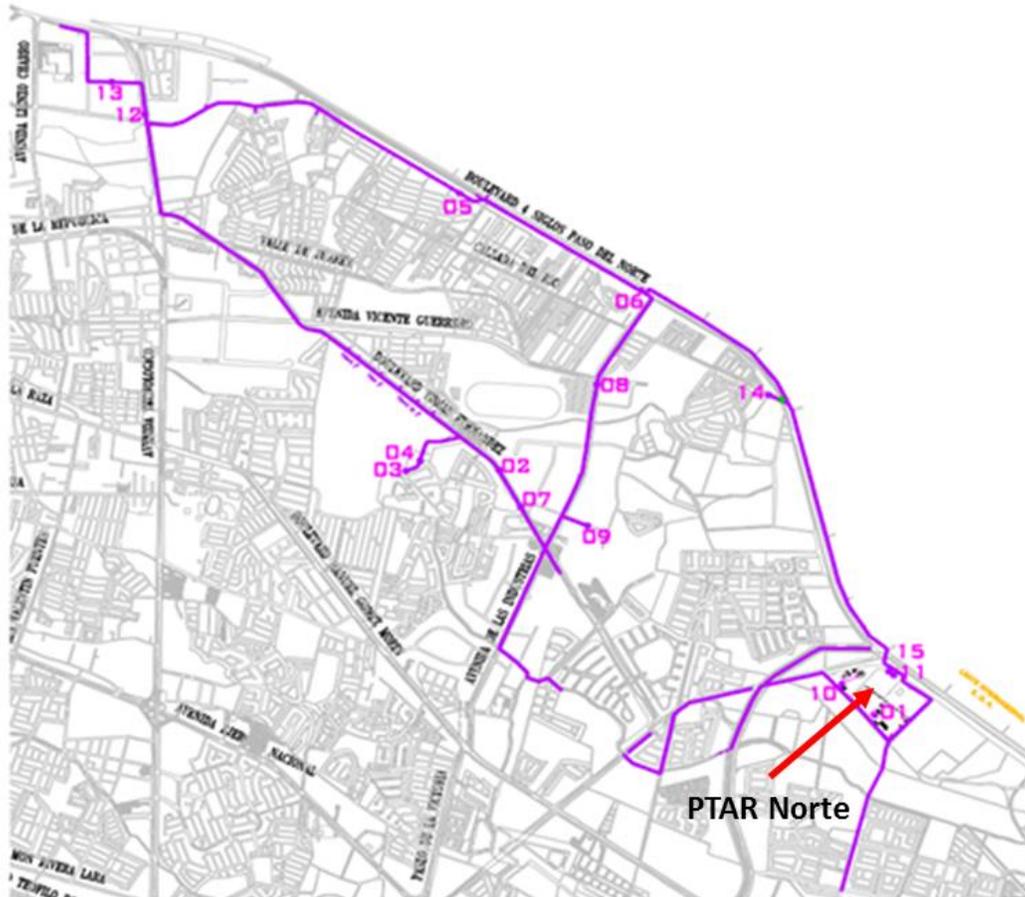
En el año de 2007 se puso en marcha el Módulo Especial de Tratamiento de Aguas Residuales de la PTAR Norte, el cual tiene una capacidad instalada de 100 lps y la calidad del agua cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997, por lo que puede ser empleada en servicios al público con contacto directo. El proceso utilizado es de lodos activados convencional, complementado con filtración y desinfección. El agua se inyecta por bombeo a una red morada de casi 25.9 kilómetros de longitud de tubería de PVC con diámetros de 6 a 18", para ser usada en la mayoría de los casos en el riego



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de áreas verdes y en algunas empresas, sobre todo en los servicios sanitarios (retretes y mingitorios). También se emplean pipas para su distribución en zonas que carecen de red. Complementariamente cuenta con dos tanques elevados (15 m), cada uno con capacidad de 450 m³, los cuales no se usan. La red morada se localiza al oriente del centro de Ciudad Juárez, en las inmediaciones de la PTAR Norte (ilustración 14).

Ilustración 14. Traza de la red morada ligada al Módulo Especial de Tratamiento de la PTAR Norte



Fuente: elaboración propia con información de la JMAS 2020

En la actualidad abastece a diversos parques industriales, entre los que destacan el Parque Industrial Omega; Bermúdez; Las Fuentes y Corredor Vicente Guerrero. JMAS Juárez estima que se tienen más de 30 clientes activos, entre los que se incluyen al municipio de Juárez y diversos clientes particulares, la mayoría de los cuales pagan por el agua tratada que consumen de la red morada.

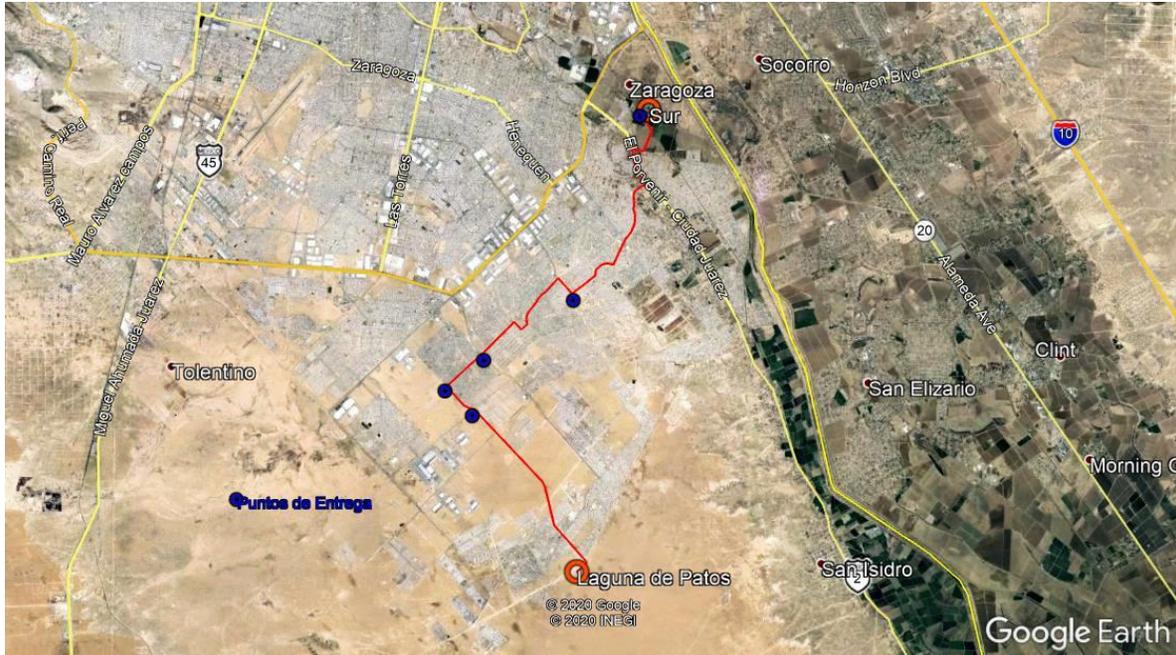
La PTAR Laguna de Patos tiene una capacidad de 25 litros por segundo: la calidad del agua es alta (20/20 mg/l de DBO5/ SST), lo cual permite el contacto humano. Se pretendía que esta planta proveyera agua a los asentamientos urbanos adyacentes, a la unidad deportiva de ese sector, así como a las áreas verdes de la Ciudad del Conocimiento, a la planta termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en Samalayuca, y al Valle de Juárez, beneficiando aproximadamente a 10,000 habitantes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Dado el desarrollo industrial que se ha presentado en la zona sur de la ciudad, se ha visto la necesidad de incrementar la oferta de agua tratada para ese sector, proponiendo inicialmente la construcción de una PTAR, construida en espejo de Laguna de Patos. Después de analizar las alternativas y posibilidades económicas, se tomó la decisión de construir una línea de conducción de la PTAR Sur a la PTAR Laguna de Patos, con sus puntos de entrega estratégicamente ubicados para dar el servicio a la industria del área estudiada, aun cuando la calidad del agua requiere incrementarse (ilustración 15).

Ilustración 15. Propuesta de proyecto de línea de conducción de la PTAR Sur a la PTAR Laguna de Patos



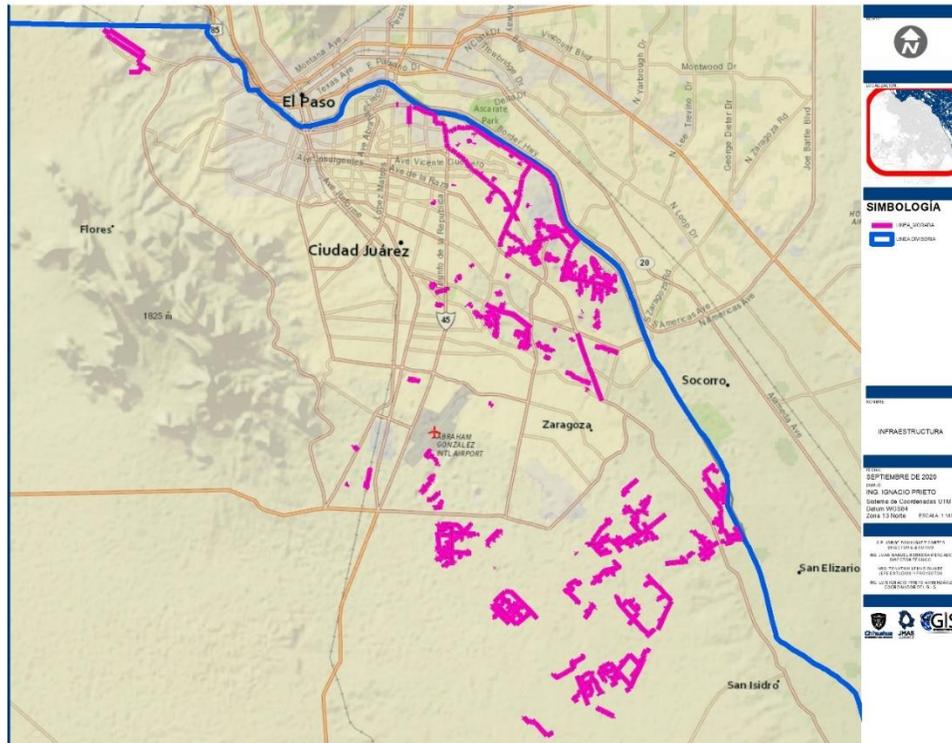
Fuente: elaboración propia con información de la JMÁS

En apego a lo establecido en el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez, Chih. (Acuerdo No. 139), los asentamientos urbanos, de equipamiento y servicios e industriales, que se han llevado a cabo en los últimos cinco años, han ejecutado de manera obligada instalaciones hidráulicas para el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas internamente, incluyendo las aguas pluviales. El resultado son proyectos puntuales, aislados en algunos casos, y en otros agrupados principalmente en algunas zonas industriales, alcanzando una longitud total estimada de 78.25 kilómetros de tubería, cuyos diámetros van desde 2 y hasta 18". La distribución general de la red morada de Ciudad Juárez se observa en la ilustración 16.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 16. Distribución general de las líneas moradas en Ciudad Juárez



Fuente: JMAS Juárez, 2020

1.1.3.2 Calidad y uso de los efluentes

La calidad nominal de las descargas de las PTAR de Ciudad Juárez cumple con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, como se muestra en la tabla 7 del apartado 1.1.2.3.

Los resultados, recopilados y analizados por la JMAS, muestran que la calidad de agua tratada es alta, en general, 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 las calidades necesarias para descargar en un río como cuerpo receptor, en una categoría de tipo B (uso urbano) y C (protección de vida acuática), pues todos los valores de los contaminantes se encuentran entre los rangos requeridos. Los valores máximos de los DBO y SST son 75/75 mg/l (PTAR Sur-Sur), y los mínimos son 20/20 mg/l (PTAR Anapra y Laguna de Patos) que, como se mencionó anteriormente, cumple con las exigencias de la USEPA.

Actualmente la red morada está incompleta, siendo lo más urgente para mejorar el servicio en forma inmediata: cerrar el circuito inicial, utilizar los tanques elevados, que ya están instalados, y construir las ampliaciones hasta los parques industriales.

Entre los usos que tiene el agua residual tratada están el riego agrícola y, en algunos casos, el reúso urbano (lavado de coches, sanitarios, riego de áreas verdes, sanitarios en centros educativos, industria, etcétera).

Una vez que se establezca el servicio completamente a la zona industrial, el agua residual de segundo uso será conducida a la PTAR Sur-Sur para tratarla nuevamente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Como se ha establecido en apartados previos, el efluente de la PTAR Laguna de Patos tiene características ecológicas muy importantes y la calidad permite su reutilización; la calidad del agua es 20/20, (SST y DBO₅) y eso permite el contacto humano; entonces puede usarse para riego de parques y jardines y en procesos industriales; además no se producen malos olores que afecten el sector. Se ubica en el cruce de las avenidas Leonardo Solís Barraza y Oriente XXI del fraccionamiento Senderos de San Isidro, y beneficia a 2030 habitantes, con un gasto inicial y un escalamiento de igual volumen.

Cumple con la norma NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público, en su modalidad: con contacto directo.

En apartados previos se ha citado que una parte del efluente de la PTAR Laguna de Patos se entrega a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para ser utilizada en uno de los módulos de la planta termoeléctrica, ubicada en las inmediaciones del poblado Samalayuca, dentro del mismo municipio de Juárez. De hecho, en el vértice poniente del predio que envuelve a la PTAR se localiza el rebombear que impulsa el agua tratada hasta la instalación de generación de electricidad, a una distancia aproximada de 27 km hacia el suroeste.

La termoeléctrica Samalayuca es uno de los complejos de generación de energía eléctrica más importantes del norte de Chihuahua; en un predio con una superficie cercana a las 31.5 hectáreas, alberga tres plantas de ciclo combinado de gas natural construidas en diferentes etapas.

La primera central, la cual forma parte del conjunto de plantas de generación de la CFE, fue inaugurada el 13 de noviembre de 1979, con una capacidad inicial de 158 MW (mega watts), la cual elevó su producción años más tarde a 316 MW, para abastecer la demanda de la industria maquiladora que comenzó a desarrollarse en las inmediaciones de Ciudad Juárez.

La siguiente etapa, llamada CCGT Samalayuca II, genera 700 MW, utilizando un sistema de combustión seca, y se construyó de manera contigua a la planta existente, propiedad de la CFE. Dicha planta de capital privado cuenta como socios desarrolladores a empresas como General Electric, El Paso Energy, InterGen e ICA-Flour Daniel; entró en operación en 1996.

La tercera y última etapa, llamada Central Termoeléctrica 38 CC Norte III, comenzó su construcción en el 2015, por parte de la empresa Abengoa; sin embargo, la compañía española afrontó problemas financieros que impidieron continuar con su construcción; la obra fue retomada por la empresa Techint, la cual concluyó con los trabajos a finales del 2019.

Esta última parte cuenta con una capacidad de generación de 954 MW y alimenta la línea troncal de alta tensión del municipio de Juárez, con una suficiencia energética para cubrir una tercera parte de la demanda actual del servicio eléctrico. Al igual que sus antecesoras, esta central dispone con un abasto energético por medio de gas natural, proveniente del gasoducto San Isidro-Samalayuca, y, en lo particular, con una línea de abastecimiento hídrico de la PTAR Laguna de Patos.

Finalmente, la empresa Abeinsa Juárez N-III, la cual fue constituida para la operación de la central, constituyó un contrato de compromiso de capacidad de generación y compraventa de energía eléctrica, asociada con la CFE hasta el 2044.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

1.1.4 Generalidades

1.1.4.1 Políticas de operación

La operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento, así como del resto de la infraestructura de saneamiento de Ciudad Juárez, recae en el organismo operador, denominado Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (JMAS), el cual cuenta con las facultades legales, administrativas y técnicas necesarias para brindar estos servicios a la población. Dichas facultades están establecidas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en el Código Administrativo del Estado de Chihuahua. La Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (JMAS Juárez) depende de la Junta Central de Agua y Saneamiento de Chihuahua (JCAS).

Las atribuciones legales de la JCAS y JMAS Juárez están establecidas en el artículo 1564 del Código Administrativo del Estado de Chihuahua, y los servicios que presta a la ciudadanía no se encuentran sustentados en manuales de operación, sino en las actividades que realiza de manera cotidiana en la prestación del servicio, dotando a la comunidad de agua potable, agua residual tratada, en los casos requeridos, además de un sistema de alcantarillado sanitario y del saneamiento respectivo.

Para el análisis de eficiencia energética se consideran las normas: NOM-001-ENER, NOM-010-ENER y NOM-006-ENER, y para el diseño de las PTAR actuales se utilizaron las siguientes normas que marcan los límites máximos de los contaminantes en las descargas: NOM-001 y 002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004- SEMARNAT-2002, relacionada esta última con lodos y biosólidos.

1.1.4.2 Derechos de vía y tenencia de la tierra

La JMAS Juárez, a través del Área de Estudios y Proyectos, informó que, en el caso de las instalaciones y tuberías que comprenden las atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, se encuentran ubicados en vías de comunicación públicas; y en el caso de estaciones de bombeo (RAN) y las PTAR, en predios propiedad del organismo, de los cuales se cuenta con los documentos que amparan la propiedad y los permisos correspondientes para su instalación y su libre acceso, tanto para la operación, como para el mantenimiento. Por su naturaleza legal, no se tiene acceso a dicha documentación, por lo que no se presentó o facilitó documento probatorio alguno.

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

Las PTAR Norte y Sur se encuentran concesionadas a la empresa Concesionaria de Aguas Residuales de Ciudad Juárez, S.A. de C.V., y la PTAR Sur-Sur a la persona moral, denominada Tratamiento de Aguas Residuales de Juárez, S.A. de C.V. Las PTAR Anapra y Laguna de Patos son administradas y operadas por la JMAS Juárez. En la tabla 9 se presentan los costos de operación y mantenimiento actuales reportados.

Tabla 9. Costos actuales de operación y mantenimiento de PTAR

PTAR	Costos (\$/Mes)			Consumo de energía eléctrica (kW/Mes)
	Operación	Mantenimiento	Energía eléctrica	
Anapra	415,500	65,000	78,803	36,300
Norte	6'218,030			1'048,227
Sur	7'112,385			1'240,680
Sur-Sur	2'175,735			414,550
Laguna de Patos	300,000	65,000	83,140	38,300

Fuente: JMAS Juárez



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

El Consejo de Administración de la JMAS Juárez aprobó, el 31 de octubre del 2019, el Presupuesto de Ingresos y Egresos para el año 2020, siendo publicado en folleto anexo en el Diario Oficial del Estado de Chihuahua, del 28 de diciembre del 2019, donde se establece la estructura tarifaria que regirá a la JMAS en el ejercicio fiscal 2020.

Para la construcción de la presente estructura tarifaria, además de considerar los costos en que se incurre para la prestación de los servicios, como son, entre otros: el porcentaje de incremento en los insumos, costos de extracción de agua, costo por consumo de energía eléctrica, pagos de derechos federales de extracción, gastos operativos, gastos administrativos, gastos de saneamiento e inversiones; también se consideraron los distintos usos del agua, la promoción del uso eficiente del recurso, la racionalización de los patrones de consumo y propiciar el uso de agua residual tratada en actividades donde no se requiera agua potable.

En la tabla 10 se muestra un extracto de las tarifas actuales para los distintos tipos de servicios, conforme a la publicación oficial antes mencionada.

Tabla 10. Extracto de las tarifas actuales de la JMAS de Ciudad Juárez

Estructura tarifaria JMAS Juárez 2020			
Servicio	Consumo M3	Importe	Unidad
Doméstico	01-10	197.73	Mes
	20	345.54	Mes
	>200	52.00	M ³
Comercial	01-20	622.00	Mes
	200-300	38.00	M ³
Industrial	01-25	652.00	Mes
	201-300	44.00	M ³
Uso en procesos	01-25	772.00	Mes
	201-300	50.00	M ³
Tarifa fija doméstica	01-23	414.00	Mes
Agua residual sin tratar		5.00	M ³
Agua residual tratada	01-4999	11.50	M ³
	>5000	8.50	M ³
Descargas		30.00	M ³
Alcantarillado sanitario		7.00	M ³
Saneamiento		7.00	M ³

Fuente: Folleto anexo en el Diario Oficial del Estado de Chihuahua del 28 de diciembre del 2019

En relación con la información financiera del JMAS Juárez, es importante citar que a pesar de haberse realizado la petición correspondiente las autoridades del organismo operador no proporcionaron datos, referencias, notas o documento alguno relativo al tema, en virtud del carácter confidencial de la citada información, de acuerdo con lo externado por personal de la Junta.

A través de información indirecta, por ejemplo, los diversos documentos de certificación de proyectos de infraestructura que han sido sujetos de financiamiento, por parte del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), es posible establecer que la JMAS Juárez ha tenido un desempeño financiero adecuado que le ha permitido tener ingresos suficientes para servir las deudas asociadas a los proyectos realizados. De 1997 al 2015 recibió créditos, por parte del BDAN, por la cantidad de \$17.84 millones de dólares, en cuatro partidas, de las cuales al 2017 había liquidado el 50 %, tenía en amortización una partida y pendiente la restante por \$3.49 mdd.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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; posteriormente se analizan las PTAR y sus componentes, y por último se evalúa el estado de las instalaciones conforme al código de colores de semáforo, donde el color rojo indica un mal estado y la necesidad de llevar a cabo acciones al respecto lo más pronto posible.

En sus distintos componentes, la infraestructura de saneamiento de Ciudad Juárez tiene diferentes niveles de necesidad y urgencia de acción.

Para atender las necesidades inmediatas y futuras de Ciudad Juárez, en materia de alcantarillado y saneamiento, es necesario desarrollar acciones paralelas que atiendan cinco aspectos. Por una parte, la sustitución y rehabilitación de las redes de alcantarillado y drenaje, atendiendo de manera prioritaria las zonas más antiguas y en desarrollo. Por otro lado, fortalecer la forma en que se maneja el agua residual (sistemas y cuencas), dotándolos de capacidad de bombeo e infraestructura para hacer llegar el fluido residual hasta las PTAR correspondientes. En otro sentido, es preciso llevar a cabo la ampliación de la PTAR Sur-Sur, duplicando su capacidad actual, y también es necesario analizar la mejora en el proceso de tratamiento de las plantas Norte y Sur, elevando la calidad del efluente. Asimismo, 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 problemas en las obras de desalojo y control. Finalmente, se requiere desarrollar acciones para contrarrestar el déficit de infraestructura en la distribución de aguas tratadas, sin olvidar proyectos complementarios en materia de agua potable.

En relación con las cinco PTAR que conforman el Sistema de Saneamiento de Ciudad Juárez, a cargo de la JMAS Juárez, en términos generales cuentan con los siguientes componentes, de acuerdo con la línea de tratamiento de las aguas residuales:

- 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.
- Cámara anóxica y reactores biológicos.
- 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 aprovechamiento energético de gases de lodos (cogeneración).
- 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 17. Vista general de la PTAR Anapra



Fuente: Google Earth, 2020

Ilustración 18. Componentes principales de la PTAR Anapra



Acceso (izquierda). Caseta de sopladores, canal Parshall y tanque de almacenamiento (derecha)



Bioreactor (izquierda). Espesador de lodos (1er plano) y decantación secundaria (2do. plano) (derecha)

Fuente: elaboración propia, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 19. Vista general de la PTAR Norte



Fuente: Google Earth, 2020

Ilustración 20. Componentes principales de la PTAR Norte



Entrada principal (izquierda) y módulo de elevación (tornillos Arquímedes) (derecha)

Bioreactor (izquierda). Línea morada (derecha)

Fuente: elaboración propia, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 21. Vista general de la PTAR Sur



Fuente: Google Earth, 2020

Ilustración 22. Componentes principales de la PTAR Sur



Entrada principal (izquierda) y módulo de elevación (tornillos Arquímedes) (derecha)



Turbinas de aireación (izquierda) y canal de efluente (derecha)

Fuente: elaboración propia, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 23. Vista general de la PTAR Sur-Sur



Fuente: Google Earth, 2020

Ilustración 24. Vista general de la PTAR Laguna de Patos



Fuente: Google Earth, 2020

Ilustración 25. Componentes principales de la PTAR Laguna de Patos



Entrada principal (izquierda) y cárcamo de bombeo (derecha)



Desarenador y tanque homogenizador (izquierda) y bioreactor A (derecha)



Clarificador (izquierda) y tanque de contacto de cloro (derecha)

Fuente: elaboración propia, 2020

El sistema de saneamiento de forma cualitativa se encuentra en las condiciones que se indican en la tabla 11.

Tabla 11. Condiciones de la infraestructura de saneamiento

Elemento	Condiciones actuales	Semáforo de prioridad de atención	Comentarios
Red de drenaje, incluyendo colectores y alcantarillado.	En diversas zonas de la ciudad se requiere rehabilitación, ampliación y construcción.	Rojo (prioritario)	Se requiere continuar trabajando en la rehabilitación y renovación de una buena parte del sistema de alcantarillado, principalmente en la zona centro, norponiente y en el poblado de Samalayuca.
Cruceros especiales	Los cruces de la red de alcantarillado con otros elementos de infraestructura se encuentran en mal estado.	Rojo (prioritario)	Por su naturaleza, los cruces de la red de alcantarillado con algunos elementos de la infraestructura vial requieren fortalecerse para evitar puntos de fuga, como se ha presentado con anterioridad.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Elemento	Condiciones actuales	Semáforo de prioridad de atención	Comentarios
Drenaje pluvial	La falta de canalización de las aguas pluviales ha ocasionado sobrecarga a la red de drenaje, provocando fallas.	Rojo (prioritario)	En la zona centro es preciso conducir adecuadamente las aguas pluviales hacia las acequias más cercanas.
Línea morada	Es preciso fortalecer la conducción y dotación de agua tratada para su reúso.	Rojo (prioritario)	Con la finalidad de intercambiar el uso de agua potable por agua tratada, y contar con el ingreso correspondiente, es preciso desarrollar la línea morada entre las PTAR Sur y Laguna de Patos.
Sistema de bombeo	Los RAN presentan problemas operativos.	Rojo (corto plazo)	Se presentan constantes paros en algunos RAN (2, 7, 8, 11, 12, entre otros), por lo que es necesario llevar a cabo su diagnóstico y rehabilitación.
PTAR	La PTAR Sur-Sur trabaja casi al 95 % de su capacidad instalada.	Rojo (corto plazo)	En virtud del crecimiento de la mancha urbana, se ha alcanzado la capacidad de tratamiento, por lo que es preciso ampliarla.
	La calidad del efluente de las PTAR Norte y Sur requiere ser elevada para poder tener reúso.	Rojo (corto plazo)	En general se requiere darles mantenimiento mayor a las plantas y analizar la factibilidad para pasar a calidad 20/20 mg/l en ambas plantas, y fomentar su reúso.
Red de alcantarillado en general	Se desconoce la evolución de su estado físico actual y su funcionamiento hidráulico integral.	Rojo (corto plazo)	Se requiere la ejecución de estudios relacionados con el catastro y modelación de redes, medición de caudales, así como revisión por video y la actualización del padrón de usuarios, incluyendo usuarios de aguas tratadas.
Establecer el sistema de drenaje en la zona poniente	Se carece del servicio	Amarillo (mediano plazo)	Zona en pleno crecimiento que requiere la prestación del servicio (colonias en km 27 y 29), así como estudios para su mejor desarrollo.
Colector Profundo	Se requiere construir o ampliar	Amarillo (mediano plazo)	Se ha analizado el desarrollo de un drenaje profundo como opción para el manejo de las aguas residuales en la zona E y SE.
PTAR Samalayuca	Obra inconclusa	Amarillo (mediano plazo)	En complemento a la introducción de la red de drenaje, es preciso establecer el sistema de tratamiento de aguas negras.
Sistema de drenaje zona poniente y Surponiente	Se carece del servicio	Verde (largo plazo)	Se requiere establecer la infraestructura para el manejo adecuado de las aguas negras, incluyendo el emisor hacia la PTAR Sur-Sur y la PTAR Chaparral.

Fuente: elaboración propia con información de la JMÁS

En la ilustración 26 se presentan las instalaciones del Sistema de Drenaje y Saneamiento, que requieren atención prioritaria y a corto plazo, así como aquellas que pueden ser atendidas en el mediano y largo plazos. En esta ilustración se incluye la identificación de zonas en las cuales se espera rehabilitar la red de atarjeas y las áreas en las cuales debe ampliarse la cobertura de la red de colectores, por tratarse de lugares 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

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 general del Sistema de Alcantarillado y Saneamiento no se cuenta con manuales ni con políticas formales de operación, tan sólo con lineamientos de carácter operativo.

Como principales fuentes para la recopilación de información se contó con las siguientes dependencias: JMAS, CFE, IMIP, CONAGUA y CILA. A continuación se describen brevemente los aspectos más relevantes de los manuales y políticas de operación de las PTAR de Ciudad Juárez, a cargo de la JMAS Juárez.

PTAR Anapra

Con el fin de operar y controlar los procesos de tratamiento y reúso de aguas residuales se desarrollaron los Manuales de Operación y Mantenimiento para la planta de bombeo y la PTAR.

El Manual de Operación y Mantenimiento incluye:

- Operación, control y mantenimiento de la estación de pretratamiento y bombeo de Anapra.
- Operación, control y mantenimiento de la PTAR de Anapra.

El Manual de Operación está dirigido a:

- Lograr la optimización del uso de las instalaciones, mediante la implantación de políticas de operación adecuadas a sus características.
- Hacer accesible la comprensión de los principios básicos de los procesos y de las técnicas de operación y control para fortalecer la capacidad de los operadores.
- Apoyar la integración de la información generada en la planta de tratamiento para facilitar la evaluación operativa y, en su caso, el planteamiento de adecuaciones necesarias para mantener la operación a un alto nivel.

Se considera que este Manual está bastante completo; incluye descripción de los procesos y de la forma de operación, reportes de los procesos, etcétera. Cumple con los requerimientos necesarios para llevar a cabo la operación de la PTAR sin contratiempos, contando con personal de la JMAS ampliamente capacitado.

El Manual de Mantenimiento está dirigido a:

- Mantener el equipo operando a su máxima eficiencia todo el tiempo.
- Reducir al máximo las interrupciones durante la operación normal.
- Disminuir al mínimo el tiempo asociado a las interrupciones anteriores.
- Controlar los costos asociados a las prácticas anteriormente mencionadas.
- Mantener un alto nivel de eficiencia de los trabajos ejecutados por el área de mantenimiento, mediante el aprovechamiento de las técnicas más adecuadas y la superación constante de su personal, el cual deberá tener un alto grado de habilidad, destreza y preparación.
- Formular y establecer programas de mantenimiento basados en el programa observado de los equipos de instalaciones.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Formular y controlar un inventario de partes de repuesto requeridas para las labores de mantenimiento.
- Establecer con las áreas relacionadas políticas y acciones de mantenimiento a largo plazo.

Los proyectos ejecutivos cuentan con un Manual de Operación y Mantenimiento, el cual incluye las actividades principales para la adecuada operación y prevención de fallas en la infraestructura propuesta.

PTAR Norte

La PTAR urbana tiene como objetivo disminuir los contaminantes presentes en el agua a tratar, de acuerdo con las calidades indicadas en las bases de diseño de proceso.

Para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se dispone de un sistema de control compuesto por:

- a) Un tablero de control central integrado de la siguiente forma:
 - a. Un controlador lógico programable maestro (PLC-M).
 - b. Una interfaz de operación hombre máquina (PC).
 - c. Un monitor del tipo pantalla plana (LCD).
 - d. Una alarma sonora con botón de reconocimiento (callar).
- b) Dos centros de control de motores (CCM).
- c) Un controlador lógico programable (PLC).
- d) Tableros locales de mando (TLM).

El Manual de Operación está dirigido a:

- Lograr la optimización del uso de las instalaciones mencionadas, mediante la implantación de políticas de operación adecuadas a sus características.
- Hacer accesible la comprensión de los principios básicos de los procesos y de las técnicas de operación y control para fortalecer la capacidad de los operadores.
- Apoyar la integración de la información generada en la planta de tratamiento para facilitar la evaluación operativa y, en su caso, el planteamiento de adecuaciones necesarias para mantener la operación a un alto nivel.

Se observa que el Manual de Operación para esta PTAR cumple con los requerimientos necesarios, dado que está en uso desde el 2010 y se encuentra funcionando en grado aceptable, indicando que el personal operativo tiene buena capacitación.

El Manual de Mantenimiento está dirigido a:

- Mantener el equipo operando a su máxima eficiencia todo el tiempo.
- Reducir al máximo las interrupciones durante la operación normal.
- Disminuir al mínimo el tiempo asociado a las interrupciones anteriores.
- Controlar los costos asociados a las prácticas anteriormente mencionadas.
- Mantener un alto nivel de eficiencia de los trabajos ejecutados por el área de mantenimiento, mediante el aprovechamiento de las técnicas más adecuadas y la



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

superación constante de su personal, el cual deberá tener un alto grado de habilidad, destreza y preparación.

- Realizar y establecer programas de mantenimiento basados en el programa observado de los equipos de instalaciones.
- Formular y controlar un inventario de partes de repuesto requeridas para las labores de mantenimiento.
- Establecer con las áreas relacionadas políticas y acciones de mantenimiento a largo plazo.

PTAR Sur

La PTAR urbana tiene como objetivo disminuir los contaminantes presentes en el agua a tratar, de acuerdo con las calidades indicadas en las bases de diseño de proceso y perfil hidráulico.

Para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se dispone de un sistema de control compuesto por:

a) Un tablero de control central integrado de la siguiente forma:

- a) Un controlador lógico programable maestro (PLC-M).
- b) Una interfaz de operación hombre máquina (PC).
- c) Un monitor del tipo tubo de rayos catódicos (CRT).
- d) Una alarma sonora con botón de reconocimiento (callar).

b) Dos centros de control de motores (CCM).

e) Cuatro controladores lógicos programables locales.

d) Tableros locales de mando (TLM).

El Manual de Operación está dirigido a:

- Lograr la optimización del uso de las instalaciones, mediante la implantación de políticas de operación adecuadas a sus características.
- Hacer accesible la comprensión de los principios básicos de los procesos y de las técnicas de operación y control para fortalecer la capacidad de los operadores.
- Apoyar la integración de la información generada en la planta de tratamiento para facilitar la evaluación operativa y, en su caso, el planteamiento de adecuaciones necesarias para mantener la operación a un alto nivel.

Se observa que el Manual de Operación para esta PTAR cumple con los requerimientos necesarios, dado que está en uso desde el 2009 y se encuentra en operación en grado bueno, lo que indica que el personal que opera está capacitado.

El Manual de Mantenimiento está dirigido a:

- Mantener el equipo operando a su máxima eficiencia todo el tiempo.
- Reducir al máximo las interrupciones durante la operación normal.
- Disminuir al mínimo el tiempo asociado a las interrupciones anteriores.
- Controlar los costos asociados a las prácticas anteriormente mencionadas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Mantener un alto nivel de eficiencia de los trabajos ejecutados por el área de mantenimiento, mediante el aprovechamiento de las técnicas más adecuadas y la superación constante de su personal, el cual deberá tener un alto grado de habilidad, destreza y preparación.
- Realizar y establecer programas de mantenimiento basados en el programa observado de los equipos de instalaciones.
- Formular y controlar un inventario de partes de repuesto requeridas para las labores de mantenimiento.
- Establecer con las áreas relacionadas políticas y acciones de mantenimiento a largo plazo.

PTAR Sur-Sur

El Manual de Operación y Mantenimiento incluye:

- Operación, control y mantenimiento de la PTAR Sur-Sur

El Manual de Operación está dirigido a:

- Lograr la optimización del uso de las instalaciones, mediante la implantación de políticas de operación adecuadas a sus características.
- Hacer accesible la comprensión de los principios básicos de los procesos y de las técnicas de operación y control para fortalecer la capacidad de los operadores.
- Apoyar la integración de la información generada en la planta de tratamiento para la evaluación operativa y, en su caso, el planteamiento de adecuaciones necesarias para mantener la operación a un alto nivel.

El Manual de Mantenimiento está dirigido a:

- Mantener el equipo operando a su máxima eficiencia todo el tiempo.
- Reducir al máximo las interrupciones durante la operación normal.
- Disminuir al mínimo el tiempo asociado a las interrupciones anteriores.
- Controlar los costos asociados a las prácticas anteriormente mencionadas.
- Mantener un alto nivel de eficiencia de los trabajos ejecutados por el área de mantenimiento, mediante el aprovechamiento de las técnicas más adecuadas y la superación constante de su personal, el cual deberá tener un alto grado de habilidad, destreza y preparación.
- Realizar y establecer programas de mantenimiento basados en el programa observado de los equipos de instalaciones.
- Formular y controlar un inventario de partes de repuesto requeridas para las labores de mantenimiento.
- Establecer con las áreas relacionadas políticas y acciones de mantenimiento a largo plazo.

PTAR Laguna de Patos

Como principales objetivos del Manual de Operación y Mantenimiento de esta PTAR se listan los siguientes:



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- a) Proporcionar a encargados y operadores una herramienta de fácil consulta para el arranque, operación, control y mantenimiento de las unidades y equipos de la planta de tratamiento.
- b) Lograr el aprovechamiento máximo de las instalaciones, mediante la implantación de políticas de operación adecuadas a sus características particulares y la sistematización de las actividades derivadas de ellas.
- c) Hacer accesibles la comprensión de los principios del proceso y las diferentes técnicas de operación y control de este.

El manejo de equipos mecánicos, eléctricos, y su instrumentación, se desarrollará de acuerdo con las marcas y modelos que se lleguen a instalar, y siguiendo los instructivos de operación que los fabricantes respectivos de equipo suministren al contratista de obra, quien tendrá en última instancia la responsabilidad de entregarlos al operador, así como de capacitarlo en el manejo de los equipos. Lo anterior es de particular importancia, con objeto no sólo de operar correctamente los equipos, sino también de preservar la garantía de los proveedores.

Estas simples reglas deben ser seguidas:

- Mantener una planta limpia y ordenada.
- Establecer un plan sistemático para la ejecución de las tareas diarias (tanto dentro como fuera).
- Establecer un horario para la inspección y lubricación del equipo; sopladores, etcétera.
- Mantener datos y registros de cada pieza de equipo, con énfasis en incidentes raros y fallas de operación.
- Observar medidas de seguridad.

Se considera que este Manual está bastante completo; incluye descripción de los procesos y de la forma de operación, reportes de los procesos, etcétera. Cumple con los requerimientos necesarios para llevar a cabo la operación de la PTAR sin contratiempos, contando con personal de la JMAS ampliamente capacitado.

1.2.3 Situación sobre derechos de vía y tenencia de la tierra

En el caso de las tuberías que comprenden las atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, la mayoría de ellos 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.

Asimismo, los terrenos en los que se localizan las PTAR y las EBAR o RAN, son propiedad de la JMAS Juárez, de acuerdo con información proporcionada por el Área de Estudios y Proyectos de la misma Junta.

1.2.4 Condiciones de los sitios de descarga y disposición final

De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), administrado por la CONAGUA, la JMAS Juárez tiene dos títulos de concesión público urbano con anexo de descarga, como se muestra a continuación en la tabla 12. Asimismo, el REPGA no tiene registrado derecho alguno de agricultores para el uso de las aguas residuales tratadas, provenientes de la PTAR.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 12. Títulos de concesión existentes en el REPDA con anexo de descarga de las PTAR de Ciudad Juárez

Título de concesión	Volumen M ³ /día	Sitio	Coordenadas	
06CHI100312/24HMGC07	192,900.00	Canal de Riego	31°42'16.0000"	-106°23'15.0000"
	75,017.00	Canal de Riego	31°39'18.0000"	-106°20'13.0000"
06CHI150008/24HMGC11	460.00	Canal S/N	31°30'56.0000"	-106°15'35.0000"

Fuente: elaboración propia con información del Registro Público de Derechos de Agua

A continuación se describen las condiciones de descarga y disposición final de las principales PTAR de Ciudad Juárez.

Planta de tratamiento ANAPRA

Este proyecto ha sido diseñado para introducir el sistema de alcantarillado sanitario, darle un tratamiento de nivel secundario a las aguas recolectadas, y utilizarlas en el riego de parques, jardines, campos deportivos y camellones de la zona conocida como Colonia Anapra, que es el acrónimo de la Asociación Nacional de Productores Agrícolas, a cuyos integrantes les fueron asignadas estas tierras.

El proyecto consiste en la implementación de un sistema integral de tratamiento de aguas residuales y reúso de las mismas; este sistema constará de los siguientes elementos principales:

- Sistema de alcantarillado y conducción de aguas residuales:
- Construcción de la red de alcantarillado para el 100 % de la población de Colonia Anapra, con aproximadamente 27,800 metros lineales de tuberías, principalmente de 20 mm a gravedad, con sus correspondientes pozos de visita.
- Sistema de tratamiento de aguas residuales con capacidad de 62 lps.
- Sistema de remoción de sólidos (desbaste) y grasas.
- Dos reactores de lodos activados con aireación extendida, con capacidad de 31 lps, cada uno.
- Dos sedimentadores secundarios.
- Sistema de disposición de lodos.
- Lechos de secado.

Planta de tratamiento Norte

Proyecto de tratamiento de aguas residuales de origen municipal, mediante un proceso que consiste esencialmente en una sedimentación, desbaste de gruesos y tratamiento por clarifloculación y desinfección final con cloro. Este tratamiento puede evolucionar dependiendo de la demanda y calidad del agua residual al proceso biológico (lodos activados, tipo media carga sin nitrificación). Se ubica en Ciudad Juárez, en la zona de integración ecológica, Distrito de Riego 009, en el dren 1 A al cual descarga en un terreno de 23.6 ha. Diseñada para tratar un gasto de 2.5 m³/s.

La red morada actualmente cuenta con 25 km de tubería; comienza en la PTAR-Norte, desde el módulo especial de tratamiento, con capacidad de 100 lps, y permite obtener una calidad adecuada del agua para ser usada en servicios al público con contacto directo, según las especificaciones de la NOM-003-SEMARNAT-1997. De la capacidad de 100 lps, actualmente sólo se utiliza el 13 %; se cobra el 7 % y el 5 % restante se entrega al municipio para diferentes usos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Planta de tratamiento Sur

Proyecto de tratamiento de aguas residuales de origen municipal, mediante un proceso que consiste esencialmente en una sedimentación, desbaste de gruesos y tratamiento por clarifloculación y desinfección final con cloro. Este tratamiento puede evolucionar dependiendo de la demanda y calidad del agua residual al proceso biológico (lodos activados, tipo media carga sin nitrificación). Ubicada en la entrada al Valle de Juárez, en la zona de integración ecológica, Distrito de Riego 009, un kilómetro después de la confluencia del dren 2 A con el dren Interceptor, en un terreno de 23.5 ha. Diseñada para un gasto inicial de 1 m³/s hasta llegar a 3.5 m³/s en futuras ampliaciones.

Actualmente la red morada está incompleta, siendo lo más urgente para mejorar el servicio en forma inmediata: cerrar el circuito inicial, utilizar los tanques elevados, que ya están instalados, y construir las ampliaciones hasta los parques industriales. La longitud de tuberías adicional a la existente es de 41.9 km; los diámetros de las tuberías son desde 2 hasta 18 pulgadas.

Se lleva a cabo el aprovechamiento del biogás, producido en los biodigestores de lodos provenientes de las PTAR Norte, Laguna de Patos y de la propia PTAR Sur, para la generación de energía eléctrica. Se estima que con el biogás generado es posible obtener hasta 5'238,480 kWh/año.

Como parte del proceso de saneamiento, empleado en la PTAR Sur, se estima que una vez aprovechados y estabilizados los lodos en los biodigestores, se generan alrededor de 300 toneladas diarias que son transportados para su disposición final en una zona autorizada dentro de las instalaciones del Relleno Sanitario de Ciudad Juárez, a cargo de la empresa Promotora Ambiental de la Laguna, S.A. de C.V. (PASA), ubicado a 18.14 kilómetros en línea recta, al SW de la PTAR Sur (ilustración 27).

Planta de tratamiento Sur-Sur

Proyecto de tratamiento de aguas residuales de origen municipal, mediante un proceso que consiste esencialmente en una sedimentación, desbaste de gruesos y tratamiento por clarifloculación y desinfección final con cloro. Ubicada en el Valle de Juárez, en la margen derecha del dren Interceptor, al cual descarga sus excedentes, en esta planta se orientó el uso del agua tratada para el riego agrícola, y descarga a la red de canales revestidos del sistema del Distrito de Riego 009, donde se mezclan con aguas que proporciona Estados Unidos, con base en la Convención de 1906, las cuales son utilizadas en el riego de cultivos de tallo largo.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 27. Ubicación y distancia del relleno sanitario de Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con base en Google Earth, 2020

1.2.5 Costos actuales de operación y mantenimiento

Como se menciona en el apartado 1.1.4.3, los costos actuales de operación y mantenimiento de las PTAR principales de Ciudad Juárez son los que se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Costos actuales de operación y mantenimiento de PTARs

PTAR	COSTOS (\$/MES)			CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (KW/MES)
	OPERACION	MANTENIMIENTO	ENERGÍA ELÉCTRICA	
ANAPRA	415,500	65,000	78,803	36,300
NORTE	6'218,030			1'048,227
SUR	7'112,385			1'240,680
SUR-SUR	2'175,735			414,550
LAGUNA DE PATOS	300,000	65,000	83,140	38,300

Fuente: JMAS Juárez

1.2.6 Capacidades financieras de los organismos

La capacidad financiera de la JMAS Juárez ha sido determinada a través de la calificación que FITCH RATINGS le otorgó, analizando su comportamiento económico y financiero de los años 2018 y 2019, y hasta mayo del 2020.

Al respecto, es importante citar que FITCH RATINGS es una empresa financiera en el ámbito mundial, cuya principal actividad es la evaluación del riesgo de aplicación de créditos, mediante diversas metodologías y modelos tendenciales y de proyección. Básicamente, significa que sus calificaciones son una referencia para inversionistas, al tomar decisiones sobre qué industrias y en qué países



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

invertir y, en este caso, sobre la capacidad de manejo de deuda y créditos, por parte de la JMAS Juárez y su respuesta esperada ante la obtención de créditos.

JMAS Juárez es un organismo público descentralizado del Gobierno del estado de Chihuahua y es regulado por la Junta Central de Agua y Saneamiento (JCAS) del Estado. De acuerdo con la “Metodología de Calificación de Entidades Relacionadas con el Gobierno” (ERG), la combinación de factores presentó dos revalorizaciones, respecto a las implicaciones sociopolíticas de un incumplimiento y las implicaciones financieras del incumplimiento de la ERG. El puntaje obtenido fue de 25, por lo que la agencia continúa calificando a JMAS Juárez bajo su perfil crediticio individual (PCI), ya que, por su desempeño financiero adecuado y autonomía presupuestaria, no requiere apoyos del Estado para su operación. A lo largo de su historia, el Estado no ha interferido en los recursos del organismo, ya que por ley no puede disponer de sus ingresos.

En virtud de lo anterior, el pasado 26 de junio del 2020 Fitch Ratings ratificó la calificación de largo plazo en escala nacional de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (JMAS Juárez) en ‘AA (mex)’. La Perspectiva es Estable.

La ratificación de la calificación en ‘AA (mex)’ refleja la expectativa de Fitch de que JMAS Juárez preservará un desempeño financiero estable, con una métrica de apalancamiento esperada menor a 6, como se previó en la revisión anterior. La calificación del organismo refleja la combinación de legitimidad de los ingresos y riesgo operativo, evaluados en ‘Rango Medio’, y un perfil financiero de ‘Rango Medio’. La Perspectiva Estable refleja la expectativa de que las métricas de deuda se mantendrán en línea con los escenarios de Fitch.

Si bien los datos disponibles más recientes de JMAS Juárez pueden no haber indicado un deterioro significativo en el desempeño, se están produciendo cambios importantes en la deuda, los ingresos y los gastos de los Gobiernos en todo el sector, y es probable que empeoren en las próximas semanas y meses, a medida que la actividad económica se afecte y las restricciones gubernamentales se mantengan o se amplíen. Las calificaciones de Fitch son de naturaleza prospectiva, monitorean los desarrollos en el sector por su severidad y duración, e incorporan aportes cualitativos y cuantitativos revisados de los casos base y calificación, según las expectativas de desempeño y la evaluación de riesgos clave.

La ratificación de calificación se fundamenta en la evaluación del PCI de Fitch bajo la “Metodología de Calificación de Entidades Respaladas por Ingresos del Sector Público (Metodología Maestra)”, la cual dio como resultado una legitimidad de los ingresos de ‘Rango Medio’, un perfil operativo y financiero de ‘Rango Medio’ y un perfil de liquidez adecuado que es neutral para la calificación.

Legitimidad de los Ingresos—‘Rango Medio’: Fitch califica la legitimidad de los ingresos de JMAS Juárez como un atributo de ‘Rango Medio’. La evaluación considera la revaloración de la demanda a ‘Rango Medio’, derivado del crecimiento poblacional estable, pero bajo y base diversificada, dado que Ciudad Juárez AA (mex) es una zona metropolitana importante en el contexto nacional. El municipio es un centro industrial importante de maquila de exportación del país, que agrupa 20 % de los establecimientos nacionales de esta índole. Entre las ramas industriales destacan: la automotriz, electrónica y eléctrica.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

A diciembre del 2019, el organismo contaba con 468.9 mil cuentas, de las cuales 96.2 % correspondían a usuarios domésticos, 3.1 % al sector comercial, el sector industrial representó 0.2 % de los usuarios y 0.5 % eran del sector público. Actualmente, JMAS Juárez está llevando a cabo un proceso de cambio de medidores a medidores inteligentes, lo que les permitirá mejorar sus pronósticos de ingresos y optimizar su nivel de micro medición, que actualmente se ubica en 35 %, inferior al promedio del Grupo de Organismos Calificados (GOC) por Fitch de 53.5 %.

La evaluación del atributo de ingresos también considera la flexibilidad tarifaria media del organismo, puesto que las modificaciones en sus tarifas requieren autorización de su Consejo Administrativo y del Consejo de la JCAS, para que sean publicadas en el Periódico Oficial del Estado. Las tarifas promedio ponderadas han incrementado año a año; en el 2019, la tarifa promedio ponderada fue de \$22.60 por metro cúbico, y presentó una tasa media anual de crecimiento (TMAC) del 2015 al 2019, de 10.6 %.

En el avance a mayo del 2020, se estima una caída en los ingresos del organismo de 2 %, respecto al mismo período del año anterior, ocasionado por la crisis sanitaria del coronavirus. Como medida para apoyar a la población durante la pandemia, JCAS aprobó que las Juntas Municipales realizaran descuentos temporales en recargos. Además, JMAS Juárez redujo el consumo mínimo del sector comercial, de 20 a 10 metros cúbicos, y para el sector industrial de 25 a 10 metros cúbicos.

Riesgo Operativo—'Rango Medio': en lo que respecta al atributo de riesgo operativo, JMAS Juárez presenta características de 'Rango Medio'. Los costos operativos se consideran en 'Rango Medio', debido al control moderado en el gasto, lo cual se ve reflejado en el comportamiento del mismo en el período de análisis. A pesar de que las políticas de contención de gasto se han mantenido vigentes desde el 2017, el gasto operativo del organismo presentó una TMAC de 5.6 % en los últimos cinco años.

JMAS Juárez brinda servicio continuo las 24 horas del día a sus usuarios, y posee necesidades de infraestructura hidráulica, que incluyen sectorización y micro medición. Lo anterior limita el perfil operativo de JMAS Juárez, pues su eficiencia física, global y de cobranza de 56.5 %, 35 % y 62 % son inferiores a los promedios del GOC de 64.7 %, 53.5 % y 80.7 %, respectivamente.

Actualmente, el proyecto más importante de JMAS Juárez es la adquisición de medidores inteligentes para tomar lectura de consumo por hora y facturar vía satélite. El objetivo es reducir el agua no contabilizada (desperdiciada) e incrementar la medición y tiempos de facturación.

Perfil Financiero—'Rango Medio': El perfil financiero se revaloró a 'Rango Medio' desde 'Rango Fuerte', de acuerdo con la evaluación de las obligaciones proyectadas de la Junta en un escenario de calificación o de estrés. Aunque JMAS Juárez no cuenta con endeudamiento directo de largo o corto plazo, actualmente el organismo tiene tres concesiones de plantas de tratamiento (Sur-Sur, planta Norte y Sur), catalogadas como otras deudas, consideradas por Fitch (GOC), las cuales se incorporan en la deuda neta ajustada del organismo. Además, JMAS Juárez mantenía la concesión del acueducto Conejos Médanos, cuya inversión terminó de pagarse en mayo del 2020, por lo que en adelante se harán pagos por conceptos de operación. Desde el 2017, JMAS Juárez registró en balance estas obligaciones de pago multianuales como un pasivo no circulante, que al cierre del 2019 totalizó 484.8 mdp.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Bajo un escenario de calificación, Fitch estima que la métrica de apalancamiento de deuda neta ajustada a EBITDA, que refleje un ciclo de inversión acorde con sus necesidades, podría ubicarse cercana a 6 veces hacia el 2024, nivel alineado con un perfil financiero de 'Rango Medio' y acorde con su nivel de calificación actual, al encontrarse dentro del umbral metodológico de entre 4 y 6 veces, con un perfil operativo y de ingresos en 'Rango Medio'.

En los años 2018 y 2019 la liquidez de JMAS Juárez continuó mejorando y su nivel se mantuvo como neutral para la evaluación del perfil financiero. El indicador de colchón de liquidez (EBITDA menos servicio de la deuda más caja a gasto operativo neto de depreciación) fue de 0.64, superior al estándar metodológico de Fitch, al ser mayor que 0.33. Por otro lado, el pasivo circulante presentó una disminución y pasó de 260.2 mdp, en el 2018, a 192.2 mdp al cierre del 2019.

Factores Asimétricos y Agregados—'Neutral': similar a otros organismos calificados por Fitch, el techo país y régimen legal de México son factores que se consideran en la calificación del organismo. En cuanto a su administración, JMAS Juárez está regulada por la JCAS del estado de Chihuahua. Asimismo, la administración actual presenta estabilidad en sus políticas y operación. En materia de información, JMAS Juárez está en proceso de migrar hacia la contabilidad gubernamental. Por otra parte, Fitch considera que a la fecha el organismo no enfrenta alguna contingencia financiera ni relacionada con pasivos por pensiones.

Evaluación ERG: Los factores de estatus, propiedad y control, historial y expectativa de soporte, son evaluados como 'Fuerte', y se mantuvieron sin cambios. La evaluación del factor de implicaciones sociopolíticas de un incumplimiento de la ERG se modificó a 'Fuerte' desde 'Muy Fuerte', dado que la agencia considera que, ante un posible incumplimiento, el servicio puede verse afectado, pero no limitado por un período significativo. De igual modo, Fitch revalorizó el factor de implicaciones financieras de un incumplimiento de la ERG a 'Moderado' desde 'Débil', dado que el incumplimiento tendría un impacto moderado en la disponibilidad y el costo del financiamiento por parte del Gobierno. El puntaje obtenido fue de 25, por lo que la agencia califica a JMAS Juárez bajo su PCI.

Las calificaciones de los emisores Finanzas Públicas tienen un escenario de mejora para el mejor caso (definido como el percentil número 99 de las transiciones de calificación, medido en una dirección positiva) de tres niveles en un horizonte de calificación de tres años, y un escenario de degradación para el peor caso (definido como el percentil número 99 de las transiciones de calificación, medido en una dirección negativa) de cuatro niveles durante tres años. El rango completo de las calificaciones para los mejores y los peores escenarios en todos los rangos de calificación de las categorías de la 'AAA' a la 'D'. Las calificaciones para los escenarios de mejor y peor caso se basan en el desempeño histórico.



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, y con base en información de la JMAS Juárez, se estima que actualmente (2020), se trata el 100 % de las aguas que llegan a las cinco PTAR, y que representan un gasto aproximado de 3,619.20 lps, lo cual significa el 86.49 % de la capacidad instalada.

Por otra parte, se considera que el Sistema de Alcantarillado y Saneamiento de Juárez cuenta con una cobertura geográfica del 97 %. Si este lograra la cobertura del 100 %, el 3 % restante significaría un incremento directo de por lo menos 108.57 lps, es decir que estarían llegando a las PTAR un total de 3,727.77 lps, lo que representa poco más del 90 % de la capacidad instalada. Sin embargo, se espera que estos valores sean recalculados a partir de que se lleven a cabo los trabajos de mejoramiento de la red de alcantarillado y de los colectores, y la incorporación de zonas sin servicio.

2.1.2 Determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales

La forma tradicional de determinación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales, con las limitaciones del caso, se desarrolla a partir de la proyección de población a la que se presta el servicio, y considerando valores para la dotación per cápita de agua potable, de acuerdo con las condiciones climáticas, ya sean registrados, calculados o estimados, y determinando la generación de aguas residuales respectivas, a partir de indicadores recomendados. Sin embargo, la manera ideal de obtener el dato buscado es considerando los valores reales medidos en las obras de infraestructura, ya sea a través de medidores de flujo o sistemas de medición de caudal.

Ante la falta de valores registrados del influente en la mayoría de las PTAR, la estimación de la demanda futura de saneamiento de aguas residuales se realizará por el método tradicional. 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 de la JMAS Juárez y la dinámica de la entidad municipal.

La JMAS Juárez sólo presta sus servicios de saneamiento a los habitantes de la entidad municipal, principalmente de la cabecera. De acuerdo con la información de la CONAPO, para el año 2020 en Ciudad Juárez se concentra el 98.95 % de la población municipal, mientras que en el resto del territorio se ubica el 1.05 % del total de los habitantes de la entidad.

En la tabla 14 se presenta la estimación de la población servida por la JMAS Juárez para los principales periodos, a partir de las consideraciones establecidas previamente, y con base en el estudio de población desarrollado para la región.

Tabla 14. Proyección de población servida por la JMAS Juárez

Año	Cabecera Ciudad Juárez	Total población servida	Año	Cabecera Ciudad Juárez	Total población servida
2020	1'439,177	1'439,177	2035	1'552,272	1'552,272



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Año	Cabecera Ciudad Juárez	Total población servida	Año	Cabecera Ciudad Juárez	Total población servida
2021	1'447,536	1'447,536	2040	1'583,177	1'583,177
2024	1'470,951	1'470,951	2045	1'610,820	1'610,820
2030	1'517,811	1'517,811	2050	1'635,492	1'635,492

Fuente: elaboración propia con base en CONAPO

Tomando como base el dato de la JMAS Juárez para el año 2020, relativo al caudal de aguas tratadas en las PTAR que alcanzó los 3,619.20 lps, se determina que la dotación per cápita diaria de agua potable fue de 289.70 litros, considerando que el 75 % se convierte en aguas residuales, después de su uso. Para el año 2021 se conservó la misma dotación per cápita para el cálculo correspondiente, aumentando a 300 litros para el periodo 2022-2025, a 350 litros por habitante al día para el lapso 2026-2035, y finalmente incrementándose 25 litros diarios por habitante de manera sucesiva para los siguientes dos periodos (2036-2045 y 2046-2050); todo ello con base en las estimaciones establecidas en la actualización del Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Juárez, Chihuahua (2013).

En la tabla 15 se establece la proyección de la demanda futura de agua residual que requiere ser sometida a proceso de saneamiento en las PTAR de Ciudad Juárez.

Tabla 15. Proyección de la demanda futura de saneamiento en las PTAR de Ciudad Juárez

Año	Dotación diaria total (millones L)	Aguas residuales generadas (millones L)	Caudal aguas residuales (lps)	Año	Dotación diaria total (millones L)	Aguas residuales generadas (millones L)	Caudal aguas residuales (lps)
2020	416.931	312.699	3,619.20	2035	543.295	407.471	4,716.10
2021	419.353	314.515	3,640.22	2040	593.691	445.268	5,153.57
2024	441.285	330.963	3,830.60	2045	604.057	453.043	5,243.55
2030	531.234	398.425	4,611.40	2050	654.197	490.648	5,678.79

Fuente: elaboración propia

2.1.3 Comparación demanda actual y futura de colectores principales

Actualmente (2020) se cuenta con una red de colectores principales en cinco sistemas o cuencas, 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 3,619.2 lps. Sin embargo, se estima que algunos 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 con certeza.

A partir de lo anterior, el principal desafío en el corto plazo (2021-2024) es sustituir las tuberías antiguas y que presentan un mal funcionamiento, cuya longitud total se desconoce a falta de un catastro adecuado. Se determinó necesario ejecutar, como demanda actual y de corto plazo, un total aproximado de 897.1 km, que abarcan la rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo del Mimbres y Arroyo Las Víboras, rehabilitación y renovación de colectores sanitarios en el centro histórico de la ciudad y polígono AMP2011, así como la renovación de 214.1 km de colectores dañados en el resto de la ciudad, incluyendo los cruces especiales, rehabilitación de 600 km de red de atarjeas, así como la construcción de la red de alcantarillado del poblado de Samalayuca, necesarios para gestionar el manejo de un caudal superior a 3830 lps.

Por otra parte, para atender la demanda futura de las zonas de crecimiento en las porciones W, SW y SSE, cuyo crecimiento esperado es paulatino y moderado a mediano y largo plazos, de acuerdo



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

con el Plan Director de Desarrollo Urbano de la Zona Poniente, se estima que será necesario ampliar la red principal de drenaje en por lo menos 126.8 km, a fin de atender la demanda del servicio para el 2050, incluyendo la construcción del colector Profundo y la red de alcantarillado en las colonias de los km 27 y 29, con una capacidad total de manejo de casi 5679 lps.

2.1.4 Comparación demanda actual y futura de estaciones de bombeo principales

Como se ha descrito previamente, la demanda actual de bombeo de aguas residuales es atendida por 27 RAN, los cuales funcionan, en términos generales, de manera adecuada, trasladando hacia las cinco PTAR un caudal de 3,619.2 lps. Sin embargo, para satisfacer los requerimientos del corto plazo, y mantener el traslado de las aguas residuales, es preciso llevar a cabo acciones de diagnóstico y rehabilitación a por lo menos 12 de ellos (RAN 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30). De acuerdo con la JMAS Juárez, se considera que actualmente, y en el corto plazo (2024), se cuenta con la suficiente capacidad de bombeo y gestión de las aguas residuales generadas en Ciudad Juárez.

Para atender las necesidades que se prevén en el mediano y largo plazos, se ha determinado la necesidad de establecer por lo menos un RAN en la zona poniente, con la finalidad de conducir hasta 400 lps de aguas residuales hacia la PTAR Sur-Sur, en primera instancia (2026), y posteriormente hacia la nueva PTAR El Chaparral (2034).

2.1.5 Comparación demanda actual y futura de plantas de tratamiento

Si bien en la actualidad (2021) se presta saneamiento al 100 % de las aguas residuales que llegan a las cinco PTAR de Ciudad Juárez, la Norte y Sur-Sur trabajan por encima del 90 % de su capacidad instalada, mientras que la Laguna de Patos opera al 84 %, gestionando caudales de 1500, 474 y 21 lps, respectivamente. Por lo anterior, y con base en el crecimiento estimado de la demanda de saneamiento, establecido en la tabla 14, a comienzos del periodo de corto plazo (primer trimestre de 2022), se estima que será necesaria la entrada en operación de la ampliación de la PTAR Sur-Sur, en virtud de que el crecimiento de la demanda tiende a desarrollarse hacia su zona de influencia, con la cual se duplicará su capacidad instalada, alcanzando esta instalación los 1000 lps, y elevándose la capacidad instalada total de saneamiento de Ciudad Juárez a 4,687.2 lps.

Para atender las necesidades de saneamiento en el largo plazo, y con base en la proyección de la demanda, establecida en la citada tabla 15, para el año 2034 será necesaria la entrada en operación de la PTAR El Chaparral, ubicada en la zona surponiente de Ciudad Juárez y con capacidad instalada de tratamiento de 400 lps. Esta planta incrementará la capacidad instalada total de saneamiento de Ciudad Juárez a 5,187.2 lps, que se estima será suficiente hasta finales del año 2042.

2.1.6 Comparación demanda actual y futura de agua de reúso

Como fue establecido en el apartado 1.1.3.1, prácticamente el 100 % de las aguas tratadas se reúsan en algún proceso, siendo el principal el riego agrícola, a través de los canales y drenes del Distrito de Riego 009.

De igual forma, se destacó que entre 21 y 24.5 lps se emplean en la elaboración de materiales prefabricados para construcción y también en el proceso de generación de energía en la termoeléctrica Samalayuca, y que aproximadamente otros 13 lps tienen un reúso urbano, sobre todo en el riego de áreas verdes y servicios sanitarios.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Con base en lo anterior, la demanda actual cubierta alcanza como máximo los 37.5 lps, de los 149.2 lps que representan la capacidad instalada conjunta actual de las PTAR Anapra y Laguna de Patos y del módulo especial de la PTAR Norte. Sin embargo, de acuerdo con la JMAS Juárez, la demanda actual no cubierta se estima que alcanza por lo menos los 19 lps, y está representada por usuarios ubicados en zonas aledañas a la PTAR Norte, donde no existe red morada y cuya demanda en el corto plazo (2024) podría alcanzar los 83 lps.

Los más de 200 establecimientos, dedicados al lavado de autos, localizados en Ciudad Juárez, representan una demanda que se estima en 62 lps, la cual es atendida parcialmente a través camiones cisterna, ante la falta de líneas de suministro de agua tratada.

Un análisis sobre los usuarios potenciales para el reúso de aguas tratadas, a través de las líneas moradas (ilustración 28), determinó que la demanda futura sería de aproximadamente 700 lps, lo cual implicaría no sólo hacer crecer la red de distribución, sino también la generación de aguas tratadas para reúso, teniendo como principal aplicación el riego de áreas verdes de parques, jardines y camellones públicos, así como las zonas similares de los alrededores, con edificios públicos, centros comerciales, fraccionamientos habitacionales, instituciones educativas, campos deportivos e industrias (582 lps).

2.2 Determinación de las necesidades de infraestructura, operación y mantenimiento

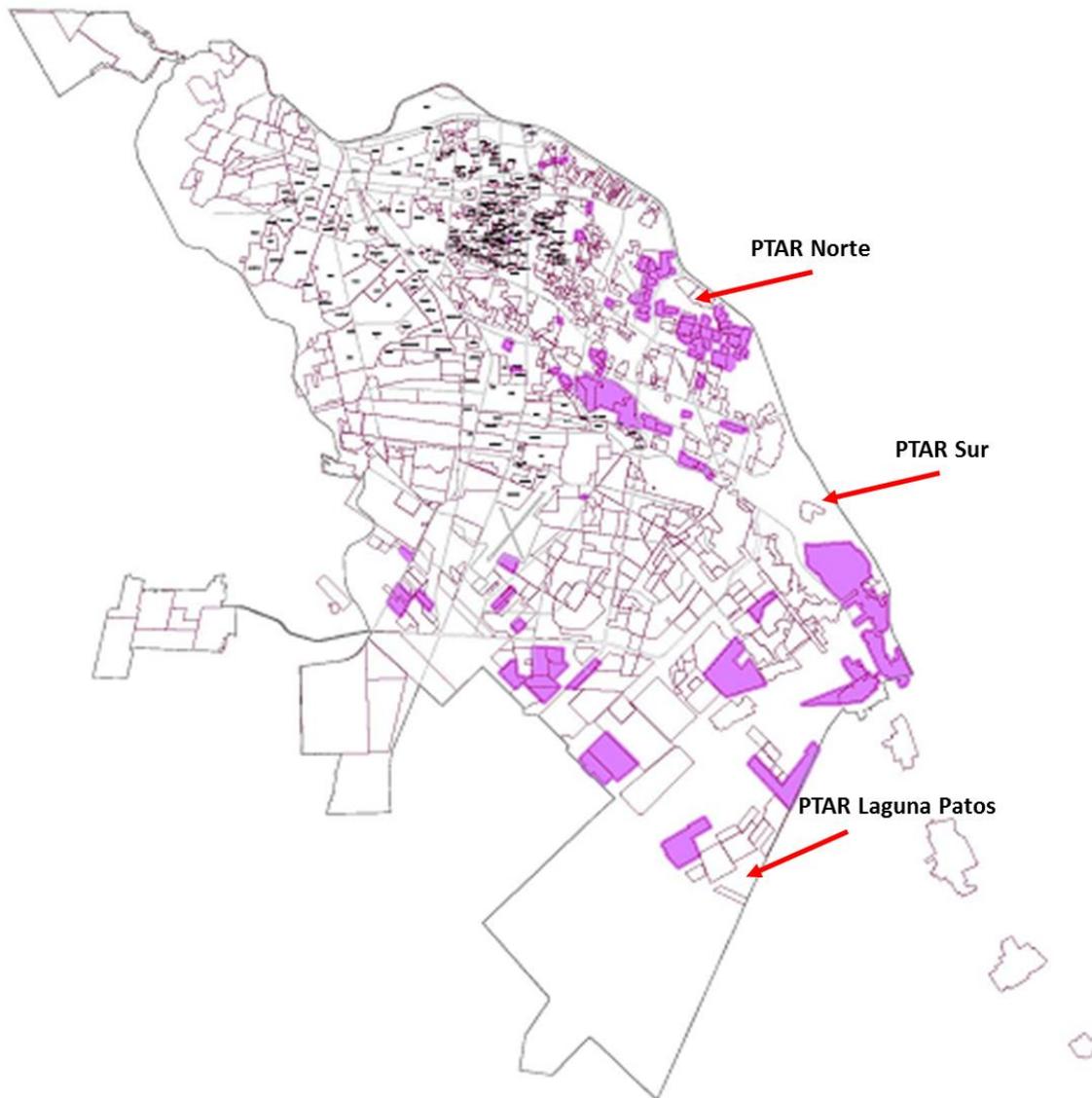
2.2.1 Reemplazo de la infraestructura que ha rebasado su vida útil

La infraestructura de drenaje sanitario en Ciudad Juárez, sobre todo en la zona centro, tiene una antigüedad superior a los 100 años y es urgente la reposición total de esta. En la tabla 16 se muestran las obras identificadas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 28. Ubicación de usuarios potenciales de aguas residuales tratadas en Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con base en información de la JMAS Juárez, 2020

Tabla 16. Proyectos de infraestructura que ha rebasado su vida útil

No.	Obra/proyecto/acción	Tiempo de ejecución (años)
1	Renovación de 214.1 km de colectores dañados en el resto de la ciudad	7
2	Renovación de colectores sanitarios en el centro histórico de la ciudad	6

Fuente: JMAS Juárez

En la ilustración 29 se presentan algunos de los colectores dañados que requieren renovarse, debido a que han rebasado su vida útil.

Ilustración 29. Ubicación de algunos colectores que requieren renovación en Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con base en información JMAS Juárez y Google Earth, 2020

2.2.2 Rehabilitación de la infraestructura deteriorada

La red general de colectores se encuentra en malas condiciones, y se han realizado únicamente reparaciones y reposiciones parciales en donde se presentan colapsos graves. Es indispensable implementar un programa de revisión de toda la red; por ejemplo, existen numerosos cruces con gran tráfico vehicular que deberán reforzarse para evitar que las tuberías sufran colapso por el sobrepeso y el impacto del tráfico. Esta situación es desafortunadamente recurrente, como puede constatarse en las noticias de todos los años.

Las obras que están en esta situación se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Proyectos de infraestructura que requieren rehabilitación

No.	Obra/proyecto/acción	Tiempo de ejecución (años)
1	Rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo El Mimbres y Arroyo Las Víboras	5
2	Rehabilitación de 14.8 km de colectores dentro del polígono AMP2011	5
3	Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en la totalidad de la ciudad	5
4	Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo	5

Fuente: JMAS Juárez

En la ilustración 31 se identifican algunos colectores que requieren rehabilitación de manera prioritaria.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 30. Ubicación de algunos colectores que requieren rehabilitación en Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con base en información de JMAS Juárez y Google Earth, 2020

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

Como ha sido descrito en el apartado 2.1.5, si bien en su conjunto las PTAR se encuentran trabajando a un 86.43 % de su capacidad instalada, la Norte y Sur-Sur, operan por encima del 90 %, mientras que la Laguna de Patos lo hace al 84 %. De las tres PTAR, la Sur-Sur se ubica en la zona de crecimiento urbano, por lo que se requiere su ampliación, de 500 a 1000 lps, a principios del corto plazo (2022-2024).

De manera similar, para atender las necesidades de saneamiento de largo plazo en la zona de desarrollo al surponiente de Ciudad Juárez, será necesaria la construcción y entrada en operación de la PTAR El Chaparral, con una capacidad instalada de tratamiento de 400 lps, para el año 2034.

Asimismo, en el poblado de Samalayuca, fuera de la zona urbana, se ha considerado concluir en el mediano plazo (2025) la construcción de la PTAR local de 5 lps, con un tratamiento secundario.

Como fue descrito previamente en el apartado 2.1.4, la demanda actual de bombeo de aguas residuales es atendida por 27 RAN, los cuales funcionan en términos generales de manera adecuada, trasladando hacia las cinco PTAR un caudal de 3,619.2 lps. Sin embargo, para atender los requerimientos del corto plazo y mantener el traslado de las aguas residuales, es preciso llevar a cabo acciones de diagnóstico y rehabilitación a por lo menos 12 de ellos (RAN 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30). De acuerdo con la JMAS Juárez, se considera que actualmente, y en el corto plazo (2024), se cuenta con la suficiente capacidad de bombeo y gestión de las aguas residuales generadas en Ciudad Juárez.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Sin embargo, para atender las necesidades que se prevén en el mediano y largo plazos, se ha determinado la necesidad de establecer por lo menos un RAN en la zona poniente, con la finalidad de conducir hasta 400 lps de aguas residuales hacia la PTAR Sur-Sur, en primera instancia (2026), y posteriormente hacia la nueva PTAR El Chaparral (2034).

Por ello, las obras de EBAR y PTAR que requieren incrementar su capacidad se muestran en la tabla 18.

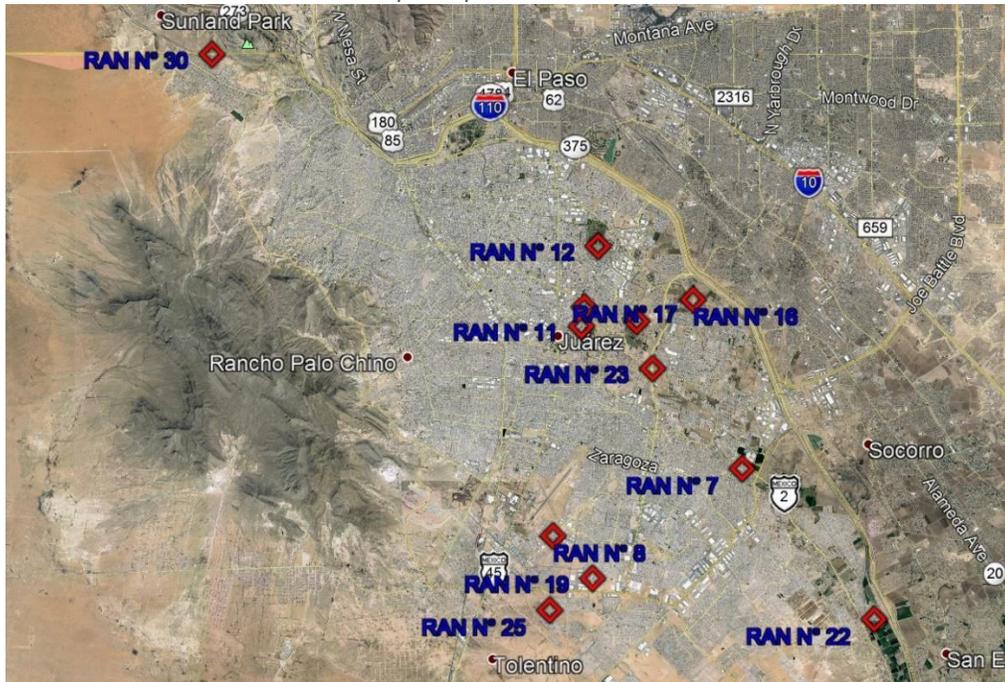
Tabla 18. EBAR y PTAR que requieren incremento en su capacidad

No.	Obra/proyecto/acción	Tiempo de ejecución (años)
1	Construcción de la ampliación de la PTAR Sur-Sur (Valle de Juárez)	2
2	Proyecto y construcción de la PTAR El Chaparral en zona del km 29	3
3	Conclusión de la PTAR del poblado de Samalayuca	2
4	Diagnóstico y rehabilitación de estructuras de rebombeo y cárcamos de bombeo No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30	2
5	Construcción de la planta de bombeo y línea de conducción de la zona poniente de Ciudad Juárez a la PTAR Sur-Sur	3

Fuente JMAS Juárez

En las ilustraciones 31 y 32 es posible observar la ubicación de los RAN que requieren labores de diagnóstico y rehabilitación, así como la ubicación de la PTAR inconclusa en el poblado de Samalayuca, al sur de Ciudad Juárez.

Ilustración 31. Ubicación de los RAN que requieren rehabilitación en Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con base en información JMAS Juárez y Google Earth, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 32. Ubicación de la PTAR en el poblado de Samalayuca



Fuente: elaboración propia con base en información JMAS Juárez y Google Earth, 2020

2.2.4 Reforzamiento del sistema de saneamiento en general

En los tres apartados previos se han descrito diferentes elementos, necesarios para reforzar el sistema de saneamiento en general; sin embargo, existen otras acciones complementarias, algunas de las cuales se describen a continuación.

Al no contar con drenaje pluvial, en forma general el sistema de saneamiento se encuentra vulnerable en época de lluvias, en virtud de que en las zonas de inundación o encharcamiento la población destapa los pozos de visita para desalojar el agua, lo que provoca entrada de azolve e incremento de la carga hidráulica a las tuberías, lo cual las lleva al colapso, provocando hundimientos y socavones en las calles, así como derrames que pueden llegar al río Bravo. Es necesario tomar medidas para minimizar esta situación y desarrollar proyectos alternativos que consigan resolver, aún en parte, la falta del drenaje pluvial.

Es necesario desarrollar una serie de estudios que permitan conocer de manera adecuada, tanto el funcionamiento como el estado físico del sistema de drenaje y alcantarillado, además de actualizar el padrón de usuarios y dotar al sistema de instrumentos de medición de caudales, así como desarrollar acciones complementarias, relacionadas con el drenaje pluvial, citado previamente, y obras de agua potable, todas de interés especial para la JMAS Juárez, por su carácter integral.

Los proyectos identificados de reforzamiento del sistema de saneamiento, en general y adicionales a los manifestados en las tablas previas, se presentan en la tabla 19.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

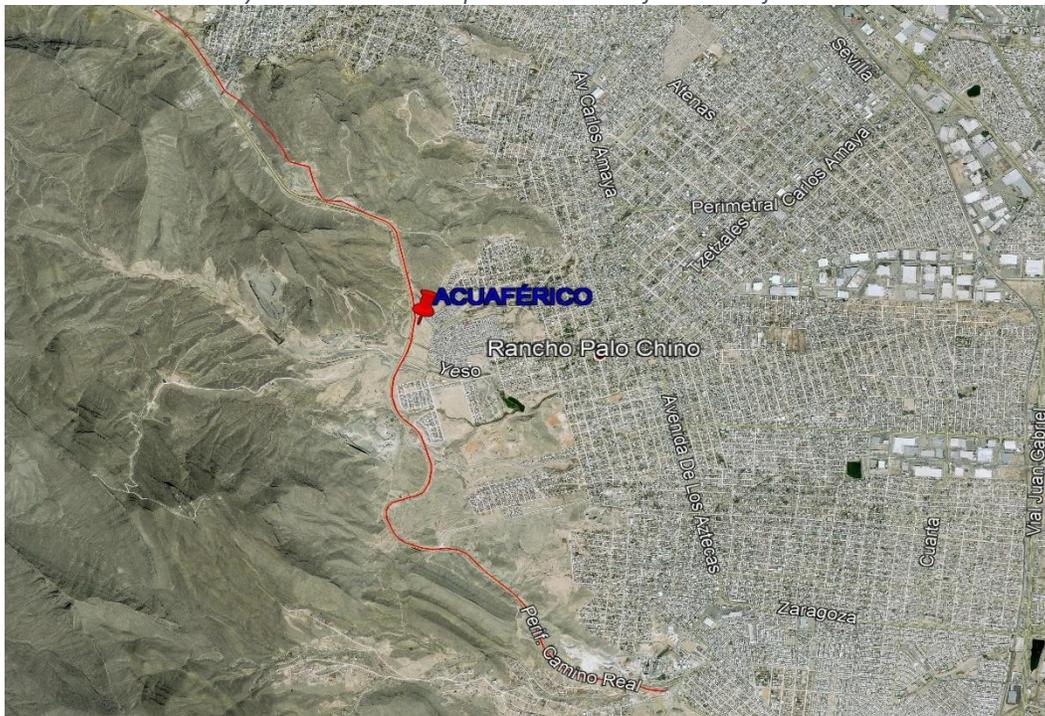
Tabla 19. Proyectos de reforzamiento del sistema de saneamiento en general

No.	Obra/proyecto/acción	Tiempo de ejecución (años)
1	Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor.	2
2	Construcción del drenaje pluvial en la zona centro.	2
3	Catastro de redes para integrar información al modelo de simulación.	1
4	Estudio para evaluar la factibilidad técnica, económica y contractual para pasar a una calidad 20/20 en el caudal efluente de las PTAR Norte y Sur.	1
5	Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios.	2
6	Construcción de la ampliación de la red morada para dar servicio a los nuevos usuarios.	2
7	Línea de conducción de agua recuperada de la PTAR Sur a la PTAR Laguna de Patos 16.3 km.	2
8	Actualización del padrón de usuarios del servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento y aguas residuales.	1
9	Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales.	2
10	Ampliación del acuaférico Conejos Médanos.	4

Fuente: JMAS Juárez

En la ilustración 33 se muestra el trazo y ubicación del último proyecto, referido en la tabla anterior, como parte del reforzamiento del sistema de saneamiento en general.

Ilustración 33. Trazo y ubicación de la ampliación del acuaférico Conejos Médanos



Fuente: elaboración propia con base en información de JMAS Juárez y Google Earth, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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

Como fue descrito en los apartados 1.1.1.3 y 1.2.4, actualmente se cumple con la normatividad, tanto en la calidad de los efluentes de las cinco PTAR a cargo de la JMAS Juárez, como en el manejo y disposición de lodos.

No obstante lo anterior, se busca en el corto plazo (2022 a 2024), evaluar la factibilidad técnica, económica y contractual de incrementar la calidad de los efluentes de las PTAR Norte y Sur, pasando de valores de 60 mg/l de SST y 60 mg/l de DBO₅, a concentraciones de 20/20, con la finalidad de reusar las aguas tratadas en opciones diferentes al riego agrícola y con contacto humano.

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 se consideran necesarios, no se cuenta con manuales ni con políticas formales de operación, tan sólo con lineamientos de carácter técnico-operativo y práctico, 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.

Es necesaria la operación eficiente de los sistemas de saneamiento, evitando situaciones como en la PTAR Anapra, en la que no se controla la cantidad de agua bombeada a la presa Benito Juárez y ocasiona derrames, que eventualmente han alcanzado al río Bravo. Se requiere una labor social para que el sistema interno de agua tratada vuelva a funcionar en Colonia Anapra

Otro caso es la próxima construcción del acueducto que conectará la PTAR Sur con la PTAR Laguna de Patos, para aprovechar mayores volúmenes del agua tratada. Asimismo, como se mencionó anteriormente, se pretende bombear de nuevo las aguas residuales remanentes de esa zona (Laguna de Patos) a la PTAR Sur-Sur, para ser tratadas otra vez, haciendo más eficiente el sistema de tratamiento en su conjunto.



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 los meses de julio y agosto del 2020 se llevaron a cabo un par de reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Juárez, 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, aun cuando algunos de los proyectos planteados se encuentran incluso como obras en proceso, o a nivel de proyectos ejecutivo (proyectos prioritarios, 2021), en la mayoría de los casos el desarrollo de ingeniería de las alternativas planteadas sólo alcanza el nivel máximo de anteproyecto, prevaleciendo los desarrollos a nivel conceptual o ideas (55.55 %), por lo que si bien se han estimado elementos de dimensionamiento que permiten establecer costos y algunos criterios previos, los aspectos técnicos y económicos, propios de una ingeniería de detalle, no han sido desarrollados en la mayoría de los casos (70.37 %). De hecho, y en congruencia con lo anterior, las alternativas consideran la elaboración del proyecto ejecutivo respectivo.

Se destaca que las obras y acciones planteadas, incluyendo la instrumentación y monitoreo, 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 las necesidades de la comunidad local.

Una de las áreas en las que se concentran diversas acciones, se refiere a la ejecución de estudios, los cuales para su realización no consideran el análisis de alternativas, de tal forma que los seis estudios propuestos, como parte de las acciones a desarrollar en Ciudad Juárez, sólo se consideran en la integración de la cartera de acciones y proyectos, dependiendo de la naturaleza de cada uno.

3.1.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

El proceso de sustitución, reemplazo o rehabilitación de algún tramo del 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.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Es probable que se presenten algunas alternativas de carácter geométrico, principalmente en las ampliaciones de colectores y las líneas a presión; sin embargo, para estos casos siempre se optará por aquella alternativa que genere la menor afectación a la población o represente la longitud más corta, considerando igualdad en cuanto al tipo y características de la tubería por emplear.

Para resolver la problemática identificada en los sistemas de drenaje y alcantarillado, y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos cuatro proyectos de alcantarillado y atarjeas y seis proyectos relacionados con la rehabilitación, ampliación y construcción de colectores, incluyendo la medición, instrumentación y monitoreo de caudales.

- Construcción de la red de alcantarillado del poblado de Samalayuca.
- Rehabilitación de 600 km de red de atarjeas en Ciudad Juárez.
- Introducción de la red de alcantarillado en las colonias Km 27 y Km 29.
- Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo.
- Rehabilitación y renovación de colectores en centro histórico y polígono AMP2011.
- Renovación de 214.10 km de colectores dañados en Ciudad Juárez.
- Rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo El Mimbres y Arroyo Las Víboras.
- Construcción y ampliación de 19 km del colector Profundo.
- Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez.
- Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales.

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados. En todos los casos, excepto en el último proyecto de la lista previa, 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:

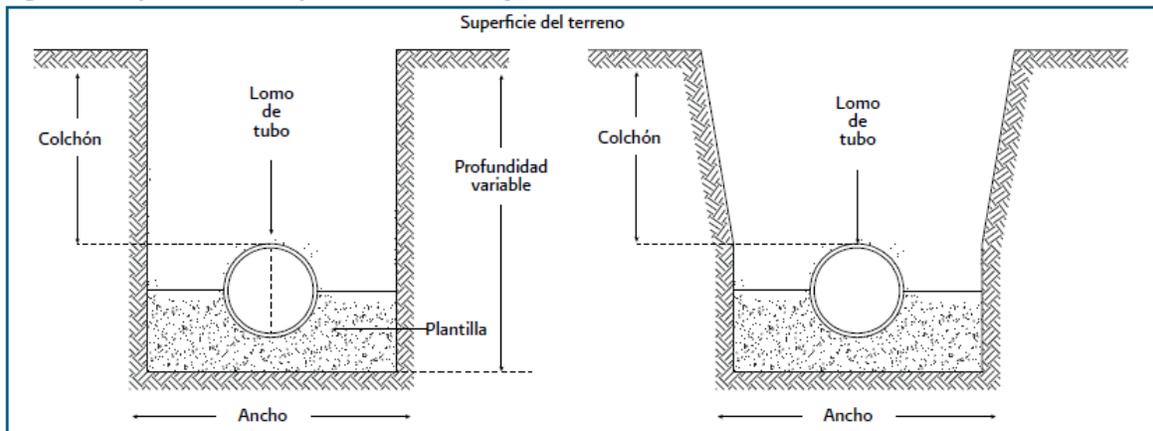
Etapa I. Trazo y excavación de zanjas. Por medio de un control topográfico se realizará el trazo del eje del colector, conforme a los planos ejecutivos de proyecto, controlando el alineamiento y la profundidad de excavación, según los niveles de arrastre que marca el proyecto ejecutivo. Una vez teniendo el trazo del eje del colector, se procederá a realizar, en el caso de que se tenga, el corte y demolición de pavimentos, adoquín o empedrado. Posteriormente se hará la excavación, la cual deberá de tener un ancho no menor al indicado en el proyecto. Se excavará 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 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 34. 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 el control de flujo de las mismas. Terminada la excavación se afinará la superficie del fondo y se construirá una plantilla de concreto pobre. Posteriormente se procederá a construir los pozos, de acuerdo con los planos diseños establecidos en el proyecto ejecutivo respectivo, y en apego a los lineamientos técnicos y operativos de la subgerencia de planeación y proyectos del JMAS Juárez.

Etapa V. Relleno acostillado. El acostillamiento es el apisonado que se efectúa encima, a los lados y por debajo de las tuberías, con el objeto de dar un encamado correcto alrededor de las mismas; 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, 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; el material nuevo deberá ser de la misma clase y característica que el original, debiendo quedar al mismo nivel, evitando la formación de topes o depresiones, por la 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.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

El método constructivo de la **alternativa 2**, instalación de tubería de PEAD, empleando el método de perforación direccional, consiste en hacer un orificio mediante un taladro dirigido, denominado “perforación piloto”, por su carácter de ser conducido, y constituye el trazado y camino base, para su posterior ensanchado mediante sucesivos repasos interiores con herramientas tipo fresas, de diámetros progresivamente crecientes. La perforación se inicia desde una pequeña ranura en la superficie del terreno, en la que se introduce una varilla que en su frente sostiene la cabeza de perforación, de características adecuadas al tipo de suelo que se va a perforar. Mediante los movimientos de empuje y rotación se van introduciendo varillas, que son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación, combinando, controlada y adecuadamente, ambos movimientos, los cuales se proporcionan desde la máquina. Para facilitar la perforación se utilizan lodos constituidos por la dilución de arcillas bentoníticas, “bentonita”, que son inyectados a alta presión y adecuado caudal, por el interior de las varillas y hasta el cabezal de perforación.

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.

En cuanto a las labores de **rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo**, la **alternativa 2** es la mejor opción porque, al igual que el caso anterior, representa una menor cantidad de afectaciones, tanto a la comunidad, como al tránsito de personas y vehículos, además de ejecutarse en menor tiempo y a un costo más bajo.

En cuanto al proyecto de **medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales**, se identifica que la labor de registro de datos de lecturas, en cuanto a los gastos en los colectores, depende del , por lo que el análisis de alternativas se centrará en las marcas disponibles y las bondades que estas ofrecen, agrupándolas en nacionales o de presencia en el mercado nacional y regional, y extranjeras, principalmente de origen estadounidense.

Las opciones que conforman la alternativa 1 incluyen macromedidores electromagnéticos permanentes de las marcas ARKON, BADGER METER y MCCROMETER, en tanto que la alternativa 2 incluye macromedidores electromagnéticos de las marcas EUROMAG, ISOIL, SCAMETRICS y COMAC CAL.

3.1.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

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.

Es probable que se presenten algunas alternativas, principalmente en cuanto a la ubicación de la EBAR en la zona poniente, como resultado del estudio para la introducción de la red de drenaje en la zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez, y se incorporen las nuevas zonas.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para resolver la problemática identificada en las estaciones de bombeo de aguas residuales o RAN, como se les conoce localmente, y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos dos proyectos.

- Diagnóstico y rehabilitación de los rebombes de aguas residuales No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30.
- Construcción de la planta de bombeo de aguas residuales y línea de conducción de la zona poniente de Ciudad Juárez a la PTAR Sur-Sur.

Sin incluir la alternativa de 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 a las actividades por desarrollar, como parte de la rehabilitación de las estaciones de bombeo de aguas residuales, no se identificaron diferentes alternativas, pues aun cuando no se cuenta con un proyecto ejecutivo, se estima que en todos los casos las labores por ejecutar consisten en por lo menos las siguientes acciones: limpieza de paredes internas y desazolve de cárcamo, restitución de cubierta de concreto en zonas erosionadas o exposición de acero estructural, tratamiento impermeabilizante de paredes internas, limpieza, restitución de elementos y pintura de instalaciones exteriores (rejillas desarenadores, canales y compuertas); y en la parte eléctrica, cambios en acometida, cableado y tableros de control.

En el caso de la EBAR de la zona poniente, no se considera viable el análisis de variantes, pues se espera que se ejecute de manera estructural, constructiva y de acabados y equipamiento, similar a los RAN actuales. Las variantes por analizar radican en el equipamiento de bombeo.

En cuanto a los equipos de bombeo, las alternativas que se identificaron corresponden principalmente a marcas de equipos y sus características operativas, en las cuales se dará preferencia a equipos con representación local, regional o nacional, principalmente, considerando las acciones de mantenimiento y compostura.

La alternativa 1 considera la compra e instalación de equipos de bombeo de marcas nacionales o americanas con representación en el mercado nacional, como, por ejemplo: AURORA, ALTAMIRA, AQUAPAK, GORMAN, GRUNDFOS, GRAINGER, PULSAFEEDER, EVANS, TSURUMI, entre otras.

La alternativa 2 considera la compra e instalación de equipos de bombeo de marcas extranjeras no americanas, con representación en el mercado nacional, aunque limitada, como, por ejemplo: EBARA (Japón), IHM (Colombia), FAIRBANKS (Países Bajos), POMPETROVAINI (Italia) y PEDROLLO (Italia).

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

Actualmente las PTAR se encuentran funcionando adecuadamente; sólo se ha pensado en la alternativa de ampliación de la PTAR Sur-Sur, aunque esta es sólo una idea que surgió del comportamiento del crecimiento, tanto habitacional como industrial en la zona sur de la ciudad, lo que a corto plazo está identificado como una necesidad de tratamiento mayor a la existente, por lo que debe considerarse su ampliación.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

A partir de lo anterior, se analizan las alternativas para llevar a cabo la ampliación de la PTAR Sur-Sur, duplicando su actual capacidad instalada, de 500 a 1000 lps. Con esta acción se asegura la cobertura de saneamiento al 100 % durante un periodo del horizonte de planeación (2034).

De manera similar, para atender las necesidades de saneamiento de largo plazo en la zona de desarrollo al surponiente de Ciudad Juárez, será necesaria la construcción y entrada en operación de la PTAR El Chaparral, con una capacidad instalada de tratamiento de 400 lps, para el año 2034.

De manera adicional, en el poblado de Samalayuca fuera de la zona urbana, se ha considerado concluir en el mediano plazo (2025) la construcción de la PTAR local de 5 lps, con un tratamiento secundario.

Teniendo definidos los datos básicos y la capacidad de las tres PTAR, 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.
- 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 sistemas de tratamiento, todos mecanizados y mediante lodos activados (convencional, aireación extendida y alta carga).

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 receptores tipo C, buscando alcanzar la calidad de agua tratada que se tiene en las PTAR actuales.

Empleando indicadores de costo, se determinaron los diversos costos. Los lodos activados convencional, con un costo de 1.15 \$/m³, presenta el inconveniente de requerir más terreno que los otros sistemas mecanizados; tiene un sistema de oxidación diferente y requiere del manejo de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

agua y lodos resultantes. El tratamiento de aireación extendida, que tiene un costo de 1.25 \$/m³, pero garantiza la obtención de los valores de calidad requeridos y que no se necesite el manejo y gestión de lodos. El sistema de alta carga demanda una extensión de terreno similar al convencional, con el inconveniente de un suministro adicional de flujo de aire. Tiene como ventaja que es el sistema de mayor empleo en las actuales PTAR de Ciudad Juárez, incluyendo la Sur-Sur, y sus costos calculados son de 1.62 \$/m³.

Para cada uno de los tres proyectos de PTAR, las circunstancias son diferentes, por lo que la alternativa seleccionada para cada caso será diferente.

Para la ampliación de la PTAR Sur-Sur se considera conveniente preservar el sistema de tratamiento que se tiene actualmente (alta carga), mientras que para la PTAR El Chaparral, considerando su ubicación en una zona donde es viable el reúso de las aguas tratadas, el sistema de aireación extendida es el más conveniente. Para la PTAR Samalayuca, el tratamiento mediante un sistema convencional es adecuado, en virtud de los costos, calidad del efluente y disponibilidad de terreno para el manejo y gestión de lodos.

3.1.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Para resolver la problemática identificada en la infraestructura para el reúso del agua tratada, y atender las necesidades futuras de servicio, fueron definidos tres proyectos.

- Línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa).
- Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios.
- Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor.

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

Con diferencia en cuanto a la calidad del líquido que se conduce, las alternativas probables para el desarrollo de los proyectos citados son similares a las establecidas en el apartado 3.1.1, relativo a colectores, sobre todo en cuanto a los dos últimos proyectos. De esta forma, las opciones que se analizan obedecen esencialmente al procedimiento constructivo. La alternativa 1 considera la instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro), mediante zanjas excavadas a cielo abierto, y la alternativa 2 considera la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (con o sin refuerzo de acero), exclusivamente, y empleando el método de perforación direccional.

Se considera que la mejor alternativa es la 1, debido a que representa las menores afectaciones de carácter vial y social, además de ser más económica.

Para el caso de la **línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa)**, la JMAS Juárez analizó **tres alternativas de trazo**, además de diferencias en cuanto al material de la tubería utilizada, las cuales se establecen a continuación.

- Alternativa 1. Trazo preferente sobre la avenida Puerto Dunkerque, empleando tubería de PVC con diámetros de 16 a 24”.
- Alternativa 2. Trazo preferente a un costado del libramiento Independencia, empleando tubería de materiales de PVC y polietileno de alta densidad con diámetros de 18 y 20”.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Alternativa 3. Trazo preferente sobre vialidades secundarias (calles Salvatierra, San Agustín, Puerto Obadía y Río del Norte), empleando tubería de materiales de PVC y polietileno de alta densidad con diámetros de 18 y 24”.

De acuerdo con las evaluaciones desarrolladas por la JMAS Juárez, la **alternativa 1** resultó ser la mejor, pues representa menores problemas operativos y pocas afectaciones, además de ser más económica.

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 infraestructura para el mantenimiento de las líneas, así como los equipos y accesorios electromecánicos, además de obras relacionadas con el manejo de agua pluvial y potable, se establecen a continuación:

- Construcción del drenaje pluvial en la zona centro.
- Ampliación del acuaférico Conejos Médanos.
- Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional.

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

A continuación se describen las alternativas identificadas para cada proyecto.

Para resolver la problemática identificada en los sistemas de drenaje pluvial de la zona centro, y atender las necesidades futuras de servicio, fue definido el proyecto de **construcción del drenaje pluvial en la zona centro**.

Sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos identificados, 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 contempla la instalación de canales prefabricados en tramos de dimensiones variables.

Por su durabilidad, costos y por tener una mayor flexibilidad de adaptarse a las condiciones del terreno, la alternativa 1 se considera como la mejor.

De manera similar a como fueron descritas las alternativas para el desarrollo de los proyectos de colectores y las líneas de conducción y distribución del agua tratada, se encuentran las principales alternativas de ejecución de los trabajos inherentes a la **ampliación del acuaférico Conejos Médanos de Camino Real al tanque de La Cementera**, en cuanto al procedimiento constructivo de introducción de la tubería y los requerimientos estructurales de los correspondientes cruceros. En este sentido, se identificaron dos alternativas: la alternativa 1, que considera la instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro), y construcción de estructuras mediante zanjas y pozos excavados a cielo abierto, conservando en sitios determinados, y la alternativa 2, que contempla la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (con y sin refuerzo de acero, dependiendo de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

los requerimientos estructurales), exclusivamente, y empleando el método de perforación direccional. La alternativa 3 es similar a la anterior; sin embargo, combina tubería de PEAD y PVC.

Por representar una menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos, principalmente, ejecutarse en menor tiempo e implicar costos más bajos, el procedimiento de la alternativa 1, instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro) y construcción de estructuras mediante zanjas y pozos excavados a cielo abierto, representa la mejor opción. De igual forma, fueron analizadas tres alternativas de trazo, asociadas de manera directa a las anteriores: la primera plantea el desplante de la obra a través de la vialidad del Camino Real y cruzando terreno serrano; la segunda considera el desarrollo de la obra sólo por el lado poniente de la Sierra de Juárez y sobre terreno agreste y, finalmente, la alternativa 3 sólo considera el desarrollo de la ampliación del acuaférico sobre la zona urbana.

La primera alternativa de trazo y método constructivo resultó ser la más viable, pues no sólo es la de menor costo, sino la de menor longitud y la que representa el menor número de afectaciones, tanto sociales como viales.

Finalmente, en cuanto se refiere al proyecto de **construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional**, se han determinado dos alternativas en cuanto al proceso de potabilización del agua: la alternativa 1, que plantea como sistema primordial una decantación por flotación, y la alternativa 2, que incluye una sedimentación gravitacional. Aun cuando la alternativa 1 representa un costo de construcción más alto, tiene un menor costo unitario de operación, al margen de ofrecer ventajas técnicas, razón por la que se considera como la mejor opción.

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 para 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.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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 de la JMAS Juárez, y a partir de ideas y esquemas conceptuales y de factibilidad, en vista de no contar con la ingeniería de detalle de los proyectos.

Se espera que el desarrollo de los proyectos y obras de alcantarillado, drenaje y saneamiento en Juárez, se realice tomando como base los lineamientos de carácter técnico y reglamentario, incluyendo los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Estudios y Proyectos de la JMAS Juárez, Reglamento Interior de la JMAS Juárez, el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible de Juárez, así como el Plan Director de Desarrollo Urbano del Municipio de Juárez, además del Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario, desarrollado por la CONAGUA (2012).

Considerando de manera integral los documentos citados, es posible establecer medidas que lleven a evitar problemas operativos y funcionales del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Juárez, asociados a eventos extraordinarios de carácter natural, en especial lluvias e inundaciones y las contingencias relacionadas con actividades antropogénicas. Complementariamente se ha considerado la participación ciudadana, sobre todo en el caso de eventualidades que tienen que ver con las actividades humanas.

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", como mínimo, elevando la capacidad hidráulica y de bombeo de los RAN hasta en 50 HP, e incorporando un nuevo módulo a la PTAR Sur-Sur, de 500 lps, para sanear el aumento de las aguas residuales en el primer tercio del mediano plazo, entre otras acciones.

3.2.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Para dimensionar las alternativas de los tres proyectos de rehabilitación y ampliación de la red de atarjeas y cinco proyectos de construcción, rehabilitación y ampliación de colectores, establecidos en el apartado 3.1.1, y que tienen la finalidad de atender la problemática actual en los sistemas de drenaje y alcantarillado, así como responder a las necesidades futuras de servicio, se tomaron como base los lineamientos de carácter técnico y reglamentario, citados de manera previa, principalmente los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Estudios y Proyectos de la JMAS Juárez, el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez y el Manual de Instalación de Tubería para Drenaje Sanitario, desarrollado por la CONAGUA.

Con base en lo establecido en el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez, están prohibidas aquellas acciones que generen algún tipo de afectación al Sistema de Drenaje y Saneamiento.

El dimensionamiento de la rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, así como de la ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Juárez, considera los lineamientos reglamentarios citados, los cuales fueron establecidos tomando criterios de resiliencia, ante fenómenos naturales extraordinarios y actividades antropogénicas riesgosas, como se ha



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

establecido previamente, las cuales, a su vez, pueden poner en riesgo las estructuras de cruces especiales, así como los instrumentos de medición de caudal (macromedidores).

Ante la falta de ingeniería de detalle, en todos los casos el dimensionamiento de alternativas consideró diámetros de tubería, iguales o mayores a los existentes, conforme a los flujos esperados en 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 30" y 36". Sin embargo, como fue establecido en el apartado 3.1.1, la diferencia entre alternativas se encuentra en el procedimiento constructivo, tipo de tubería y en el costo asociado, pues los elementos dimensionales como longitud, población atendida, caudal, pendiente, diámetro, etcétera, son los mismos para cada alternativa y no representan diferencia.

Tabla 20. Características hidráulicas generales de alternativas de colectores y redes de atarjeas

Proyecto/obra	Altern.	Material tubería	Longitud (km)	Diámetro (in)	Gasto máximo extraordinario (lps)
Construcción de la red de alcantarillado del poblado de Samalayuca	1	PVC	3.50	4.00	8.5
	2	PEAD	3.50	4.00	8.5
Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en Ciudad Juárez	1	PVC	600	6.00	12.0
	2	PEAD	600	6.00	12.0
Introducción de la red de alcantarillado en las colonias Km 27 y Km 29	1	PVC	75.00	4.00	8.5
	2	PEAD	75.00	4.00	8.5
Rehabilitación y renovación de colectores en centro histórico y polígono AMP2011	1	PVC	56.80	30.00	110
	2	PEAD	56.80	30.00	110
Renovación de 214.10 km de colectores dañados en Ciudad Juárez	1	PVC	214.10	30.00	110
	2	PEAD	214.10	30.00	110
Rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo El Mimbres y Arroyo Las Víboras	1	PVC	65.90	30.00	110
	2	PEAD	65.90	30.00	110
Construcción y ampliación de 19 km del colector Profundo	1	PVC	19.00	36.00	150
	2	PEAD	19.00	36.00	150
Rehabilitación y reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo	1	PVC	4.50	Variable	Variable
	2	PEAD	4.50	Variable	Variable
Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales	1	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
	2	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez	1	PVC	48.00	30.00	110
	2	PEAD	48.00	30.00	110

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.2.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

Al igual que en el caso de colectores y redes de atarjeas, y como fue citado en el apartado 3.1.2, ante la falta de un proyecto ejecutivo e ingeniería de detalle, no es posible el desarrollo de una descripción técnica que establezca el tamaño del proyecto de manera específica, por lo que el dimensionamiento de las alternativas para llevar a cabo el diagnóstico y rehabilitación de los RAN 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 Y 30, y de la EBAR de la zona poniente se realizó considerando la experiencia y conocimiento de la problemática del sistema de alcantarillado, drenaje y saneamiento del personal técnico del JMAS Juárez, así como los lineamientos de carácter técnico y reglamentario, y los criterios de diseño y construcción, establecidos en los instrumentos citados en los dos apartados previos.

En ambos proyectos, tanto en la alternativa 1, como en la alternativa 2, en el caso de las labores de rehabilitación de ambas estaciones de bombeo, previamente fueron consideradas obras de protección y contención, como parte de estas, de tal forma que no sea posible el ingreso de agua



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

superficial a los cárcamos, ni tampoco sea factible que aguas contenidas en estos fluyan hacia el exterior de las instalaciones, ante una falla operativa o funcional.

Considerando la proyección de agua residual susceptible de requerir saneamiento, establecida anteriormente, y que representa las necesidades de bombeo futuro, se prevé que para el término del mediano plazo (2030), la demanda de capacidad de bombeo se incrementará un 25 %, y para el 2050 el aumento será del 35 %, respecto de la demanda actual, es decir 904.80 lps y 1,266.72 lps, respectivamente, contando con un margen de maniobra del 10 % promedio (362 lps) ante situaciones contingentes.

Tabla 21. Características generales de alternativas de estaciones de bombeo

Proyecto/obra	Altern.	Marca	Cantidad de equipos total	Potencia promedio (hp/equipo)	Gasto al año 2030 (lps)
Diagnóstico y rehabilitación RAN No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30	1	Nacional o americana	24 + 6	20	904.80
	2	Extranjera (no americana)	24 + 6	20	904.80
Construcción de planta de bombeo de aguas residuales y línea de conducción en la zona poniente de Ciudad Juárez a PTAR Sur-Sur	1	Nacional o americana	2 + 1	10	120.00
	2	Extranjera (no americana)	2 + 1	10	120.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.2.3 Alternativas para plantas de tratamiento

En los criterios de diseño y construcción de la Subgerencia de Estudios y Proyectos de la JMAS Juárez, y en el Reglamento de Desarrollo Urbano Sostenible del Municipio de Juárez, se prohíbe la combinación de aguas pluviales y aguas residuales y la descarga de desagües pluviales en el drenaje sanitario, lo que significa que a la PTAR sólo deberían llegar aguas de naturaleza residual; tampoco se permite la dilución, fundamentos empleados 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 de la JMAS Juárez, las alternativas planteadas para los tres proyectos de PTAR, 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.

Con la extensión de colectores e introducción de la red de drenaje en zonas de ampliación urbana, la demanda de tratamiento se incrementará, por lo que será necesario aumentar la capacidad de tratamiento, principalmente en la PTAR Sur-Sur. Estimaciones de la JMAS Juárez y la proyección de los requerimientos de saneamiento de aguas residuales, indican que será necesario un incremento de al menos 100 % (500 lps) para los primeros meses del 2026, lo cual se lograría incorporando una ampliación idéntica a la actual PTAR, incluyendo el sistema de tratamiento, a fin de atender las necesidades del corto plazo, y que, de acuerdo con la proyección, cubriría también la demanda hasta los primeros años del largo plazo (2034), elevándose la capacidad instalada total de saneamiento de Ciudad Juárez a 4,687.2 lps. De manera similar, para atender las necesidades de saneamiento de largo plazo en la zona de desarrollo, al surponiente de Ciudad Juárez, será indispensable la construcción y entrada en operación de la PTAR El Chaparral, con una capacidad instalada de



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

tratamiento de 400 lps, para el año 2034, lo cual elevará la a capacidad instalada de saneamiento de Ciudad Juárez a 5,187.2 lps, que se estima será suficiente hasta finales del año 2042.

De manera adicional, en el poblado de Samalayuca, fuera de la zona urbana, se considera concluir en el mediano plazo, (2025), la construcción de la PTAR local de 5 lps, con un tratamiento secundario.

3.2.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Como fue establecido en el apartado 1.1.3.1, prácticamente el 100 % de las aguas tratadas se reúsan en algún proceso, siendo el riego agrícola el principal, a través de los canales y drenes del Distrito de Riego 009.

De igual forma, se destacó que entre 21 y 24.5 lps se emplean en la elaboración de materiales prefabricados para construcción y en el proceso de generación de energía en la termoeléctrica Samalayuca, y que alrededor de otros 13 lps tienen un reúso urbano, principalmente en el riego de áreas verdes y servicios sanitarios.

Con base en lo anterior, la demanda actual cubierta alcanza como máximo los 37.5 lps, de los 149.2 lps, que representan la capacidad instalada conjunta de las PTAR Anapra y Laguna de Patos, y del módulo especial de la PTAR Norte. Sin embargo, de acuerdo con la JMAS Juárez, la demanda actual no cubierta se estima que alcanza por lo menos los 19 lps, y está representada por usuarios ubicados en zonas aledañas a la PTAR Norte, donde no existe red morada y cuya demanda en el corto plazo (2024) podría alcanzar los 83 lps.

Los más de 200 establecimientos, dedicados al lavado de autos, localizados en Ciudad Juárez, representan una demanda que se estima en 62 lps, la cual es atendida parcialmente a través camiones cisterna, ante la falta de líneas de suministro de agua tratada.

Un análisis sobre los usuarios potenciales para el reúso de aguas tratadas, a través de las líneas moradas, determinó que la demanda futura sería de aproximadamente 700 lps, lo cual implicaría no sólo hacer crecer la red de distribución, sino también la generación de aguas tratadas para reúso, teniendo como principal aplicación el riego de áreas verdes de parques, jardines y camellones públicos, así como las zonas similares de los alrededores con edificios públicos, centros comerciales, fraccionamientos habitacionales, instituciones educativas, campos deportivos e industrias (582 lps).

Para el dimensionamiento de alternativas, principalmente en el caso de la línea de conducción de aguas recuperadas de la PTAR Sur a la PTAR Laguna de Patos, y la ampliación de la red de agua tratada, al margen de analizar los elementos de proyecto disponibles se tomaron como base la experiencia y conocimiento de la problemática de las líneas moradas del personal técnico de la JMAS Juárez. De esta forma, se considera que a través de la línea de conducción puedan ser trasladados entre 280 y 320 lps de aguas tratadas, para su distribución en la zona sur y sureste de Ciudad Juárez, mientras que a través de la ampliación de la red de agua tratada podrá abastecerse a los usuarios que actualmente no son atendidos, mediante un caudal de hasta 50 lps.

Tabla 22. Características generales de alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Proyecto/obra	Alternativa	Material tubería	Longitud (km)	Diámetro (in)	Gasto máximo (lps)
	Avenida Puerto Dunkerque	PVC	16.30	16.00	320.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Proyecto/obra	Alternativa	Material tubería	Longitud (km)	Diámetro (in)	Gasto máximo (lps)
Línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa)	Libramiento Independencia	PVC + PEAD	17.50	18.00	320.00
	vialidades secundarias	PVC + PEAD	21.25	18.00	320.00
Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios	1	PVC	7.90	8.00	50.00
	2	PEAD	7.90	8.00	50.00
Proyecto/obra	Alternativa	Material canal	Longitud (km)	Ancho base (metros)	Gasto máximo (lps)
Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor	1	Concreto armado	1.00	3.50	1800
	2	Prefabricado	1.00	3.50	1800

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.2.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Con base en la experiencia y conocimiento de la problemática del sistema de alcantarillado, drenaje y saneamiento del personal técnico de la JMAS Juárez, las alternativas planteadas a los proyectos identificados y establecidos en el apartado 3.1.5, consideraron el manejo de un volumen adicional contingente de hasta 362 lps (aproximadamente entre el 8 % y 10 %), en virtud de exceso de agua residual por influencia pluvial, que pueda incrementar el caudal de conducción a causa de eventos climatológicos extraordinarios o de naturaleza eventual y contingente, y generar una sobrepresión al sistema de conducción, como resultado de la operación de los 1.87 kilómetros de drenaje pluvial en la zona centro.

Lo mismo para el dimensionamiento de la planta potabilizadora, pues su máxima operación esperada se ubica en periodos de elevada aportación de flujo de agua, con una capacidad de 1500 lps, y estará localizada en la parte noreste (zona alta de Juárez), para suministrar agua a esta área, así como a las zonas más bajas por gravedad, eliminando el rebombeo del caudal, que actualmente se suministra a la zona alta en la parte noroeste. La planta operará con su capacidad total durante siete meses al año, y permitirá suspender la explotación de los pozos más contaminados (Na, Cl, y SO₄) y la recuperación del acuífero. El caudal restante que sobrepase la capacidad de la potabilizadora se dejará pasar hacia la zona sureste de Ciudad Juárez.

En lo relativo a la ampliación del acuífero Conejos Médanos, en el dimensionamiento de las alternativas se ha considerado el crecimiento esperado para la zona poniente de Ciudad Juárez, considerando una conducción promedio por encima de los 300 lps, a través de una tubería de 30" de diámetro, con una longitud de aproximadamente 25.5 kilómetros.

Tabla 23. Características generales de alternativas para infraestructura complementaria

Proyecto/obra	Alternativa	Método/material de tubería	Longitud (km)	Diámetro (in)	Gasto máximo (lps)
Ampliación del acuífero Conejos Médanos	Camino Real	Zanjas/PVC Alternativa 1	25.50	30.00	300.00
	Poniente Sierra	Perforación/PEAD Alternativa 2	27.50	30.00	300.00
	Zona Urbana	Perforación/PVC+PEAD Alternativa 3	29.25	30.00	300.00
Proyecto/obra	Alternativa	Método Tratamiento	Lodos (kg/m ³)	Químicos (gr/m ³)	Gasto (lps)
	1	Decantación por flotación	16.60	20.60	1500.00



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Construcción de planta potabilizadora en presa Internacional	2	Sedimentación por gravedad	39.96	47.50	1500.00
Proyecto/obra	Alternativa	Material Canal	Longitud (km)	Ancho base (metros)	Gasto máximo (lps)
Construcción del drenaje pluvial en la zona centro	1	Concreto armado	1.87	1.20	362
	2	Prefabricado	1.87	1.20	362

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

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

Como fue establecido anteriormente, durante los meses de julio y agosto del 2020 se llevaron a cabo un par de reuniones con participación del personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y de la JMAS Juárez, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Juárez, 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, aun cuando algunos de los proyectos planteados se encuentran incluso como obras en proceso o a nivel de proyectos ejecutivo (proyectos prioritarios, 2021), en la mayoría de los casos el desarrollo de ingeniería de las alternativas planteadas sólo alcanza el nivel máximo de anteproyecto, prevaleciendo los desarrollos a nivel conceptual o ideas (55.55 %), por lo que si bien se han estimado elementos de dimensionamiento que permiten establecer costos y algunos criterios previos, los aspectos técnicos y económicos, propios de una ingeniería de detalle, no han sido desarrollados en la mayoría de los casos (70.37 %). De hecho, y en congruencia con lo anterior, 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 construcción y rehabilitación de la red de alcantarillado y atarjeas, así como de la ampliación, rehabilitación y construcción de colectores, cruces especiales, medición de caudales y colocación de macromedidores en Ciudad Juárez, 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 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. Aun en los casos en que algunos tramos trabajen a presión entre los RAN, los costos operativos están asociados, en este caso, a las citadas estaciones de bombeo, por lo que, de igual manera a los casos citados al inicio, no se han incluido costos de operación.

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



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 24. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de colectores y redes de atarjeas

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Construcción de la red de alcantarillado del poblado de Samalayuca	1	8.80	2.58	2.58
	2	12.50	2.65	2.65
Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en Ciudad Juárez	1	2,850.00	285.00	285.00
	2	3,675.00	370.00	370.00
Introducción de la red de alcantarillado en las colonias Km 27 y Km 29	1	700.00	54.50	54.50
	2	810.50	66.50	66.50
Rehabilitación y renovación de colectores en centro histórico y polígono AMP2011	1	280.00	26.85	26.85
	2	325.00	28.00	28.00
Renovación de 214.10 km de colectores dañados en Ciudad Juárez	1	1,844.00	178.00	178.00
	2	1950.50	185.00	185.00
Rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo El Mimbres y Arroyo Las Víboras	1	407.00	35.88	35.88
	2	467.00	38.10	38.10
Construcción y ampliación de 19 km del colector Profundo	1	910.00	74.83	74.83
	2	990.00	76.00	76.00
Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo	1	22.50	4.00	4.00
	2	29.00	5.00	5.00
Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales	1	13.50	2.50	2.50
	2	15.00	4.00	4.00
Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez	1	300.00	30.00	30.00
	2	323.00	35.00	35.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.3.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de las estaciones de bombeo de aguas residuales “RAN”, 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.

Las opciones se refirieron específicamente al valor de marcas de bombas con características operativas similares. El costo de rehabilitación fue considerado como un valor constante, sumado en todos los casos, pues las actividades inmersas son las mismas para cada caso, como fue establecido en el apartado 3.1.2.

Tabla 25. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de estaciones de bombeo

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Operación anual (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/Año (millones \$)
Diagnóstico y rehabilitación RAN No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30	1	7.50	5.20	4.00	9.20
	2	9.00	6.30	5.00	11.30
Construcción planta de bombeo de aguas residuales y línea de conducción en la zona poniente de Ciudad Juárez a PTAR Sur-Sur	1	350.00	40.00	25.00	65.00
	2	380.00	57.00	35.00	92.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (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 PTAR Sur-Sur, y construcción de las PTAR El Chaparral y Samalayuca, se



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

consideraron por lo menos tres opciones, respectivamente, sin incluir la alternativa de la No Acción, pues esta no representa una solución real a los requerimientos y necesidades identificadas.

Tabla 26. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de PTAR

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Operación anual (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Ampliación PTAR Sur-Sur (Valle de Juárez), 500 lps	Lodos convencional	435.86	37.50	5.00	42.50
	Lodos alta carga	450.00	40.00	5.00	45.00
	Lodos aireación extendida	468.15	35.00	6.28	41.28
Conclusión PTAR Samalayuca, 5 lps	Lodos convencional	9.00	3.75	0.50	4.25
	Lodos alta carga	10.88	3.50	0.50	4.00
	Lodos aireación extendida	13.20	3.80	0.65	4.45
Construcción PTAR El Chaparral, 400 lps	Lodos convencional	505.00	45.50	6.50	52.00
	Lodos alta carga	520.00	47.00	6.25	53.25
	Lodos aireación extendida	530.00	45.00	5.00	50.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.3.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua, de los tres proyectos identificados 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.

Tabla 27. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa)	Avenida Puerto Dunkerque	100.00	5.58	5.58
	Libramiento Independencia	102.50	7.65	7.65
	Vialidades secundarias	115.25	9.00	9.00
Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios	1	56.00	28.50	28.50
	2	67.00	37.00	37.00
Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor	1	15.00	4.50	4.50
	2	18.50	6.50	6.50

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.3.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Para la evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas para infraestructura complementarias, indispensables para una adecuada operación de los sistemas



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de recolección, conducción, tratamiento y disposición de las aguas residuales, incluyendo la medición de caudales, infraestructura para el mantenimiento de las líneas, así como los equipos y accesorios electromecánicos, de los tres proyectos identificados 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.

Tabla 28. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Operación anual (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Construcción del drenaje pluvial en la zona centro	1	100.00	40.00	25.00	65.00
	2	140.00	57.00	35.00	92.00
Ampliación del acuaférico Conejos Médanos	1	2,000.00	0.00	150.00	150.00
	2	2,850.00	0.00	185.00	185.00
Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional	1	600.00	42.50	35.00	77.50
	2	575.00	55.00	55.00	110.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.4 Selección de las alternativas más convenientes

Los criterios de selección de las alternativas más convenientes para la totalidad de los proyectos consideran la menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos, y la ejecución de las obras en el menor tiempo y de manera primordial por representar costos más bajos, tanto de inversión, como de operación y mantenimiento.

3.4.1 Alternativas para colectores principales y obras de captación y conducción

Las alternativas seleccionadas para la rehabilitación de atarjeas y descargas domiciliarias, así como para la construcción, ampliación y rehabilitación de colectores y red primaria de alcantarillado en Ciudad Juárez, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 29. Alternativas seleccionadas de colectores y redes de atarjeas

Proyecto/obra	Inversión (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Construcción de la red de alcantarillado del poblado de Samalayuca	8.80	2.58	2.58
Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en Ciudad Juárez	2,850.00	285.00	285.00
Introducción de la red de alcantarillado en las colonias Km 27 y Km 29	700.00	54.50	54.50
Rehabilitación y renovación de colectores en el centro histórico y polígono AMP2011	280.00	26.85	26.85
Renovación de 214.10 km de colectores dañados en Ciudad Juárez	1,844.00	178.00	178.00
Rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo El Mimbres y Arroyo Las Víboras	407.00	35.88	35.88
Construcción y ampliación de 19 km del colector Profundo	910.00	74.83	74.83
Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo	22.50	4.00	9.20
Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales	13.50	2.50	2.50
Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez	300.00	30.00	30.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Para el caso de la construcción y rehabilitación de la red de alcantarillado y atarjeas, así como de la ampliación, rehabilitación y construcción de colectores, 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, principalmente, el procedimiento de la alternativa 1, instalación de tubería mediante zanjas excavadas a cielo abierto, conservando el trazo previo, representa la mejor opción.

En cuanto a las labores de rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo, la alternativa 2 es la mejor opción, porque al igual que el caso anterior, representa una menor cantidad de afectaciones, tanto a la comunidad, como al tránsito de personas y vehículos, además de ejecutarse en menor tiempo y a un costo más bajo.

En cuanto al proyecto de medición permanente de gasto en colectores, y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales, se identifica que la labor de registro de datos de lecturas, en cuanto a los gastos en los colectores, depende del macromedidor, por lo que el análisis de alternativas se centró en las marcas disponibles y las bondades que estas ofrecen, dando preferencia a las nacionales o de presencia en el mercado nacional: ARKON, BADGER METER y MCCROMETER, por la facilidad en cuanto a soporte técnico y mantenimiento, pero principalmente por ser de menor costo, respecto de las marcas extranjeras, aún las de origen estadounidense.

3.4.2 Alternativas para plantas de bombeo principales

Las alternativas seleccionadas para el diagnóstico y rehabilitación de RAN, así como la construcción de EBAR en la zona poniente de Ciudad Juárez, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 30. Alternativas seleccionadas de estaciones de bombeo

Proyecto/obra	Inversión (millones \$)	Operación anual (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Diagnóstico y rehabilitación RAN No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30	7.50	5.20	4.00	9.20
Construcción de la planta bombeo de aguas residuales y línea de conducción en la zona poniente Ciudad Juárez a PTAR Sur-Sur	350.00	40.00	25.00	65.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

En los dos proyectos establecidos se seleccionó la alternativa 1, la cual considera la compra e instalación de equipos de bombeo de marcas nacionales o americanas con representación en el mercado nacional: AURORA, ALTAMIRA, AQUAPAK, GORMAN, GRUNDFOS, GRAINGER, PULSAFEEDER, EVANS, TSURUMI, pues se trata de equipo con representación local, regional o nacional, que facilitan las acciones de soporte técnico, mantenimiento y compostura, así como menores costos de inversión.

3.4.3 Alternativas para plantas de tratamiento

Las alternativas seleccionadas para la ampliación de la PTAR Sur-Sur, la conclusión de la PTAR en Samalayuca y la construcción de la PTAR El Chaparral en la zona poniente de Ciudad Juárez, se presentan en la tabla siguiente.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 31. Alternativas seleccionadas de PTAR

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Operación anual (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Ampliación de la PTAR Sur-Sur (Valle de Juárez), 500 lps	Lodos alta carga	450.00	40.00	5.00	45.00
Conclusión PTAR Samalayuca, 5 lps	Lodos convencional	9.00	3.75	0.50	4.25
Construcción de la PTAR El Chaparral, 400 lps	Lodos aireación extendida	530.00	45.00	5.00	50.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

Para la ampliación de la PTAR Sur-Sur se consideró conveniente preservar como alternativa el sistema de tratamiento que se tiene actualmente (alta carga), mientras que para la PTAR El Chaparral, considerando su ubicación en una zona en donde es viable el reúso de las aguas tratadas, el sistema de aireación extendida es el más conveniente, por lo que esta alternativa fue la seleccionada. En cuanto a la PTAR Samalayuca, el tratamiento mediante un sistema convencional es adecuado, en virtud de los costos, calidad del efluente y disponibilidad de terreno para el manejo y gestión de lodos.

3.4.4 Alternativas para infraestructura para el reúso de agua

Las alternativas seleccionadas para la línea de conducción de agua recuperada de la PTAR Sur a la PTAR Laguna de Patos, la ampliación de la red de agua tratada y la canalización del efluente de la PTAR Sur al dren Interceptor de Ciudad Juárez, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 32. Alternativas seleccionadas para infraestructura para el reúso de agua

Proyecto/obra	Alternativa	Inversión (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa)	Avenida Puerto Dunkerque	100.00	5.58	5.58
Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios	1	56.00	28.50	28.50
Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor	1	15.00	4.50	4.50

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

Como fue establecido en los apartados 3.1.4 y 3.3.4, para el caso de la **línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa)**, la JMAS Juárez analizó **tres alternativas de trazo**, además de diferencias en cuanto al material y diámetro de la tubería empleada.

- Alternativa 1. Trazo preferente sobre la avenida Puerto Dunkerque, empleando tubería de PVC con diámetros de 16 a 24”.
- Alternativa 2. Trazo preferente a un costado del libramiento Independencia, empleando tubería de materiales de PVC y polietileno de alta densidad con diámetros de 18 y 20”.
- Alternativa 3. Trazo preferente sobre vialidades secundarias (calles Salvatierra, San Agustín, Puerto Obadía y Río del Norte), empleando tubería de materiales de PVC y polietileno de alta densidad con diámetros de 18 y 24”



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

De acuerdo con las evaluaciones desarrolladas por la JMAS Juárez, la **alternativa 1** resultó ser la mejor, pues representa menores problemas operativos y afectaciones, tanto a la población como a las vialidades, además de ser más económica.

Para los dos proyectos restantes, con diferencia en cuanto a la calidad del líquido que se conduce, las alternativas probables para el desarrollo de los proyectos citados son similares a las establecidas en el apartado 3.1.1, relativo a colectores. De esta forma, las opciones que se analizaron obedecen esencialmente al procedimiento constructivo.

Se considera que la mejor alternativa es la 1, instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro) mediante zanjas excavadas a cielo abierto, debido a que representa las menores afectaciones de carácter vial y social, además de considerarse más económica.

3.4.5 Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Las alternativas seleccionadas para la infraestructura complementaria e instrumentación del Sistema de Saneamiento de Ciudad Juárez, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 33. Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación

Proyecto/obra	Inversión (millones \$)	Operación anual (millones \$)	Mantenimiento anual (millones \$)	Total O&M/año (millones \$)
Construcción del drenaje pluvial en la zona centro	100.00	40.00	25.00	65.00
Ampliación del acuaférico Conejos Médanos	2,000.00	0.00	150.00	150.00
Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional	600.00	42.50	35.00	77.50

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

Para resolver la problemática identificada en los sistemas de drenaje pluvial de la zona centro, y atender las necesidades futuras de servicio, fue definido el proyecto de **construcción del drenaje pluvial en la zona centro**, para el cual fue seleccionada la alternativa 1 por su durabilidad, costos menores y tener una mayor flexibilidad de adaptarse a las condiciones del terreno, así como menores afectaciones/sociales y viales). Esta alternativa considera la construcción de los canales con zanjas excavadas a cielo abierto y mediante concreto armado con malla electrosoldada.

De manera similar a como fueron descritas las alternativas para el desarrollo de los proyectos de colectores y las líneas de conducción y distribución del agua tratada, se encuentran las principales alternativas de ejecución de los trabajos inherentes a la **ampliación del acuaférico Conejos Médanos de Camino Real al tanque de La Cementera**, en cuanto al procedimiento constructivo de introducción de la tubería y los requerimientos estructurales de los correspondientes cruceros. En este sentido, la alternativa 1, que considera la instalación de la tubería seleccionada (material y diámetro) y construcción de estructuras mediante zanjas y pozos excavados a cielo abierto, conservando en sitios determinados, fue seleccionada por representar una menor cantidad de afectaciones a la comunidad y al tránsito de personas y vehículos principalmente, y por ejecutarse en menor tiempo e implicar costos más bajos.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

De igual forma, en cuanto a ejecutarse a través de la vialidad del Camino Real y cruzando terreno serrano, esta alternativa de trazo resultó ser la más viable, pues no sólo representa el menor costo, sino la menor longitud, así como el menor número de afectaciones, tanto sociales como viales.

Finalmente, en cuanto se refiere al proyecto de **construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional**, se seleccionó la alternativa 1, pues presenta un menor costo unitario de operación, al margen de ofrecer ventajas técnicas, como un menor consumo de compuestos químicos, así como menor generación de lodos, razón por la que se considera la mejor opción.

3.5 Integración de la cartera de acciones y proyectos

Como fue citado en los apartados 3.1 y 3.3, durante los meses de julio y agosto del 2020 se llevaron a cabo reuniones con la participación de personal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y de la JMAS Juárez, en las cuales fue analizada la problemática actual del Sistema de Drenaje y Saneamiento de Juárez, así como los retos y necesidades a los que se enfrentará en el futuro. En la última de esas 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 33 a la tabla 35 se presenta la cartera de proyectos identificados para la JMAS Juárez, ordenados por prioridad y con base en la temporalidad de aplicación, incluyendo su naturaleza y monto estimado. Dentro de estos se ubican nueve proyectos, relacionados con la atención al drenaje y saneamiento de la zona poniente de Ciudad Juárez y el poblado de Samalayuca, además del acuaférico Conejos Médanos y la planta potabilizadora en la presa Internacional. Estos últimos, aunque son proyectos en esencia de agua potable, son complementarios a los de saneamiento de la ciudad, y de interés para el organismo.

Tabla 33. Relación de proyectos prioritarios (2021) JMAS Juárez

No.	Obra/proyecto/acción	Prioridad	Monto estimado (millones \$)
1	Rehabilitación de los colectores Río Bravo: Nadadores, Norzagaray, Arroyo del Mimbres y Arroyo Las Víboras.	Alta	407.00
Total			407.00

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

Tabla 34. Relación de proyectos a corto plazo (2022-2024) JMAS Juárez

No.	Obra/proyecto/acción	Prioridad	Monto estimado (millones \$)
1	Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo	Alta	22.5
2	Rehabilitación y renovación de colectores sanitarios en el centro histórico y polígono AMP2011.	Alta	280.0
3	Construcción en Samalayuca de la red de alcantarillado	Alta	8.8
4	Introducción de la red de alcantarillado en colonias Km 27 y Km 29.	Alta	700.0
5	Estudio detallado de colectores, incluyendo sondeos de campo, de suelos y otros, así como estudio para conocer sus condiciones de deterioro mediante CCTV	Alta	5.0
6	Actualización del padrón de usuarios del servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento y aguas residuales	Alta	4.5



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

No.	Obra/proyecto/acción	Prioridad	Monto estimado (millones \$)
7	Diagnóstico y rehabilitación de estructura de rebombos y cárcamos de bombeo No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30	Alta	7.5
8	Construcción de la ampliación de la PTAR Sur-Sur (500 lps)	Alta	450.0
9	Estudio para evaluar la factibilidad técnica, económica y contractual para pasar a una calidad 20-20 en el caudal efluente de las PTAR Norte y Sur	Alta	1.0
Total			1.479.3

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

Tabla 35. Relación de proyectos a mediano plazo (2025-2035) JMAS Juárez

No.	Obra/proyecto/acción	Prioridad	Monto estimado (millones \$)
1	Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en la totalidad de la ciudad	Media	2,850.0
2	Renovación de 214.1 km de colectores dañados en el resto de la ciudad	Media	1,844.0
3	Construcción o ampliación de 19 km del colector Profundo	Media	910.0
4	Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez	Media	300.0
5	Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales	Media	13.5
6	Estudios para la construcción de la red de drenaje en la zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez	Media	10.0
7	Catastro de redes para la obtención de información del estado físico de los elementos del sistema de alcantarillado, para mejorar la información que se integrará al modelo computarizado de simulación	Media	9.0
8	Modelo de simulación de la red de agua potable y alcantarillado para la zona urbana de Ciudad Juárez	Media	7.5
9	Construcción de la planta de bombeo y línea de conducción en la zona poniente de Ciudad Juárez a la PTAR Sur-Sur	Media	350.0
10	Proyecto y construcción de PTAR El Chaparral en la zona Km 29, con capacidad de 400 lps	Media	530.0
11	Conclusión de la PTAR del poblado de Samalayuca, con 5 lps de tratamiento secundario	Media	9.0
12	Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios	Media	56.0
13	Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor	Media	15.0
14	Construcción de la línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa)	Media	100.0
15	Construcción del drenaje pluvial en la Zona Centro	Media	100.0
16	Ampliación del acuaférico Conejos Médanos de Camino Real al tanque de la cementera	Media	2,000.0
17	Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional	Media	600.0
Total			9,704.0

Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020).

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

A pesar de que no se cuenta con total certeza en cuanto a los subcolectores y colectores principales, y demás elementos de la red de drenaje de conducción de las aguas residuales que deberían ser sustituidos, y sólo se prevén algunos proyectos de ampliación para incorporar nuevas zonas al servicio, fue posible identificar la necesidad de ejecutar las siguientes obras, incluyendo, en algunos casos, los respectivos proyectos ejecutivos e incluso algunos estudios específicos:



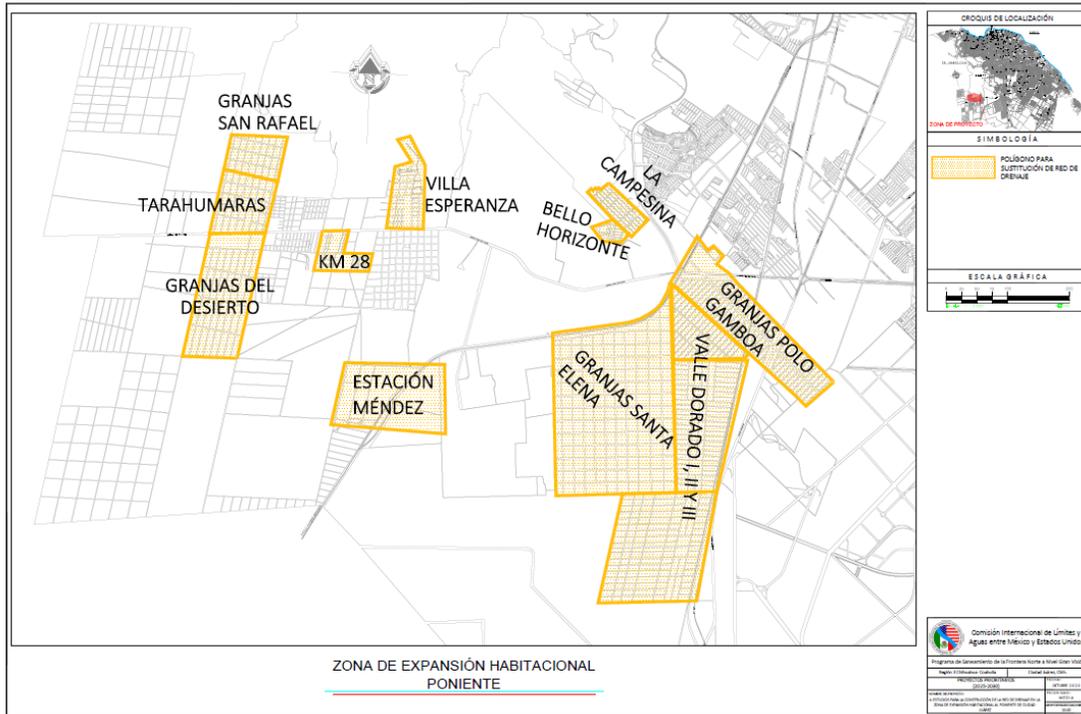
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

- Construcción de la red de alcantarillado en el poblado de Samalayuca.
- Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en Ciudad Juárez.
- Introducción de la red de alcantarillado en las colonias Km 27 y Km 29.
- Rehabilitación y renovación de colectores en el centro histórico y polígono AMP2011.
- Renovación de 214.10 km de colectores dañados en Ciudad Juárez.
- Rehabilitación de los colectores Nadadores, Norzagaray, Arroyo El Mimbres y Arroyo Las Víboras.
- Construcción y ampliación de 19 km del colector Profundo.
- Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez.
- Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo.
- Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 macromedidores de aguas residuales.
- Catastro de redes para obtención de información del estado físico de los elementos del Sistema de Alcantarillado para mejorar la información que se integrará al modelo computarizado de simulación.
- Modelo de simulación de la red de agua potable y alcantarillado para la zona urbana de Ciudad Juárez.
- Estudio detallado de colectores, incluyendo sondeos de campo, de suelos y otros, así como estudio para conocer sus condiciones de deterioro mediante CCTV.
- Actualización del Padrón de Usuarios del Servicio de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento y Aguas Tratadas.
- Estudios para la construcción de la red de drenaje en la zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez.



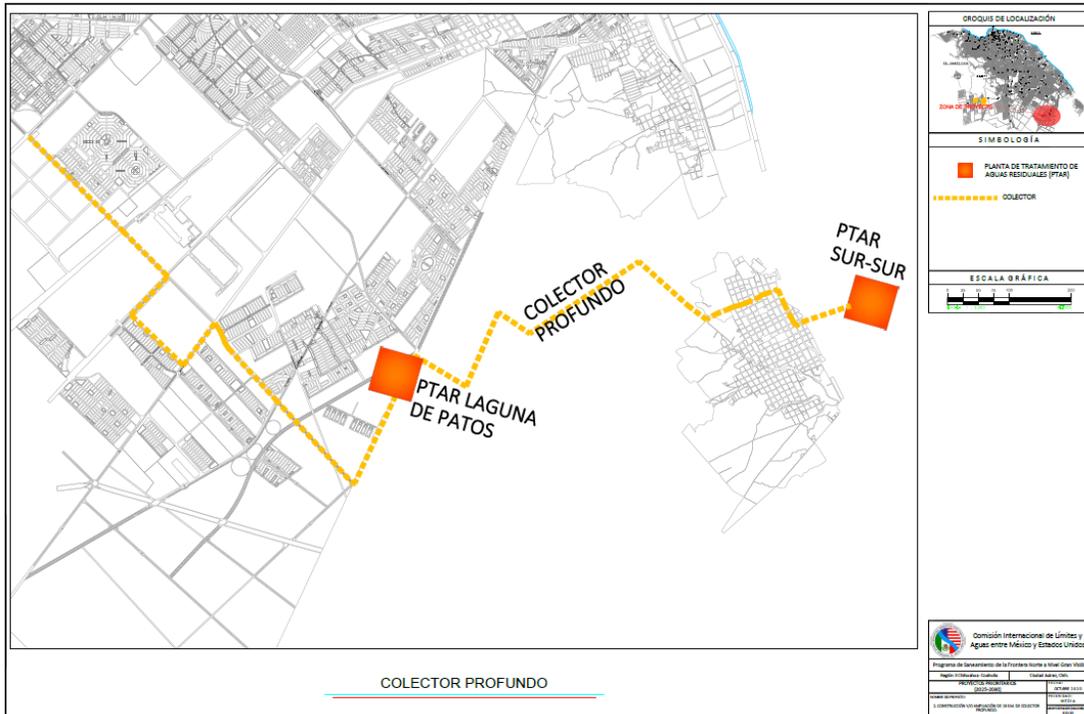
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 35. Zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez



Fuente: propia con información del JMÁS Juárez (2020).

Ilustración 36. Colector Profundo de Ciudad Juárez



Fuente: propia con información del JMÁS Juárez (2020)



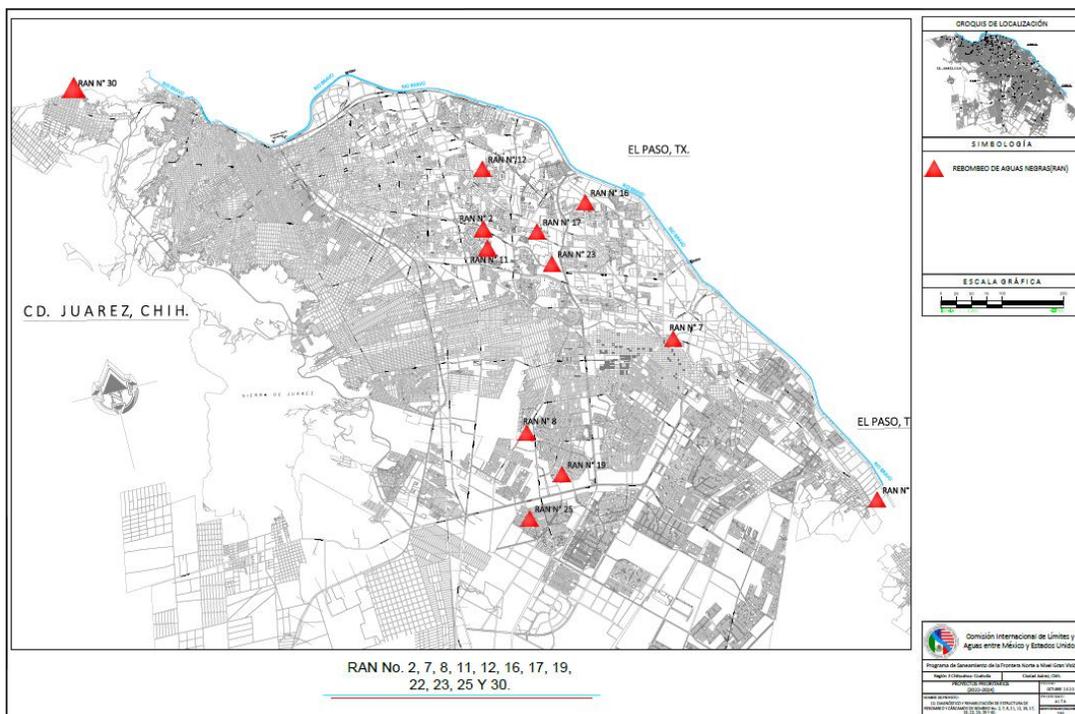
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.5.2 Acciones y proyectos para plantas de bombeo principales

Considerando conservar el sistema de funcionamiento en secuencia, de las estaciones de bombeo de aguas residuales RAN, hasta en tanto no se lleven a cabo cambios en la ubicación de las nuevas zonas de servicio, sólo se ha planteado llevar a cabo labores de rehabilitación de la infraestructura e instalaciones, además del cambio en los equipos de bombeo y la construcción de una nueva EBAR en la zona poniente.

- Diagnóstico y rehabilitación de los rebombes de aguas residuales No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30.
- Construcción de la planta de bombeo de aguas residuales y línea de conducción de la zona poniente de Ciudad Juárez a la PTAR Sur-Sur.

Ilustración 37. RAN de Ciudad Juárez



Fuente: propia con información del JMAS Juárez (2020)

3.5.3 Acciones y proyectos para plantas de tratamiento

En relación con proyectos relativos a PTARs, la cartera de proyectos del JMAS Juárez ha considerado los siguientes:

- Construcción de la ampliación de la PTAR Sur-Sur (Valle de Juárez).
- Proyecto y construcción de la PTAR El Chaparral en la zona del km 29, con capacidad de 400 lps.
- Conclusión de la PTAR del poblado de Samalayuca, de 5 lps (tratamiento secundario).
- Estudio para evaluar la factibilidad técnica, económica y contractual para pasar a una calidad 20/20 las PTAR Norte y Sur.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

3.5.4 Acciones y proyectos para infraestructura para el reúso de agua

En cuanto a proyectos relacionados con infraestructura para el reúso del agua tratada, se identificaron tres de estos como integrantes de la cartera de la JMÁS Juárez.

- Construcción de la línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa).
- Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios.
- Canalización del agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor.

3.5.5 Acciones y proyectos para infraestructura complementaria e instrumentación

- Construcción del drenaje pluvial en la zona centro.
- Ampliación del acuífero Conejos Médanos de Camino Real al tanque de La Cementera.
- Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional.

Ilustración 38. Proyecto de drenaje pluvial en centro de Ciudad Juárez



Fuente: propia con información del JMÁS Juárez (2020)

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



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 indican en los apartados 4.1.1 a 4.1.3. En este espacio se establece la mezcla de recursos económicos, estimada 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 36 se establecen las fuentes de financiamiento y la mezcla de recursos propuesta para la realización de las acciones, obras y proyectos planteados para Ciudad Juárez, de acuerdo con su naturaleza.

Tabla 36. Fuentes de financiamiento propuestas para proyectos identificados en Ciudad Juárez

Concepto	Inversión (mdp)	Fuentes de inversión (mdp)				Ejecución	
		Federal	Estatad o	NADBANK	Privada	Inicio	Fin
Colectores y emisores	7,371.8	4,033.02	1,142.09	2,196.69	-	2021	2035
Plantas de bombeo	357.5	199.75	52.75	105.00	-	2022	2034
Plantas de tratamiento	990.0	389.70	97.80	208.50	294.00	2022	2034
Sistemas de reúso	171.0	95.76	23.94	51.30	-	2025	2030
Infraestructura complementaria	2,700.0	1,512.0	378.00	810.00	-	2025	2035
Total	11,590.30	6,230.23	1,694.58	3,371.49	294.00	2021	2035

Fuente: propia con información de la JMAS Juárez 2020

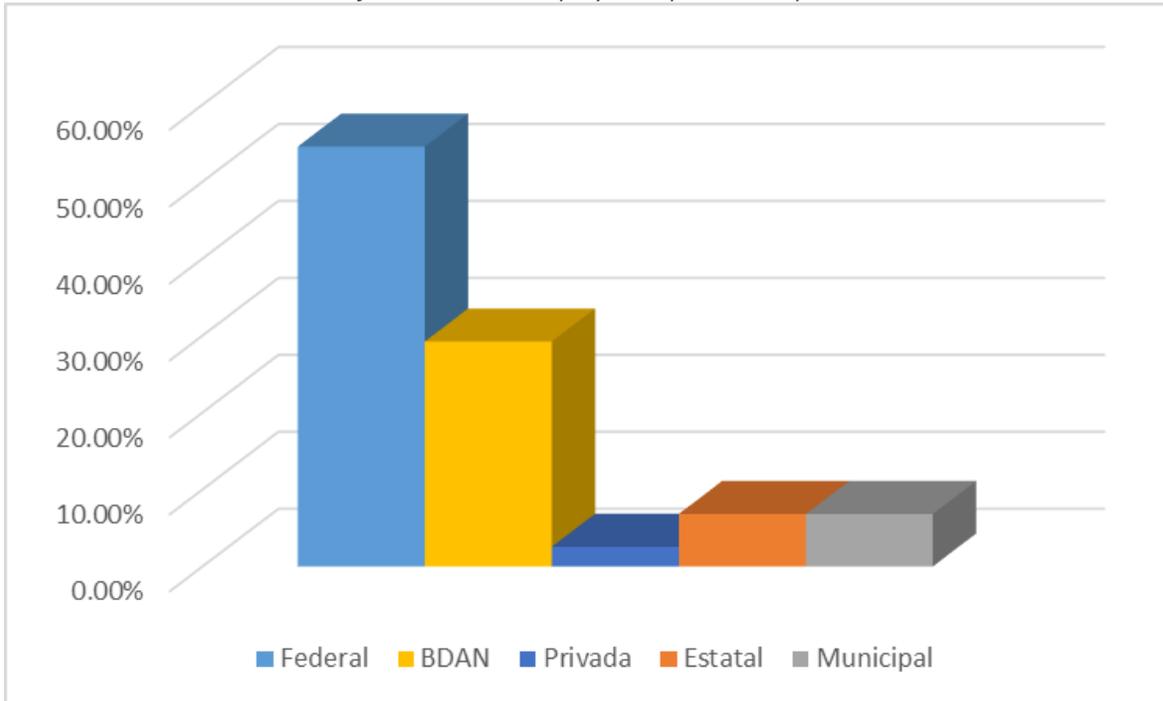
Del análisis de la tabla anterior es posible establecer que más del 54 % de los recursos necesarios para la ejecución de las acciones planteadas para Ciudad Juárez tendrán como fuente a la Federación, mientras que el BDAN representa la segunda fuente de financiamiento, de donde se estima obtener más del 29 % de los recursos económicos. Las aportaciones esperadas del municipio o de la JMAS Juárez y del Gobierno estatal sólo implican el 15 %. Finalmente, se espera que los recursos privados sólo aporten el 2 % y de manera específica en proyectos asociados a las PTAR.

En cuanto a los recursos aplicados, de acuerdo con el tipo de obra o proyecto, se destaca que más del 64 % se destinarían a la construcción y ampliación de colectores y emisores, incluyendo redes de atarjeas y alcantarillado. En infraestructura complementaria, en la cual se encuentran proyectos de interés para la JMAS Juárez, se estima la aplicación del 24 %, mientras que a las PTAR se destinará el 8.54 %. En cuanto a la ejecución de obras y proyectos para las EBAR y los sistemas de reúso del agua tratada, sólo se considera la aplicación del 3.08 y del 1 % del total, respectivamente.



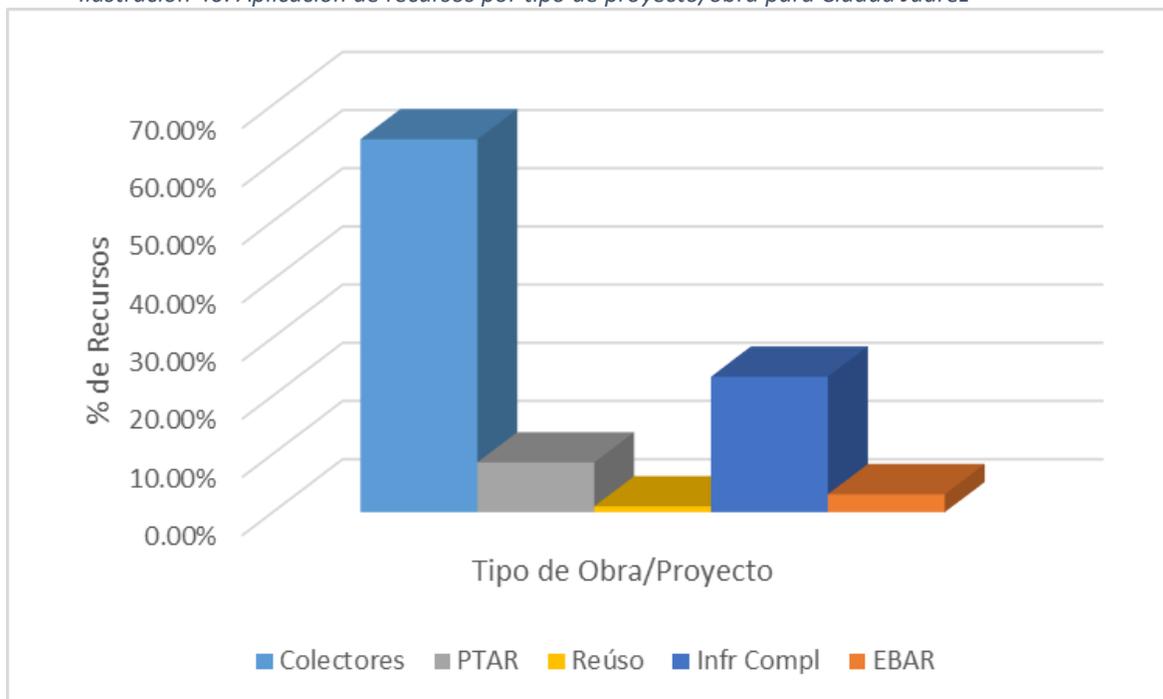
COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 39. Fuentes de financiamiento de proyectos planteados para Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con información JMAS Ciudad Juárez, 2020

Ilustración 40. Aplicación de recursos por tipo de proyecto/obra para Ciudad Juárez



Fuente: elaboración propia con información JMAS Ciudad Juárez, 2020



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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 sea 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 (se estima de menos de 5 mdp), podrían ser desarrollados con recursos provenientes de una sola fuente, ya sea del municipio o de la JMAS Juárez, del Gobierno del estado, a través de la JCAS, o bien del Gobierno federal a través de la CONAGUA o la CILA, e incluso 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, que en ocasiones ha sido incluso única para este caso, puede ser alguno de los programas del BDAN, debido al carácter fronterizo del municipio de Juárez; por ejemplo, el Programa de Apoyo a Comunidades (PAC). De igual forma es viable calificar a recursos provenientes del Banco Mundial o del BID, así como 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 Pública-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 JCAS, 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.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

BANOBRAS representa una opción, en caso de considerar como factible la participación privada a través de una APP, aunque esta opción se restringe al caso de planta 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 no implementada. En el resto de las instalaciones no hay posibilidad de repago o recuperación de inversiones, por lo que resultan poco atractivas para el suministro de recursos económicos privados.

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.

De la tabla 37 a la tabla 38 se presentan los fondos, fideicomisos y programas disponibles dentro del Gobierno federal, con base en el PEF 2020, a los cuales se podría tener 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 para 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 al municipio de Juárez.

Por otra parte, de los seis programas que fueron identificados, solo el Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento (PROAGUA), no es aplicable al municipio de Juárez por sobrepasar el número de habitantes.

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, estando a cargo del organismo operador, ya sea con recursos propios o con participación y colaboración del municipio.

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

Sólo en algunos casos muy específicos la participación privada podría ser factible, considerando un esquema de APP, como ha sucedido en los últimos 20 años en el caso de las PTAR Norte, Sur y recientemente en la Sur-Sur.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 37. 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 mantenimiento 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, donde 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 entran en esta categoría.
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	El fondo no se encuentra disponible, 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 Secretaría de Educación 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 en el país.	No	Por sus características sólo puede ser usado para el desarrollo de actividades mineras.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
Fondo de Apoyo a Estados y Municipio (FOAEM)	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 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: propia con información del PEF 2020

Tabla 38. 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 en el país.
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-APAUR)	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 2500 habitantes, en la construcción, ampliación, rehabilitación, el apoyo de la sostenibilidad operativa y financiera de los organismos	Si	Este programa aplica dado que todas las entidades y municipios de interés cuentan con más de 2500 habitantes.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

*Fondo/Fideicomiso	Ramo/Tipo	Descripción	Aplica	Motivo
		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 regazo en la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades rurales menores a 2500 habitantes de diversas entidades federativas.	No	Este programa no podría aplicar debido a que sólo corresponde para entidades y municipios menores a 2500 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 el 2020				

Fuente: propia con información del PEF 2020

4.2 Análisis de riesgos y formas de absorberlos o 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 39 se describen, de manera general, los riesgos identificados en la ejecución de los proyectos y obras planteados para Juárez, en el marco del PSFN.

Tabla 39. 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	Que no se cuente con la liberación de los terrenos por ocupar.
	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.
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.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tipo de Riesgo	Descripción
Político	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.
	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).
Técnico	Obras o proyectos cuya terminación trascienda el término de la administración municipal o estatal.
	Adquisición equivocada de bienes o equipamiento y periféricos o en malas condiciones de operación.
	Incumplimiento de las empresas contratadas para realizar los trabajos.
Ambiental	Que no se cuente con el personal técnico para dar seguimiento al proceso de supervisión y operación de las obras.
	Que las labores de construcción y equipamiento se realicen en temporada lluviosa.
	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 Ciudad Juárez, se elaboró una matriz de identificación, la cual se presenta en la tabla 40.

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 puestos cada uno de los tipos de riesgo que se estima posible se presenten, identificando con una "X" los cruces en donde se considera que es viable que se genere algún problema o riesgo asociado.

Tabla 40. Matriz de identificación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Juárez

Periodo	Proyectos/obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2021	Rehabilitación de colectores Río Bravo: Nadadores, Norzagaray, Arroyo del Mimbres y Arroyo Las Víboras.	X		X			X	
2022-2024	Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo.	X	X	X	X		X	X
	Rehabilitación y renovación de colectores sanitarios en el centro histórico y polígono AMP2011.	X		X			X	
	Construcción en Samalayuca de la red de alcantarillado.	X		X	X	X		
	Introducción de la red de alcantarillado en colonias Km 27 y Km 29.	X			X	X	X	
	Estudio detallado de colectores, incluyendo sondeos de campo, de suelos y otros, así como estudio para conocer sus condiciones de deterioro mediante CCTV.	X	X	X	X		X	X
	Actualización del padrón de usuarios del servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento y aguas residuales.	X	X	X	X		X	X
	Diagnóstico y rehabilitación de estructura de rebombes y cárcamos de bombeo No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30.	X	X	X	X	X	X	X
	Construcción de la ampliación de la PTAR Sur-Sur (500 lps).	X		X	X	X		
Estudio para evaluar la factibilidad técnica, económica y contractual para pasar a una calidad	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
	20-20 en el caudal efluente de las PTAR Norte y Sur.							
2025-2035	Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en la totalidad de la ciudad.	X		X	X	X		
	Renovación de 214.1 km de colectores dañados en el resto de la ciudad.	X	X	X		X	X	X
	Construcción o ampliación de 19 km del colector Profundo.	X	X	X		X		X
	Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez.	X		X			X	
	Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 micromedidores de aguas residuales.	X		X	X	X		
	Estudios para la construcción de la red de drenaje en la zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez.	X	X	X		X	X	X
	Catastro de redes para la obtención de información del estado físico de todos los elementos del sistema de alcantarillado para mejorar la información que se integrará al modelo computarizado de simulación.	X	X	X	X	X	X	X
	Modelo de simulación de la red de agua potable y alcantarillado para la zona urbana de Ciudad Juárez.	X		X	X	X		
	Construcción de la planta de bombeo y línea de conducción en la zona poniente de Ciudad Juárez a la PTAR Sur-Sur.	X		X			X	
	Proyecto y construcción de la PTAR El Chaparral en la zona Km 29, con capacidad de 400 lps.	X		X			X	
	Conclusión de la PTAR del poblado de Samalayuca, 5 lps de tratamiento secundario.	X	X	X		X		X
	Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios.	X		X	X	X		
	Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor.	X		X	X	X		
	Construcción de la línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa).	X	X	X			X	X
	Construcción del drenaje pluvial en la zona centro.	X	X	X	X			X
Ampliación del acuaférico Conejos Médanos de Camino Real al tanque de la Cementera	X	X	X		X	X	X	
Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional	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 alguno de estos tipos.

Los riesgos que se estima se presentarán en menor cantidad son los de tipo legal, pues en la gran mayoría de los casos las acciones se realizarán sobre las calles y vialidades; sólo en el caso de obras nuevas, principalmente en cuanto a la introducción del acuaférico, la planta potabilizadora o las ampliaciones de colectores en diversas zonas, se ejecutarán en terrenos cuya adquisición sea necesaria o nunca han sido afectados por obra alguna, con las consecuentes implicaciones. Un tema



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

legal importante se presentará con las obras del colector Profundo, pues las labores se desarrollarán en terrenos cuya propiedad debe ser determinada y, de ser el caso, indemnizada.

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 algunas personas dan a estos casos, ya que los asocian con tendencias y corrientes partidistas. Se estima que en los proyectos que consideran las redes de alcantarillado y atarjeas son los casos en donde se presentarán los riesgos citados, por su implicación social.

En seguimiento a lo citado previamente, de los riesgos más esperados se encuentran los sociales, excepto en el desarrollo de proyectos y estudios y en los trabajos ligados a las PTAR, pues su incidencia directa es nula, respecto de las personas y la comunidad. 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, principalmente en el caso de las redes de atarjeas.

Respecto a los riesgos técnicos y ambientales, se espera que sean los que representen menor problema, pues en todos los casos el apego a los lineamientos normativos y legales asegura su cumplimiento, sin dejar de requerir su atención puntual y oportuna.

4.2.2 Evaluación de riesgos

Tomando como base la Matriz de Identificación de Riesgos, se llevó a cabo la evaluación de estos, clasificándolos en tres categorías: bajo, mediano y alto. Esta clasificación está asociada a un código de colores de semáforo, en 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 todos 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 de la JMAS Juárez, como principal responsable.

Los resultados de la evaluación se presentan en la matriz de la tabla 41.

De la observación de la matriz de evaluación de riesgos se nota que los riesgos de tipo económico son los más 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 relevante, principalmente asociados a la gestión de recursos económicos o en asociación a temas legales y sociales.

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 ser evitados o controlados, como se ha establecido previamente, teniendo apego a los ordenamientos legales y normativos de naturaleza ambiental, tanto en el ámbito federal como en el 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.



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

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 41. Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Juárez

Periodo	Proyectos/obras	Tipos de riesgo						
		Económico	Legal	Admón.	Social	Político	Técnico	Ambiental
2021	Rehabilitación de colectores Río Bravo: Nadadores, Norzagaray, Arroyo del Mimbres y Arroyo Las Víboras.	X		X			X	
2022-2024	Rehabilitación o reforzamiento de cruces especiales de alto riesgo.	X	X	X	X		X	X
	Rehabilitación y renovación de colectores sanitarios en el centro histórico y polígono AMP2011.	X		X			X	
	Construcción en Samalayuca de la red de alcantarillado.	X		X	X	X		
	Introducción de la red de alcantarillado en colonias Km 27 y Km 29.	X			X	X	X	
	Estudio detallado de colectores, incluyendo sondeos de campo, de suelos y otros, así como estudio para conocer sus condiciones de deterioro mediante CCTV.	X	X	X	X		X	X
	Actualización del padrón de usuarios del servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento y aguas residuales.	X	X	X	X		X	X
	Diagnóstico y rehabilitación de estructura de rebombes y cárcamos de bombeo No. 2, 7, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 22, 23, 25 y 30.	X	X	X	X	X	X	X
	Construcción de la ampliación de la PTAR Sur-Sur (500 lps).	X		X	X	X		
	Estudio para evaluar la factibilidad técnica, económica y contractual para pasar a una calidad 20-20 en el caudal efluente de las PTAR Norte y Sur.	X		X	X	X		
2025-2035	Rehabilitación de 600 km de la red de atarjeas en la totalidad de la ciudad.	X		X	X	X		
	Renovación de 214.1 km de colectores dañados en el resto de la ciudad.	X	X	X		X	X	X
	Construcción o ampliación de 19 km del colector profundo.	X	X	X		X		X
	Construcción de la red de colectores en la zona poniente de Ciudad Juárez.	X		X			X	
	Medición permanente de gasto en colectores y suministro de 15 micromedidores de aguas residuales.	X		X	X	X		
	Estudios para la construcción de la red de drenaje en la zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez.	X	X	X		X	X	X
	Catastro de redes para la obtención de información del estado físico de los elementos del sistema de alcantarillado para mejorar la información que se integrará al modelo computarizado de simulación.	X	X	X	X	X	X	X
	Modelo de simulación de la red de agua potable y alcantarillado para la zona urbana de Ciudad Juárez.	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
	Construcción de la planta de bombeo y línea de conducción en la zona poniente de Ciudad Juárez a la PTAR Sur-Sur.	X		X			X	
	Proyecto y construcción de la PTAR El Chaparral en zona del km 29, con capacidad de 400 lps.	X		X			X	
	Conclusión de la PTAR del poblado de Samalayuca, 5 lps de tratamiento secundario.	X	X	X		X		X
	Ampliación de la red de agua tratada para dar servicio a los nuevos usuarios.	X		X	X	X		
	Canalización de agua tratada de la PTAR Sur al dren Interceptor.	X		X	X	X		
	Construcción de la línea de conducción de agua recuperada, tramo PTAR Sur a PTAR Laguna de Patos (primera etapa).	X	X	X			X	X
	Construcción del drenaje pluvial en la zona centro.	X	X	X	X			X
	Ampliación del acuífero Conejos Médanos de Camino Real al tanque de la Cementera	X	X	X		X	X	X
	Construcción de la planta potabilizadora en la presa Internacional.	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.

En la gran mayoría de los casos, el tema social logra subsanarse informando y concientizando, sobre todo en donde 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 públicas 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 de la JMÁS Juárez, con apoyo especializado, proveniente de las áreas respectivas de la JCAS y del municipio y,



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

de ser necesario, debe considerarse la incorporación de especialistas en comunicación social, provenientes de la academia o de empresas privadas especializadas. 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, ligado a la página de la JMAS Juárez o del municipio.

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 involucradas, 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, avances 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 de las citadas condicionantes.



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, Ciudad Juárez, CH.....	6
Tabla 2. Características principales de los sistemas de la red de alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)	13
Tabla 3. Distribución de EBAR por sistema o cuenca de la red de alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)	15
Tabla 4. Características principales de equipamiento de RAN en Ciudad Juárez (2020)	16
Tabla 5. Plantas de aguas residuales no operadas por la JMAS Juárez.....	20
Tabla 6. Coordenadas de localización de las PTAR	21
Tabla 7. Calidad nominal y cumplimiento de NOM de descarga de las PTAR.....	29
Tabla 8. Capacidad nominal y operación actual de las PTAR	31
Tabla 9. Costos actuales de operación y mantenimiento de PTAR.....	36
Tabla 10. Extracto de las tarifas actuales de la JMAS de Ciudad Juárez	37
Tabla 11. Condiciones de la infraestructura de saneamiento.....	43
Tabla 12. Títulos de concesión existentes en el REPDA con anexo de descarga de las PTAR de Ciudad Juárez	51
Tabla 13. Costos actuales de operación y mantenimiento de PTARs	53
Tabla 14. Proyección de población servida por la JMAS Juárez	57
Tabla 15. Proyección de la demanda futura de saneamiento en las PTAR de Ciudad Juárez.....	58
Tabla 16. Proyectos de infraestructura que ha rebasado su vida útil.....	61
Tabla 17. Proyectos de infraestructura que requieren rehabilitación	62
Tabla 18. EBAR y PTAR que requieren incremento en su capacidad	64
Tabla 19. Proyectos de reforzamiento del sistema de saneamiento en general.....	66
Tabla 20. Características hidráulicas generales de alternativas de colectores y redes de atarjeas .	78
Tabla 21. Características generales de alternativas de estaciones de bombeo	79
Tabla 22. Características generales de alternativas para infraestructura para el reúso de agua.....	80
Tabla 23. Características generales de alternativas para infraestructura complementaria	81
Tabla 24. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de colectores y redes de atarjeas.....	83
Tabla 25. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de estaciones de bombeo	83
Tabla 26. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas de PTAR	84
Tabla 27. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas para infraestructura para el reúso de agua.....	84
Tabla 28. Evaluación comparativa de costos de inversión, operación y mantenimiento de alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	85
Tabla 29. Alternativas seleccionadas de colectores y redes de atarjeas	85
Tabla 30. Alternativas seleccionadas de estaciones de bombeo	86
Tabla 31. Alternativas seleccionadas de PTAR	87
Tabla 32. Alternativas seleccionadas para infraestructura para el reúso de agua	87
Tabla 33. Alternativas para infraestructura complementaria e instrumentación	88
Tabla 34. Relación de proyectos a corto plazo (2022-2024) JMAS Juárez	89



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Tabla 35. Relación de proyectos a mediano plazo (2025-2035) JMAS Juárez	90
Tabla 36. Fuentes de financiamiento propuestas para proyectos identificados en Ciudad Juárez..	95
Tabla 37. Relación de fondos y fideicomisos en el ejercicio fiscal 2020	99
Tabla 38. Relación de programas en el ejercicio fiscal 2020.....	100
Tabla 39. Relación de riesgos para la ejecución de proyectos.....	101
Tabla 40. Matriz de identificación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Juárez ...	102
Tabla 41. Matriz de evaluación de riesgos para la ejecución de proyectos en Ciudad Juárez.....	105



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Localización del municipio de Juárez en el estado de Chihuahua y colindancias	7
Ilustración 2. Cobertura de alcantarillado por entidad federativa (%)	10
Ilustración 3. Esquema General del Sistema de Alcantarillado de Ciudad Juárez en 2012	11
Ilustración 4. Esquema general actual del sistema de alcantarillado de Ciudad Juárez (2020).....	12
Ilustración 5. Red de alcantarillado y drenaje pluvial de la zona centro de Ciudad Juárez	14
Ilustración 6. Distribución general de los RAN del Sistema de Alcantarillado de Ciudad Juárez (2020)	16
Ilustración 7. Ubicación de RAN del Sistema de Alcantarillado de Ciudad Juárez (2020).....	17
Ilustración 8. Ubicación de las PTAR de Ciudad Juárez y sus áreas de aportación	22
Ilustración 9. Esquema de la PTAR Anapra	24
Ilustración 10. Esquema de la PTAR Norte.....	25
Ilustración 11. Esquema de la PTAR Sur.....	26
Ilustración 12. Esquema de la PTAR Sur-Sur	27
Ilustración 13. Esquema de la PTAR Laguna de Patos.....	30
Ilustración 14. Traza de la red morada ligada al Módulo Especial de Tratamiento de la PTAR Norte	32
Ilustración 15. Propuesta de proyecto de línea de conducción de la PTAR Sur a la PTAR Laguna de Patos.....	33
Ilustración 16. Distribución general de las líneas moradas en Ciudad Juárez	34
Ilustración 17. Vista general de la PTAR Anapra	39
Ilustración 18. Componentes principales de la PTAR Anapra	39
Ilustración 19. Vista general de la PTAR Norte	40
Ilustración 20. Componentes principales de la PTAR Norte	40
Ilustración 21. Vista general de la PTAR Sur.....	41
Ilustración 22. Componentes principales de la PTAR Sur	41
Ilustración 23. Vista general de la PTAR Sur-Sur	42
Ilustración 24. Vista general de la PTAR Laguna de Patos	42
Ilustración 25. Componentes principales de la PTAR Laguna de Patos	43
Ilustración 26. Infraestructura actual de saneamiento que requiere atención prioritaria a corto, mediano y largo plazos de Ciudad Juárez	45
Ilustración 27. Ubicación y distancia del relleno sanitario de Ciudad Juárez	53
Ilustración 28. Ubicación de usuarios potenciales de aguas residuales tratadas en Ciudad Juárez.	61
Ilustración 29. Ubicación de algunos colectores que requieren renovación en Ciudad Juárez.....	62
Ilustración 30. Ubicación de algunos colectores que requieren rehabilitación en Ciudad Juárez....	63
Ilustración 31. Ubicación de los RAN que requieren rehabilitación en Ciudad Juárez	64
Ilustración 32. Ubicación de la PTAR en el poblado de Samalayuca.....	65
Ilustración 33. Trazo y ubicación de la ampliación del acuaférico Conejos Médanos	66
Ilustración 34. Elementos que conforman la excavación en zanja	70
Ilustración 35. Zona de expansión habitacional al poniente de Ciudad Juárez	92
Ilustración 36. Colector Profundo de Ciudad Juárez.....	92
Ilustración 37. RAN de Ciudad Juárez.....	93
Ilustración 38. Proyecto de drenaje pluvial en centro de Ciudad Juárez.....	94



COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES Y AGUAS ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS

Ilustración 39. Fuentes de financiamiento de proyectos planteados para Ciudad Juárez	96
Ilustración 40. Aplicación de recursos por tipo de proyecto/obra para Ciudad Juárez	96