

FONDO SECTORIAL CONAGUA CONACYT

“DIAGNÓSTICO GENERAL DE OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) MUNICIPALES CON INFLUENCIA INDUSTRIAL CONFORME A LA NOM-001-SEMARNAT-1996 Y CONDICIONES PARTICULARES DE DESCARGA”

DIAGNÓSTICO DE LA PTAR

MEXICALI I “ZARAGOZA”

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

ÍNDICE

1.	INFORMACIÓN DE LA PTAR	6
1.1.	Datos generales	6
1.2.	Ubicación	6
1.3.	Influente industrial	7
2.	DESCRIPCIÓN DE LA PTAR	8
2.1.	Descripción de proceso	8
2.2.	Unidades de proceso	9
3.	MEMORIA DE CÁLCULO	16
4.	DIAGNÓSTICO DEL PERSONAL	16
4.1.	Recursos humanos	16
4.2.	Evaluación de conocimientos	17
4.3.	Capacitación	18
4.3.1.	Cursos de capacitación recibidos	18
4.3.2.	Temas de capacitación solicitados	18
5.	SEGURIDAD	19
5.1.	Análisis de formato	19
6.	LABORATORIO	20
7.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA	21
7.1.	Cumplimiento de descarga	21
7.1.1.	Título de concesión de descarga	21
7.1.2.	Análisis de calidad del agua	23
7.2.	Proceso	45
7.2.1.	Análisis rutinarios	45
7.2.2.	Reportes de operación (bitácoras)	45
7.3.	Mantenimiento	45
7.3.1.	Programa	45
7.3.2.	Reportes	46
8.	TRABAJOS DE CAMPO	47

8.1. Inspección de campo de la PTAR	47
8.1.1. Caja de recepción de aguas residuales	47
8.2 Equipos electromecánicos	83
8.3 Muestreo y calidad del agua residual	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 8.1 Emisores que llegan a la caja de recepción de la PTAR	
Zaragoza	48
Figura 8.2 Descargas de aguas residuales emisores PBAR 1, 3, 6 y 7	48
Figura 8.3 Descarga de agua residual emisor PBAR 8 hacía el canal	
Parshall	48
Figura 8.4. Caja derivadora que distribuye el agua residual al sistema	
lagunar.....	49
Figura 8.5 Medición de caudales en los seis emisores	50
Figura 8.6. Rejillas finas de la PTAR Zaragoza.....	51
Figura 8.7. Retiro constante de los sólidos acumulados sobre las rejillas ...	52
Figura 8.8. Compactador/lavador de basura de la PTAR Zaragoza	53
Figura 8.9. Desarenadores tipo vórtice (DS-ZA-106 A y B).....	54
Figura 8.10. Canal Parshall	55
Figura 8.11. Medidor de flujo colocado en el canal Parshall	55
Figura 8.12. Lagunas aireadas de la PTAR de Zaragoza.....	57
Figura 8.13. Arenas y piedras sobre los taludes de las lagunas aireadas	58
Figura 8.14. Presencia de vegetación en las lagunas aireadas	59
Figura 8.15. Cortos circuitos presentes en las lagunas aireadas.....	60
Figura 8.16. Presencia de bacterias púrpuras de azufre en la laguna aireada	
C	61
Figura 8.17. Medición del pH y temperatura en las lagunas de aireación ...	62
Figura 8.18. Distribución de los aireadores en las lagunas de aireación	62
Figura 8.19. Aireadores direccionales colocados en las lagunas de	
aireación.....	63
Figura 8.20. Perfil del oxígeno disuelto en las lagunas de aireación	64
Figura 8.21. Zonas muestras y flujos preferenciales en las lagunas de	
aireación.....	65
Figura 8.22. Medición de los sólidos depositados en las lagunas de	
aireación.....	66
Figura 8.23. Interconexión entre las lagunas de aireación y las lagunas de	
sedimentación	66

Figura 8.24. Lagunas de sedimentación de la PTAR de Zaragoza	68
Figura 8.25. Levantamiento de la geomembrana y presencia de vegetación enraizada en la laguna de sedimentación B	69
Figura 8.26. Interconexión entre las lagunas de sedimentación y las lagunas de maduración.....	69
Figura 8.27. Lagunas de maduración de la PTAR de Zaragoza	71
Figura 8.28. Presencia de vegetación en las lagunas de maduración.....	72
Figura 8.29. Aspecto del color de las dos primeras de lagunas de maduración (Sur y Norte).....	73
Figura 8.30. Presencia de algas en las lagunas de maduración 3 y 4 (Sur y Norte)	74
Figura 8.31. Conducción del efluente final de la PTAR de Zaragoza.....	76
Figura 8.32. Caseta de desinfección con cloro gas	77
Figura 8.33. Medidor de flujo descarga final PTAR Zaragoza	77
Figura 8.34. Tren de tratamiento terciario de la PTAR de Zaragoza.....	78
Figura 8.35. Tratamiento terciario de aguas residuales de la PTAR de Zaragoza	79
Figura 8.36. Condiciones actuales de las unidades del tratamiento terciario de la PTAR de Zaragoza.....	80
Figura 8.37. Caseta de cloración del tren de tratamiento terciario de la PTAR de Zaragoza	81
Figura 8.38. Lagunas de deshidratación de la PTAR de Zaragoza	81
Figura 8.39. Vialidades de la PTAR de Zaragoza	82
Figura 8.40. Estado físico de los equipos electromecánicos de la PTAR de Zaragoza	84
Figura 8.41. Puntos de nuestros tomados para la caracterización del agua residual en la PTAR de Zaragoza.....	85
Figura 8.42. Variación del caudal en el influente y efluente de la PTAR de Zaragoza	91
Figura 8.43. Concentración de GyA en el influente y efluente de la PTAR de Zaragoza	92
Figura 8.44. Variación de los CF y E.Coli en el influente y descarga final de la PTAR de Zaragoza.....	93
Figura 8.45. Variación del pH y temperatura en el influente y descarga final de la PTAR de Zaragoza.....	94
Figura 8.46. Variación de los contaminantes en la laguna de aireación y sedimentación A	97
Figura 8.47. Variación de los contaminantes en la laguna de aireación y sedimentación B.....	98

Figura 8.48. Variación de los contaminantes en la laguna de aireación y sedimentación C	99
Figura 8.49. Variación de los contaminantes en las lagunas de maduración Norte.....	101
Figura 8.50. Variación de los contaminantes en las lagunas de maduración Sur	102
Figura 8.51. Variación de los contaminantes después del proceso de desinfección.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Datos generales	4
Tabla 1.2. Ubicación y contacto	5
Tabla 4.1. Plantilla de personal de PTAR Zaragoza, Mexicali	14
Tabla 7.1. Condiciones particulares de descarga de aguas residuales	19

1. INFORMACIÓN DE LA PTAR

1.1. Datos generales

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Mexicali I, también conocida como “Zaragoza” fue construida en 1969 iniciando operaciones ese mismo año y posteriormente se realizó una actualización en el año 2005. La PTAR recibe las aguas residuales que se generan en la ciudad de Mexicali, Baja California, se diseñó para tratar un caudal promedio de 1,300 l/s y un caudal máximo de 2,574 L/s, tratando el 45% de las aguas residuales generadas en la ciudad de Mexicali, equivalente a aproximadamente 384,500 habitantes. Las aguas tratadas se descargan en el cuerpo receptor “B” Dren Internacional, afluente del Río Nuevo. En la Tabla 1.1 se presentan algunos datos generales de la PTAR (tomados del Anexo I, el cual contiene los formatos con la información obtenida en campo, procesada y corregida).

Tabla 1.1. Datos generales

Datos generales			
Año de construcción	1969	Inicio de operación	1969
Municipios de los cuales recibe descargas	Mexicali, a través de los emisores PBAR N° 1, 3, 6, 7 y 8	Población servida	Aprox. 470,000
Actualización más reciente	2005	Tipo de tratamiento	Sistema de lagunas de estabilización
Gasto de diseño	Flujo promedio: 1,300 L/s Flujo máximo: 2,574 L/s	Gasto de operación	550 L/min (promedio 2021)

1.2. Ubicación

La PTAR Mexicali I “Zaragoza” se encuentra ubicada en la colonia Zaragoza, en el municipio de Mexicali, Baja California. La PTAR es operada por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM) y se encuentra a cargo de Jesús Alfredo López Villegas. En la Tabla 1.2 se presentan los datos de ubicación y de contactos de la PTAR.

Tabla 1.2. Ubicación y contacto

Ubicación			
Nombre de la PTAR	Mexicali I “Zaragoza”	<div>Mapa de ubicación</div> 	
Calle y número	Kilómetro 2, Carretera federal número 2 a Tijuana. Solidaridad INFONAVIT II		
Colonia y C.P	Zaragoza C.P. 21324		
Municipio y estado	Mexicali, Baja California		
Coordenadas	Norte 32° 36´ 34.38´´ Oeste -115° 32´ 31.38´´		
Contacto			
Nombre	Jesús Alfredo López Villegas	Puesto	Encargado de la PTAR
Correo electrónico	jlopez@cespm.gob.mx	Teléfono	686 151 6653

1.3. Influyente industrial

En el estado de Baja California existen 43 PTARs que tratan descargas municipales y 71 en el sector industrial, de acuerdo a.

Las plantas municipales tienen una capacidad instalada para el tratamiento de 7,827.6 L/s, procesando un caudal de 5,715.1 L/s. Mientras que, para las plantas industriales su operación es igual a la capacidad instalada de 613 L/s.

La PTAR Mexicali 1 “Zaragoza” trata aguas residuales municipales e industriales, recibiendo descargas provenientes del PBAR 1 y 3 que transporta los efluentes de restaurantes y diversas industrias de Mexicali y descargas provenientes de PBAR 6, 7 y 8 provenientes de zonas residenciales de la ciudad de Mexicali. La PTAR Zaragoza trata un caudal de 550 L/min, de los cuales el % son aguas residuales industriales.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PTAR

2.1. Descripción de proceso

La PTAR Mexicali I “Zaragoza” recibe aproximadamente el 55% de las aguas residuales generadas en la ciudad de Mexicali, Baja California, recolectadas a través de los emisores PBAR número 1, 3, 6, 7 y 8.

La Planta se diseñó en 1969 como un sistema de lagunas anaerobias seguidas por un sistema de lagunas facultativas (sistema tipo australiano). Sin embargo, en el año 2005 se realizó un rediseño hacia un sistema de tratamiento de Lagunas Aireadas de Mezcla Parcial con capacidad para tratar un caudal de 1,300 L/s, admitiendo un caudal máximo de 2,574 L/s cuando todos los trenes de tratamiento se encuentran en operación simultánea. El área de la PTAR abarca 207 hectáreas.

En la Figura 2.1 se presenta un diagrama de flujo del proceso que consta de una caja de llegada, un sistema de pretratamiento para la retención de basura por medio de cribas y dos desarenadores. Posteriormente, el agua pasa a un tratamiento biológico que consiste en tres Lagunas Aireadas equipadas con 8 aireadores eléctricos (cada una) montados en plataformas flotantes. Cada aireador cuenta con un agitador de 30 HP y un motor de 15 HP para el suministro de aire. La salida de cada laguna está conectada a una laguna facultativa (de sedimentación) cuyos efluentes se juntan en una caja derivadora que divide el caudal tratado en dos sistemas de lagunas de maduración, el sistema Norte (4 lagunas) y el sistema Sur (4 lagunas).

El sistema biológico está diseñado para el tratamiento de 1,300 L/s de agua residual con un tiempo de retención hidráulico de 22 días aproximadamente.

El efluente generado en el sistema biológico se divide en 3, mandando una parte a Intergen, otra parte se bombea a TDM y otra a un sistema de cloración. El efluente de la cloración se envía a una planta de tratamiento terciario y al Dren Internacional.

Dentro de las modificaciones y adecuaciones que se han realizado en la PTAR se instalaron 3 equipos adicionales de aireación en cada laguna aireada con capacidad de agitación de 50 HP y con un motor para el soplador de 15 HP, esta modificación se realizó en el año 2016. Posteriormente, en el año 2018, se retiraron las dos cribas gruesas del pretratamiento y se instalaron dos sistemas nuevos de cribas finas para la separación de basura.

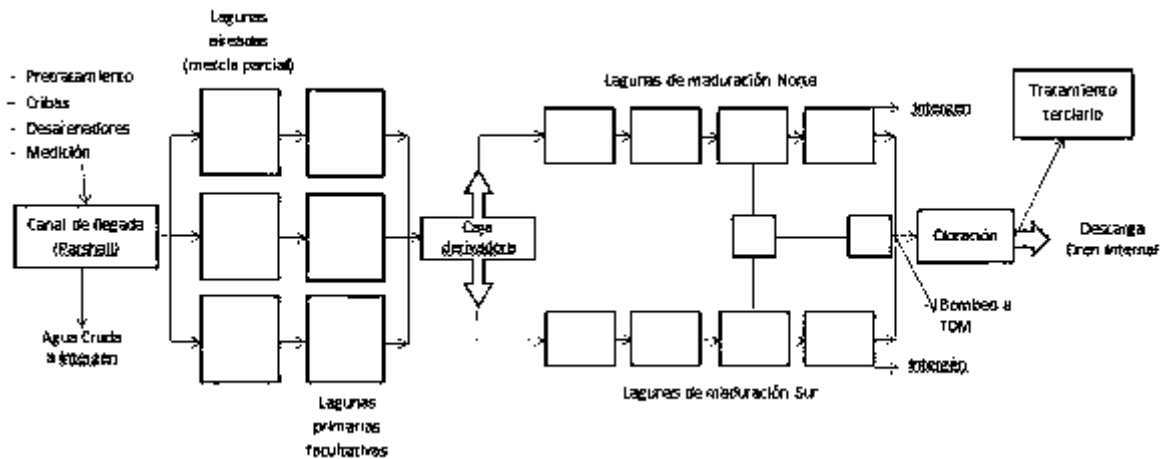


Figura 2.1. Tren de tratamiento de la PTAR Zaragoza (tomado del manual de operación de la PTAR Zaragoza)

2.2. Unidades de proceso

Caja de llegada.

El agua residual se recibe en la caja rompedora de velocidad (Figura 2.2), procedente de los emisores de descarga de agua residual de las PBAR # 1, 3, 6 y 7, el emisor de la PBAR # 8 descarga directamente al canal Parshall y toda el agua residual se conduce dentro de las instalaciones de la planta a través de dos canales iguales e independientes hacia los canales de cribas (CR-ZA-101 A y B). La estructura de recepción de agua residual cuenta con dos compuertas para controlar el paso de agua para la alimentación a las cribas.



Figura 2.2. Caja rompedora de velocidad.

Cribas finas.

En cada uno de los canales de cribas se encuentra instalada una criba fina tipo escalera (Figura 2.3) con capacidad individual de manejar hasta 1,300 L/s con una derivación de demasías por lluvias. El flujo del proyecto se consideró para un máximo de 1,800 L/s operando ambas cribas y con una derivación/demasías por lluvia. El paso entre las lamelas es de 3 mm. Las cribas operan en modo manual o automático.



Figura 2.3. Cribas finas tipo escalera

Tornillo transportador.

Los sólidos retenidos en las cribas finas se descargan a un tornillo transportador con capacidad de 3 a 5 m³/h, que dirige los sólidos hacia un compactador/lavador.



Figura 2.4. Tornillo transportador

Compactador / Lavador.

Los sólidos provenientes del tornillo transportador se lavan y se transportan a la zona de compactación. Posteriormente, los sólidos se dirigen a un contenedor de basura con capacidad de 2.5 m³ y el agua de lavado se envía al drenaje. La basura del contenedor se dispone en un sitio de confinamiento donde es recolectada dos veces por semana.

Desarenadores.

El agua residual libre de basura es transportada en canales (por gravedad) hacia dos desarenadores tipo vórtice (DS-ZA-106 A y B). Los desarenadores (Figura 2.5) están diseñados para operar de manera simultánea tratando individualmente un flujo promedio de 650 L/s, aunque tienen capacidad para tratar hasta 1,300 L/s.



Figura 2.5. Desarenador tipo vórtice

Las arenas separadas son lavadas intermitentemente con agua de servicio para remover la materia orgánica que pudieran contener y después son succionadas mediante un par de sopladores generadores de vacío. Las arenas son colectadas en un clasificador (CA-ZA-108) y son enviadas mediante un tornillo sin fin (TQ-ZA-109) a un contenedor de 2.25 m³ donde se recolectan dos veces por semana, por una empresa de disposición de residuos.

Medidor de flujo Parshall.

El agua proveniente del pretratamiento fluye por gravedad hacia un medidor Parshall (Figura 2.6) (MP-ZA-201) con capacidad de 2,574 L/s, que cuantifica el flujo instantáneo y totalizador de campo utilizando un PLC, dirigiendo el flujo a una caja de distribución (CD-ZA-202) que divide el caudal en 3 flujos iguales (Figura 2.7), y las dirige hacia las tres líneas (A, B, C) de tratamiento biológico.



Figura 2.6. Canal Parshall.



Figura 2.7. Caja derivadora

Lagunas Aireadas de mezcla parcial.

Las tres líneas de tratamiento biológico están conectadas en paralelo y constan cada una de una laguna de aireación (Figura 2.8) (LP-ZA-203 A, B y C) provista: A y B de 11 aireadores direccionales; 8 cuentan con agitadores de 30 HP y sopladores de 15 HP y; 3 con agitadores de 50 HP y sopladores de 15 HP. La laguna C tiene 10 aireadores; 7 con agitadores de 30 HP y sopladores de 15 HP y; 3 con agitadores de 50 HP y sopladores de 15 HP.

Los aireadores (Figura 2.9) (AD-ZA-204 A – X) operan de forma simultánea y continua, con control manual.



Figura 2.8. Lagunas aireadas de mezcla parcial



Figura 2.9. Sistema de aireación

Lagunas de sedimentación.

El efluente de cada laguna aireada pasa por un vertedor de tubos hacia una laguna de sedimentación (Figura 2.10) (LF-ZA-205 A, B y C), formando un tren de tratamiento en serie con la laguna aireada correspondiente. Las lagunas tienen una profundidad de 2.5 m y están construidas mediante un bordo hecho de material de banco con refuerzos para evitar la erosión y tienen una protección a la filtración con polietileno de alta densidad.

Para el desazolve de las lagunas se cuenta con dos equipos móviles de dragado (DL-ZA-206 A y B), los cuales envían los lodos húmedos por bombeo hacia la laguna de secados de lodos (# 9).

En la salida de cada laguna hay una caja de registro con paro de flujo, en caso de que se deba aislarse alguna laguna.



Figura 2.10. Laguna de sedimentación

Lagunas de maduración.

Los tres efluentes provenientes de las lagunas aireadas/sedimentación se envían mediante gravedad a una caja derivadora (Figura 2.11) (CD-ZA-207) que divide el flujo hacia dos trenes de tratamiento, Norte y Sur; cada uno de los trenes está conformado de cuatro lagunas de maduración (Figura 2.12) conectadas en serie. La tercera laguna cuenta con una línea de vaciado para poder realizar un by pass.



Figura 2.11. Caja derivadora 2



Figura 2.12. Laguna de maduración

Cloración.

El efluente proveniente de las lagunas de maduración se envía a un sistema de inyección de cloro gas (Figura 2.13), el cual se diluye con agua proveniente de la planta de tratamiento terciario. El agua tratada se almacena en un tanque (Figura 2.14) equipado con dos bombas centrífugas que envían agua a la ciudad de Mexicali para el riego de áreas verdes, a la planta de tratamiento terciario (Figura 2.15) y al Dren Internacional (Figura 2.16).



Figura 2.13. Cloración



Figura 2.14. Tanque de almacenamiento de agua tratada



Figura 2.15. Planta de tratamiento terciario



Figura 2.16. Efluente dirigido al Dren Internacional

3. MEMORIA DE CÁLCULO

La PTAR no suministró las memorias de cálculo, ya que no cuenta con estas.

4. DIAGNÓSTICO DEL PERSONAL

4.1. Recursos humanos

La PTAR Zaragoza cuenta con una plantilla conformada por diez personas, quienes se encargan de la operación y mantenimiento de la Planta. En la Tabla 4.1 se presentan los datos de dicha plantilla. La información fue obtenida a través del FORMATO 03. RECURSOS HUMANOS, que se encuentra en el Anexo I.

Tabla 4.1. Plantilla de personal de PTAR Zaragoza, Mexicali

Nombre	Puesto	Escolaridad	Antigüedad	
			En la planta	En el puesto
Personal administrativo				
Jesús Alfredo López Villegas	Encargado de la PTAR	Licenciatura	12 años	4 meses
Personal operativo				
José Roberto Rocío Adame	Operador	Secundaria	23 años	14 años
José Abel Carreras Quiñones	Operador	Preparatoria	20 años	11 años
José Manuel Silva Ramos	Operador	Secundaria	18 años	10 años
Israel Marcelo Aguilar Contreras	Operador	Secundaria	13 años	12 años

Manuel Zamora Félix	Operador	Secundaria	3 años	2 años
Personal de mantenimiento				
Sergio García Flores	Conservación	Primaria	24 años	20 años
Jesús Oliveto Trejo Acuña	Conservación	Preparatoria	13 años	13 años
Personal de laboratorio				
Miguel Cuevas Guerrero	Jefe de Laboratorio de Aguas Residuales	Maestría	13 años	4 meses
Ramón Ernesto Rosas Ángulo	Aux. de Laboratorio de Aguas Residuales	Pasante Lic.	5 años	3 años

La plantilla que opera esta PTAR se conforma por un encargado de la PTAR, cinco operadores, dos personas de mantenimiento y 2 laboratoristas.

Se observa que 4 de los 5 operadores tienen más de 10 años de antigüedad laboral, los dos encargados de mantenimiento tienen más de 13 años trabajando en la PTAR y solo uno de los laboratoristas tiene menos de 10 años (5) de antigüedad, lo que refleja una continuidad en el personal que opera la Planta.

Se puede establecer que el personal cuenta con la experiencia suficiente para operar adecuadamente los procesos dentro de la PTAR y que se ha dado una continuidad a la plantilla laboral.

4.2. Evaluación de conocimientos

Para la evaluación de conocimientos de la plantilla laboral se tomó como base el FORMATO 04 EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS, que se encuentra en el Anexo IV Formatos llenados en campo.

Durante la evaluación de conocimiento del personal que opera la PTAR, el personal administrativo y de mantenimiento no presentó la evaluación. Asimismo, no se recibió la evaluación de un laboratorista y un operador.

Los resultados de las evaluaciones recibidas arrojaron:

- Operadores. En general se tiene un conocimiento regular, destacando un buen nivel en el conocimiento de la PTAR y los procesos involucrados y tendiendo a malos conocimiento generales de los procesos y los temas que involucran al tratamiento de aguas residuales. Cabe destacar que se presentó una evaluación con un nivel de conocimientos malos y una con un buen nivel de conocimientos.
- Laboratoristas. Presentan un conocimiento bueno, destacando los conocimientos sobre los procesos involucrados en la PTAR y los

conocimientos generales básicos, presentando problemas en los procesos más complejos del tratamiento de aguas residuales.

4.3. Capacitación

4.3.1. Cursos de capacitación recibidos

Los operadores evaluados refirieron haber tomado dos cursos: Manejo de residuos peligrosos y Manejo de gas cloro.

El personal del laboratorio recibió el curso de la escuela del agua de Conagua Operación de PTAR.

4.3.2. Temas de capacitación solicitados

Los operadores evaluados no solicitaron ningún curso, mientras que el personal de laboratorio solicitó cursos relacionados con Buenas prácticas de laboratorio y Determinación e interpretación de coliformes fecales.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas y al historial de cursos de capacitación que dijeron haber tomado el personal que opera la PTAR se hace evidente la implementación de un programa de capacitación continua a todo el personal que labora en la planta.

Con el objetivo de coadyuvar en la solución de los problemas de capacitación en la PTAR se entregó material didáctico. La evidencia de la entrega de dicho material se expone en la Figura 4.1.

Figura 4.1. Oficio de entrega de material didáctico al personal de la PTAR

5. SEGURIDAD

5.1. Análisis de formato

El responsable de la seguridad e higiene en la PTAR Zaragoza es el encargado de la planta, Jesús Alfredo López Villegas, quien colaboró en el llenado del FORMATO 15. SEGURIDAD E HIGIENE.

En la información recopilada en el formato mencionado se observa que la Planta cuenta con un estudio de análisis de riesgo y se tienen identificados los diversos riesgos que se tienen dentro de las instalaciones, incluyendo riesgos por desastres naturales, disturbios y vandalismo, derrames, riesgo sanitario y químico. Asimismo, se cuenta con un plan de contingencia para la atención de los riesgos identificados.

En este sentido, se recomienda implementar un procedimiento de contingencia en caso de tormentas eléctricas y para la atención de explosiones, a pesar de presentar un riesgo bajo de ocurrencia de dichos fenómenos.

Durante la visita de diagnóstico realizada a la Planta se verificó que se cuenta con los teléfonos de emergencia en lugares visibles de las instalaciones, se cuenta con disposiciones de seguridad e higiene para trabajadores y visitantes, así como con equipo de protección personal y para atención de emergencias (Figura 5.1).



Figura 5.1. Equipo de protección personal y atención de emergencias

También, se verificó la existencia de brigadas de evacuación, primeros auxilios, prevención y combate de incendio, búsqueda y rescate, así como una brigada multifuncional y una encargada del manejo del equipo de seguridad, como la camilla, los trajes especiales, etc.

Respecto a los riesgos generales a los que se encuentra expuesto el personal que labora en la Planta, se tienen identificados los riesgos infecciosos, daños físicos, exposición a agentes químicos, gases y vapores tóxicos y descargas eléctricas, además de contar con medidas preventivas para cada uno de estos.

Se recomienda implementar medidas preventivas para el riesgo generado por fuego proveniente del almacenamiento inadecuado de materiales y químicos cercanos a una fuente de ignición.

6. LABORATORIO

La PTAR cuenta con un laboratorio de análisis (Figura 6.1) utilizado para tener un control interno de parámetros que sirven para monitorear el funcionamiento de la planta. El laboratorio cuenta con dos personas que trabajan como analistas, los cuales realizan muestreo y análisis mensuales de DQO, DBO₅, SST y Coliformes Fecales.

El laboratorio y el personal que labora en este no cuentan con acreditación. Sin embargo, reciben capacitación bi anual.



Figura 6.1. Laboratorio de análisis

Como se hace constar en el FORMATO 16. BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO, el laboratorio se encuentra limpio y ordenado, cuenta con instalaciones, equipos, cristalería y materiales adecuados para su operación. Asimismo, se constató que se cuenta con manual de procedimientos, manual de análisis y manuales de equipos. Sin embargo, es necesario que se implemente un manual de buenas prácticas de laboratorio, bitácora de uso y mantenimiento de equipos, así como de una carpeta que conjunte las hojas de datos de seguridad de los reactivos utilizados en el laboratorio.

Respecto a la seguridad en el laboratorio, se tienen señalizaciones y ruta de evacuación identificada. Asimismo, se cuenta con el equipo de protección personal necesario, extintor y botiquín de primeros auxilios.

Se recomienda implementar un procedimiento de atención de emergencias que incluya la atención de incendios, derrames ocasionados por los productos utilizados en el laboratorio, así como primeros auxilios. También, se recomienda implementar un sistema de organización de reactivos por colores (SAF-T-DATA).

En resumen, se cuenta con un laboratorio en buenas condiciones, con los equipos, materiales, medidas de seguridad adecuados, así como personal suficiente para desarrollar las tareas requeridas en la Planta.

7. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA

7.1. Cumplimiento de descarga

7.1.1. Título de concesión de descarga

La Comisión Nacional del Agua expidió las condiciones particulares de descarga en el título de concesión 01BCA109426/07HMGR05 y permiso

para descarga de aguas residuales de 30 589,920.00 m³/año al cuerpo receptor tipo “B” Dren Internacional y Dren México, afluentes del Río Nuevo. El sitio de descarga del efluente de la PTAR se observa en la Figura 7.1.



Figura 7.1. Sitio de descarga del afluente de la PTAR

El título de concesión está fechado el 09 de septiembre de 2020 y tiene vigencia hasta el día 6 de febrero de 2026

Las condiciones particulares de descarga a la que deberán sujetarse las aguas residuales tratadas procedentes de la PTAR Mexicali I “Zaragoza” se muestran en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Condiciones particulares de descarga de aguas residuales

Parámetro	Concentración promedio		Carga kg/d	Unidades
	Mensual	Diario		
Arsénico T	0.1	0.2		mg/L
Cadmio T	0.1	0.2		mg/L
Cianuro T	1	2		mg/L
Cobre T	4	6		mg/L
Coliformes fecales	1,000	2,000		NMP/100 ml
Cromo T	0.5	1		mg/L
DBO ₅	75	150	12571.200	mg/L
Fósforo T	20	30		mg/L
Grasas y Aceites	15	25	2095.2000	mg/L

Mercurio T	0.005	0.01		mg/L
Níquel T	2	4		mg/L
Nitrógeno T	40	60		mg/L
Plomo T	0.2	0.4		mg/L
Sólidos sedimentables	1	2		mg/L
SST	75	125	10476.0000	mg/L
Temperatura	40	40		°C
Zinc	10	20		mg/L
pH	5 - 10			Unidades
Materia flotante	Ausente			

7.1.2. Análisis de calidad del agua

En el Anexo V se presentan los datos que muestran la calidad del agua del efluente de la PTAR Zaragoza, los cuales fueron reportados a la Comisión Nacional del Agua para asegurar el cumplimiento de los años. Estos datos abarcan desde enero de 2018 hasta junio de 2021.

Los parámetros que se presentan en dicho anexo son los solicitados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, que son algunos de los incluidos en el título de concesión para descarga de agua residual tratada y contiene parámetros extra como huevos de helmintos, concentración de nitritos y nitratos, así como la Demanda Química de Oxígeno.

A continuación se presenta un análisis de cada uno de los parámetros de calidad del agua estipulados en la normatividad antes mencionada, así como los que se solicita su cumplimiento en el título de concesión.

Caudal

La PTAR Zaragoza tiene permitida la descarga de hasta 970 L/s de acuerdo a su título de concesión y de acuerdo a la normatividad, no puede exceder una descarga de 2,650 L/s. En la Gráfica 7.1 se presentan los datos obtenidos de la medición del caudal en el efluente de la PTAR entre los años 2018 y 2021. Se observa un caudal promedio de 475 L/s que representa un 49% del permitido y picos máximos que no llegan a 800 L/s, por lo que,

de acuerdo a los datos compartidos por la PTAR se ha cumplido con este parámetro en los últimos años.

pH

Este parámetro resulta importante no solo para el cumplimiento de lo establecido en la normatividad oficial mexicana y lo solicitado en el título de concesión, sino que también resulta indispensable para el proceso de depuración de aguas residuales, ya que la PTAR cuenta con un proceso biológico, cuyos microorganismos dependen de condiciones óptimas de pH para sobrevivir y realizar la degradación de contaminantes de manera adecuada.

Para llevar a cabo un adecuado tratamiento y que los microorganismos de las lagunas de tratamiento cuenten con un ambiente propicio se deben tener valores de pH entre 6.0 y 8.5 unidades. Mientras que la normatividad permite efluentes con valores entre 5.0 y 10.0 unidades de pH.

En la Gráfica 7.2 se presentan los valores obtenidos de pH en el efluente de la PTAR entre los años 2018 y 2019. Se observa que el pH tiene valores promedio de 7.92 unidades, presentando valores mínimos mayores a 7.5 unidades y valores máximos menores de 8.5 unidades, lo que indica un cumplimiento en lo que respecta a este parámetro en el agua tratada que sale de la Planta. Además, se observa que el intervalo de pH presente es propicio para el desarrollo de microorganismos adecuados para los procesos que se llevan a cabo en las lagunas de tratamiento con los que cuenta la PTAR.

Temperatura

La temperatura en el efluente de la Planta también es un parámetro que está normado y que tiene un límite máximo de 40 °C. En la Gráfica 7.3 se presentan los valores reportados de temperatura en el efluente de la PTAR entre los años 2018 y 2021.

Se observa un comportamiento cíclico que parece ser dependiente de la temperatura ambiental, la cual tiene temperaturas extremas en la zona, presentándose temperaturas menores a 15 °C entre noviembre y marzo y que aumentan progresivamente hasta llegar a picos máximos mayores de 30 °C en el mes de julio, que no llegan a superar el límite máximo permitido.

Huevos de Helmintos

En lo que respecta a los Huevos de Helmintos, se presentaron valores constantes de 0.5 H/L en el efluente de la Planta durante el periodo que comprende de enero de 2018 a junio de 2021. Este parámetro se encuentra muy por debajo (90%) del límite establecido de 5.0 H/L. Lo que nos indica que el tiempo de residencia en el sistema lagunar resulta adecuado para la remoción de dicho parásito.

Coliformes fecales

Continuando con el análisis de parámetros microbiológicos en el efluente de la PTAR Zaragoza, se analizaron los resultados históricos (2018 – 2021) de Coliformes fecales (Gráfica 7.4). El sistema lagunar de tratamiento incluido en la PTAR Zaragoza incluye lagunas aireadas, lagunas de sedimentación y lagunas de maduración, por lo que el sistema contempla la remoción de coliformes y debe cumplir con lo establecido en la norma que establece un límite máximo de 2,000 NMP/100 ml.

Se observa que durante el periodo de análisis, el valor promedio de este parámetro es de 94 NMP/100ml, lo que se encuentra muy por debajo del límite máximo permisible en la normatividad y en el título de concesión. Sin embargo, se observa que en julio de 2020 este valor fue superado encontrándose un valor 25% por encima del límite (2,500 NMP/100 ml). Además, en enero de 2018 y febrero de 2021 se tuvieron valores atípicos obteniendo valores de 817 y 1,490 NMP/100 ml, respectivamente, los cuales no sobrepasan el límite máximo permisible. Sin embargo, se debe prestar atención a las bitácoras de operación para conocer la causa posible de este aumento en la cantidad de coliformes fecales que se liberaron en la descarga de agua residual tratada.

Grasas y aceites

El valor máximo permitido de grasas y aceites en la descarga de aguas residuales tratadas a un cuerpo receptor tipo B es de 25 mg/L. Los datos compartidos por el responsable de la Planta nos muestran que en el periodo comprendido entre enero de 2018 y junio de 2021 el efluente de la PTAR contenía una concentración menor a 9 mg/L de grasas y aceites. Por lo que se cumple con la normatividad oficial en lo que respecta a este parámetro.

Materia flotante

Los resultados de calidad del agua compartidos por el personal de la PTAR Zaragoza nos indican que durante el periodo de evaluación, la materia flotante siempre se reportó como ausente, por lo que se cumple con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables en el efluente de una Planta de tratamiento que descarga a un cuerpo receptor tipo B no debe sobrepasar el límite máximo establecido en la normatividad oficial vigente, que establece un máximo de 2.0 mg/L. En la Gráfica 7.5 se presentan los valores obtenidos de sólidos sedimentables en el efluente de la Planta en el periodo de estudio (2018-2021). Se observa que se obtuvieron valores promedio de 0.12 mg/L durante el periodo, lo que representa 6% del límite permitido.

Con los datos proporcionados de la concentración de sólidos sedimentables en el efluente de la PTAR se puede observar que el tratamiento cumple con lo establecido en la norma. Solamente destaca un valor presentado en marzo de 2018 que resulta atípico a los demás resultados al presentar un valor de 1.3 mg/L, que a pesar de ser mayor al promedio se encuentra debajo del límite.

Sólidos Suspendidos Totales (SST)

En la Gráfica 7.6 se presentan los resultados compartidos de los análisis realizados al efluente de la PTAR Zaragoza entre enero de 2018 y junio de 2021, respecto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Se observa un valor promedio alrededor de 70 mg/L, que representa 56% del límite máximo permitido por la norma oficial y que establece un valor de 125 mg/L.

Llama la atención el valor obtenido en julio de 2018, que se acerca a 120 mg/L. Sin embargo, no alcanza el límite máximo, por lo que de acuerdo a estos datos, el tratamiento que se da a el agua residual en la Planta es adecuado y cumple con la normatividad en lo que respecta a SST.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La remoción de materia orgánica es uno de los parámetros más importantes dentro de un sistema de depuración de aguas residuales, por lo que determinar la concentración de materia orgánica que se libera en el efluente de la Planta, en forma de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) es indispensable para evaluar el desempeño y cumplimiento de la PTAR.

En la Gráfica 7.7 se presentan los resultados compartidos por el personal de la Planta respecto a la concentración de materia orgánica medida como DBO_5 en el efluente. Se observa un valor promedio de 29 mg/L, que representa el 19% del límite máximo permitido (125 mg/L) en la NOM-001-

SEMARNAT-1996. También, se puede observar que en general los valores máximos de DBO_5 no sobrepasan 60 mg/L, por lo que el tratamiento que se da al agua residual es adecuado y se cumple con lo establecido en el título de concesión de la PTAR.

Nitrógeno Total (NT)

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales que involucran procesos biológicos, presentan una importante remoción de nutrientes adicional a la degradación de materia orgánica. Este es el caso de los sistemas lagunares de tratamiento. En la Gráfica 7.8 se presentan los resultados que se obtuvieron en los análisis de seguimiento de la PTAR realizados al efluente en el periodo comprendido entre 2018 y 2021.

Se observa una concentración promedio de nitrógeno total de 42 mg/L que se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 60 mg/L. Se observa que a lo largo de los casi 4 años (en los que se presentan resultados) los valores de nitrógeno total oscilan entre 30 y 55 mg/L, por lo que se cumple con lo solicitado en el título de concesión.

Fósforo Total (PT)

En la Gráfica 7.9 se presentan las concentraciones de fósforo total obtenidas en el efluente de la PTAR durante el periodo de estudio (2018 – 2021). Se observa que los valores promedio durante el periodo son menores a 6 mg/L, lo que representa el 20% del límite máximo establecido en la normatividad vigente (30 mg/L).

También, se observa que los valores obtenidos no sobrepasan los 8 mg/L, por lo que, de acuerdo a estos datos, se puede inferir que el agua tratada que se descarga al Dren Internacional por la PTAR Zaragoza se encuentra en cumplimiento de lo establecido en la norma y en el título de concesión en lo que respecta a la concentración de fósforo total. Además, se observa un comportamiento estable en la concentración, por lo que no hay indicios de que exista algún componente del proceso que vaya cambiando a lo largo de los últimos años.

Metales y Cianuro

En las Gráficas 7.10, 7.11, 7.12, 7.13 y 7.14 se presentan los datos respecto a las concentraciones de Arsénico, Cadmio, Plomo, Cianuros, Cobre, Níquel, Cromo, Mercurio y Zinc, encontrados en el efluente de la PTAR Zaragoza entre enero de 2018 y junio de 2021.

El límite máximo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 para Arsénico, Cadmio y Plomo es de 0.2 mg/L y los datos obtenidos para estos parámetros (Gráfica 7.10) indican que se cumple con dicho límite al

presentarse valores promedio de 0.01, 0.03 y 0.03 mg/L, respectivamente. Sin embargo, es necesario resaltar la concentración de Plomo que se presentó en marzo de 2021, que sobrepasó el límite con una concentración de 0.21 mg/L. A pesar de dicho resultado no se observa una tendencia que indique un aumento paulatino de la concentración de alguno de estos 3 metales, por lo que se debe prestar atención al valor atípico, concluyendo que estos 3 parámetros cumplen con lo establecido en la norma.

Respecto a la concentración de cianuros, los resultados se muestran en la Gráfica 7.11 en la que se observa que las concentraciones son en su mayoría cercanas a 0 y se encuentran por debajo del límite establecido de 2.0 mg/L.

En la Gráfica 7.12 se presentan los datos de Cobre, Níquel y Cromo donde se observan concentraciones cercanas a cero y muy por debajo de los límites establecidos para estos metales que son de 6, 4 y 1 mg/L, respectivamente.

El Mercurio presentó concentraciones muy estables en el periodo que se evaluó dicho metal, presentando una concentración que en la mayoría de los casos se mantuvo por debajo del límite de detección analítico y que por lo tanto, también se encuentra por debajo del límite máximo permisible de 0.01 mg/L (Gráfica 7.13).

Por último, se analiza las concentraciones de Zinc en el efluente de la PTAR durante el periodo comprendido entre 2018 y 2021 (Gráfica 7.14). Se observa que en la mayoría de los resultados la concentración de Zinc se encontró por debajo del límite analítico, presentando valores promedio de 0.03 mg/L, que resultan inferiores al límite máximo permitido en la normatividad, 20 mg/L.

De acuerdo a los datos analizados, se puede concluir que las concentraciones de metales y cianuros en el efluente de la PTAR Zaragoza durante el periodo comprendido entre enero de 2018 y junio de 2021, no representan un problema para el cuerpo de agua receptor ni son indicativos de posibles problemas en el sistema de tratamiento lagunar, ya que no se presentan tendencias que indiquen un incremento en la concentración de dichos parámetros o valores que sobrepasen la normatividad.

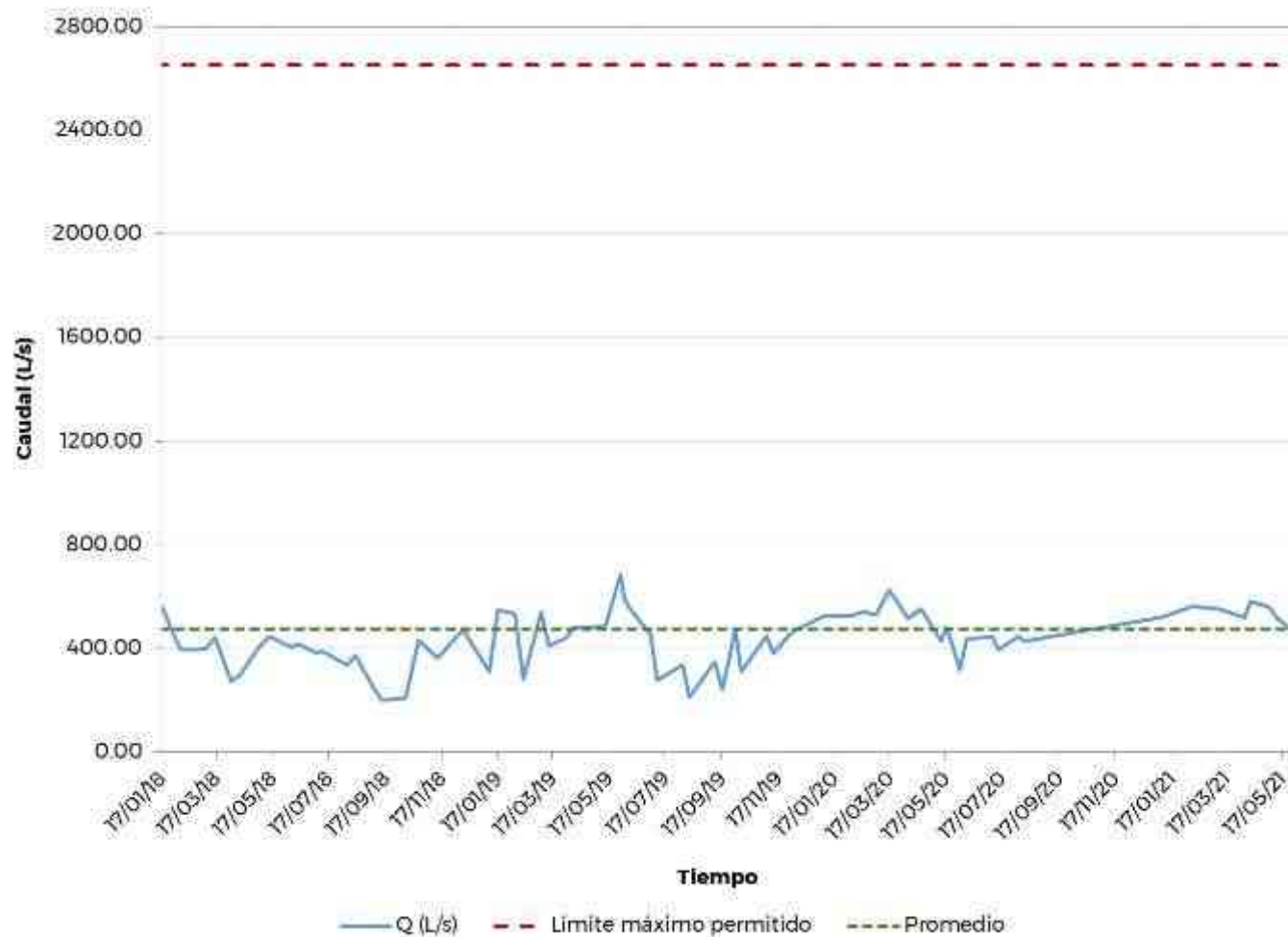
Demanda Química de Oxígeno (DQO)

A pesar de que la concentración de Demanda Química de Oxígeno no se considera en la normatividad oficial vigente, resulta importante analizar el parámetro, si se toma en cuenta que será considerado en la próxima actualización de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Además, este parámetro se

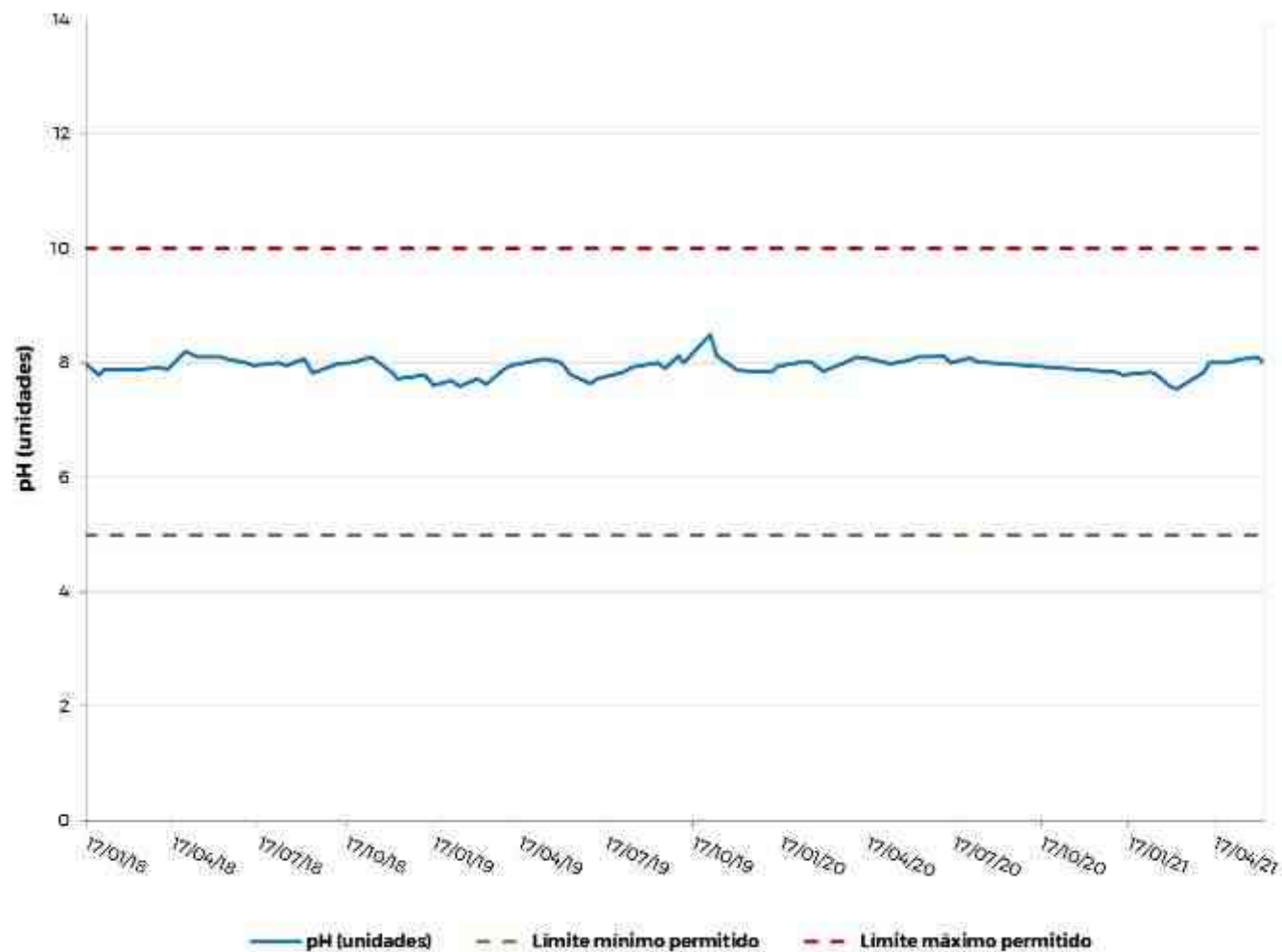
considera de importancia para el control de los procesos que se desarrollan en una PTAR.

Con los datos obtenidos en el periodo comprendido entre 2018 y 2021, a pesar de existir varios eventos de muestreo en los que no se reportaron los resultados de este parámetro en el efluente de la PTAR, se realizó la Gráfica 7.15, en la que se observa una concentración promedio menor a 200 mg/L con un par de picos que superan los 250 mg/L que, sin embargo, no alcanzan los 300 mg/L.

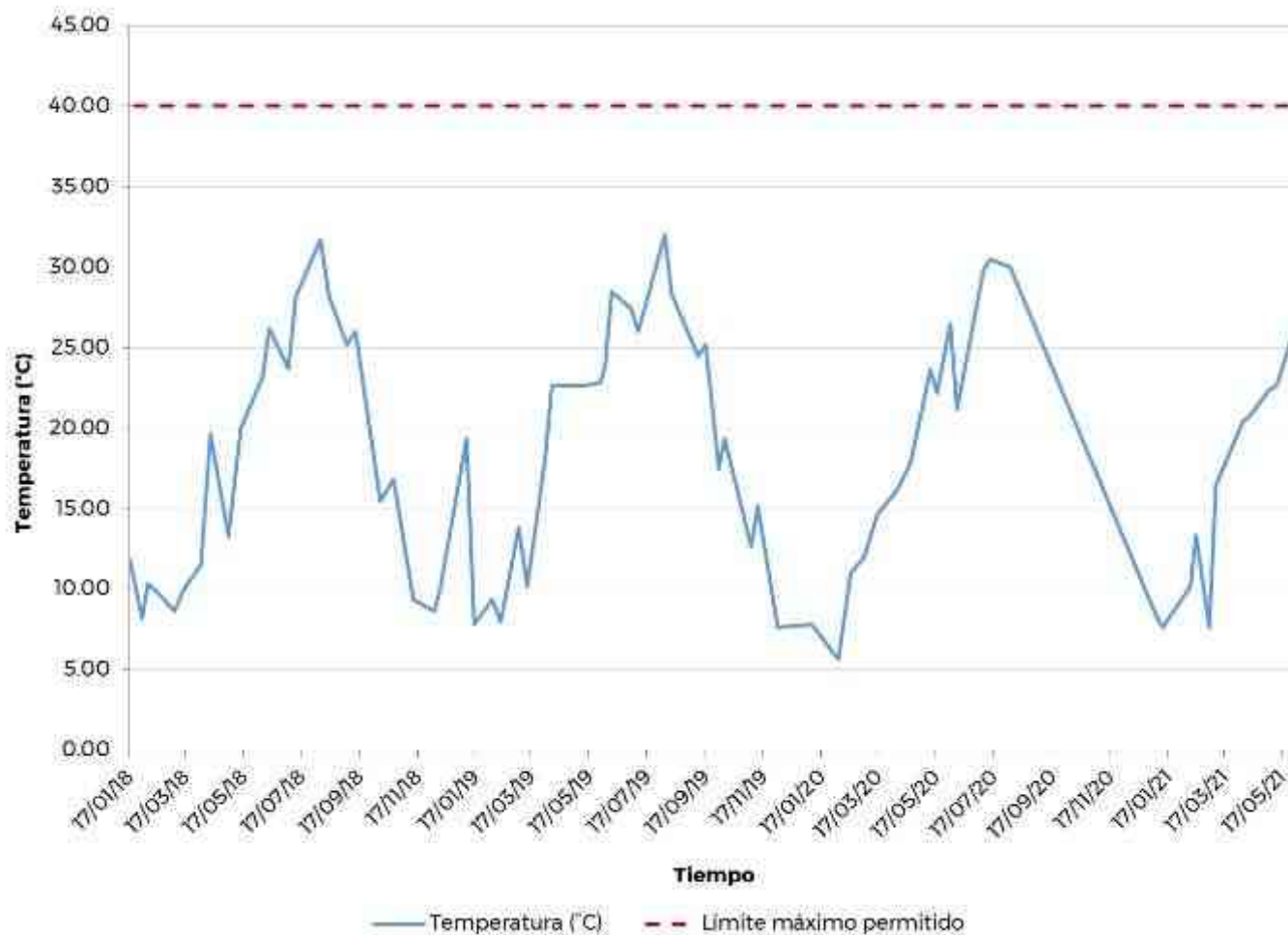
Con los datos proporcionados por el personal de la PTAR Zaragoza respecto a la calidad del agua en el efluente durante el periodo entre enero de 2018 y junio de 2021, se puede concluir que el efluente de la PTAR ha cumplido con lo requerido en el título de concesión otorgado y con lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Observando que no existen tendencias que indiquen un aumento en la concentración de los parámetros normados.



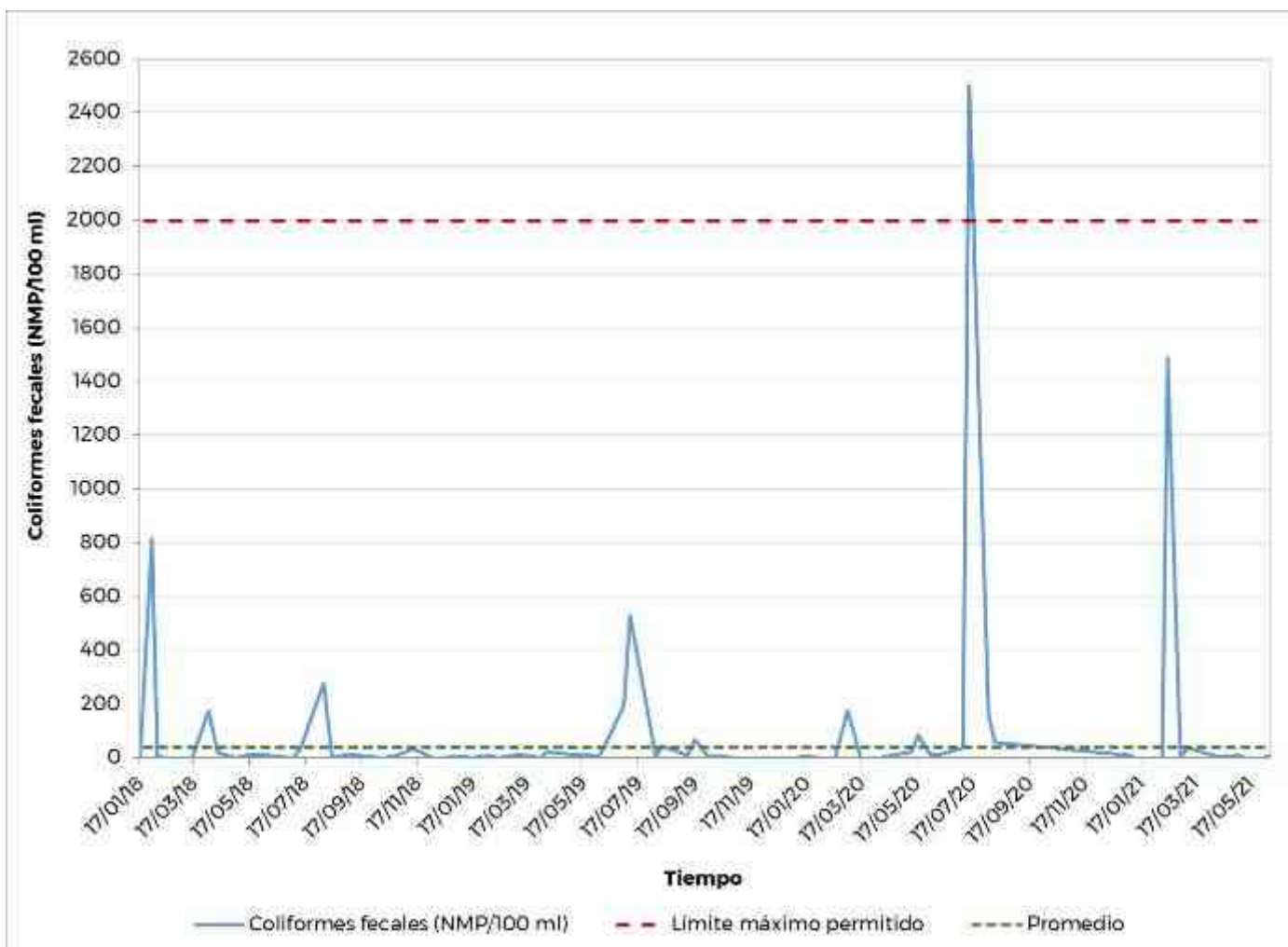
Gráfica 7.1. Datos históricos de caudal en la PTAR (2018 – 2021)



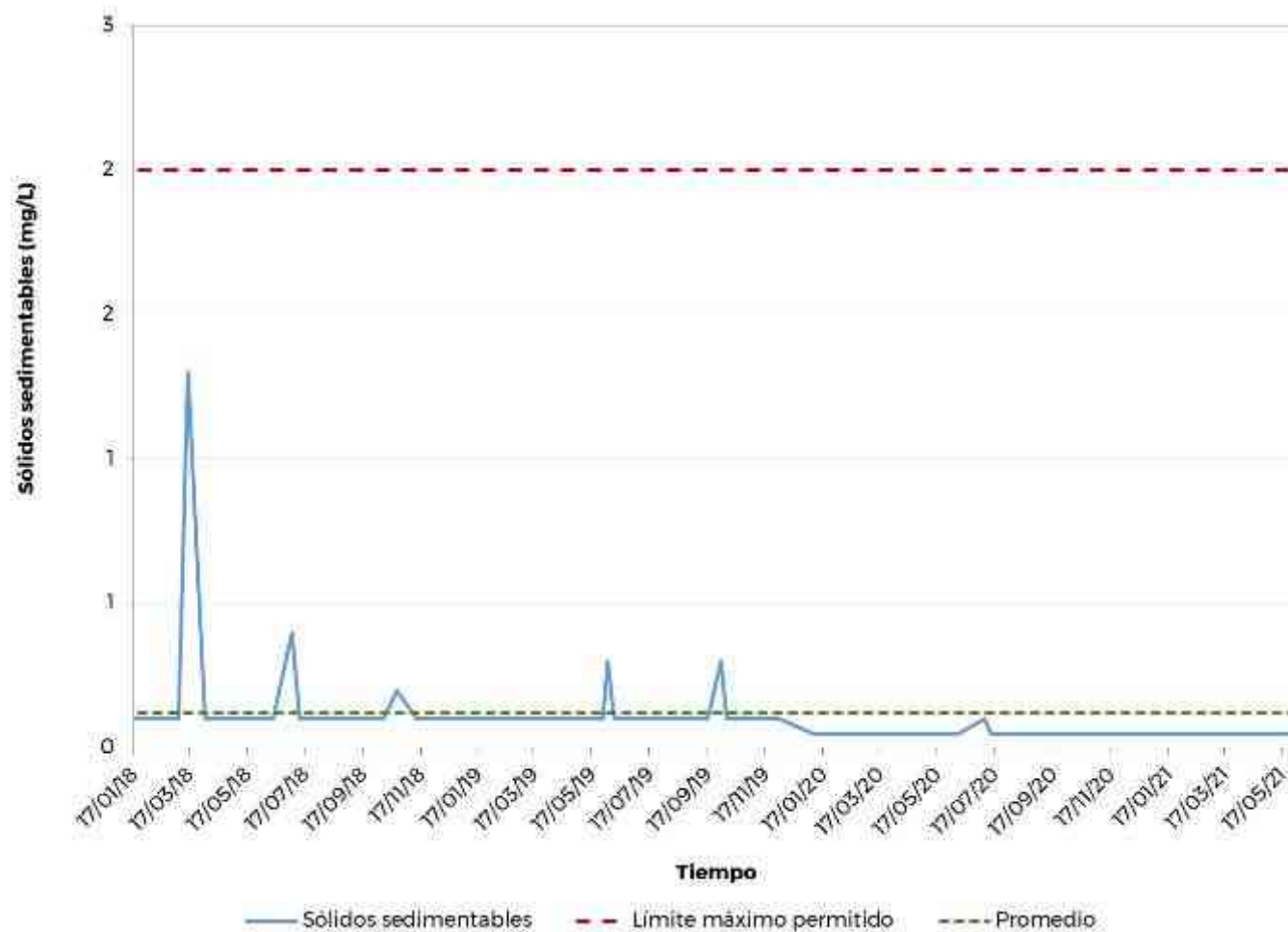
Gráfica 7.2. Datos históricos de pH en la PTAR (2018 – 2021)



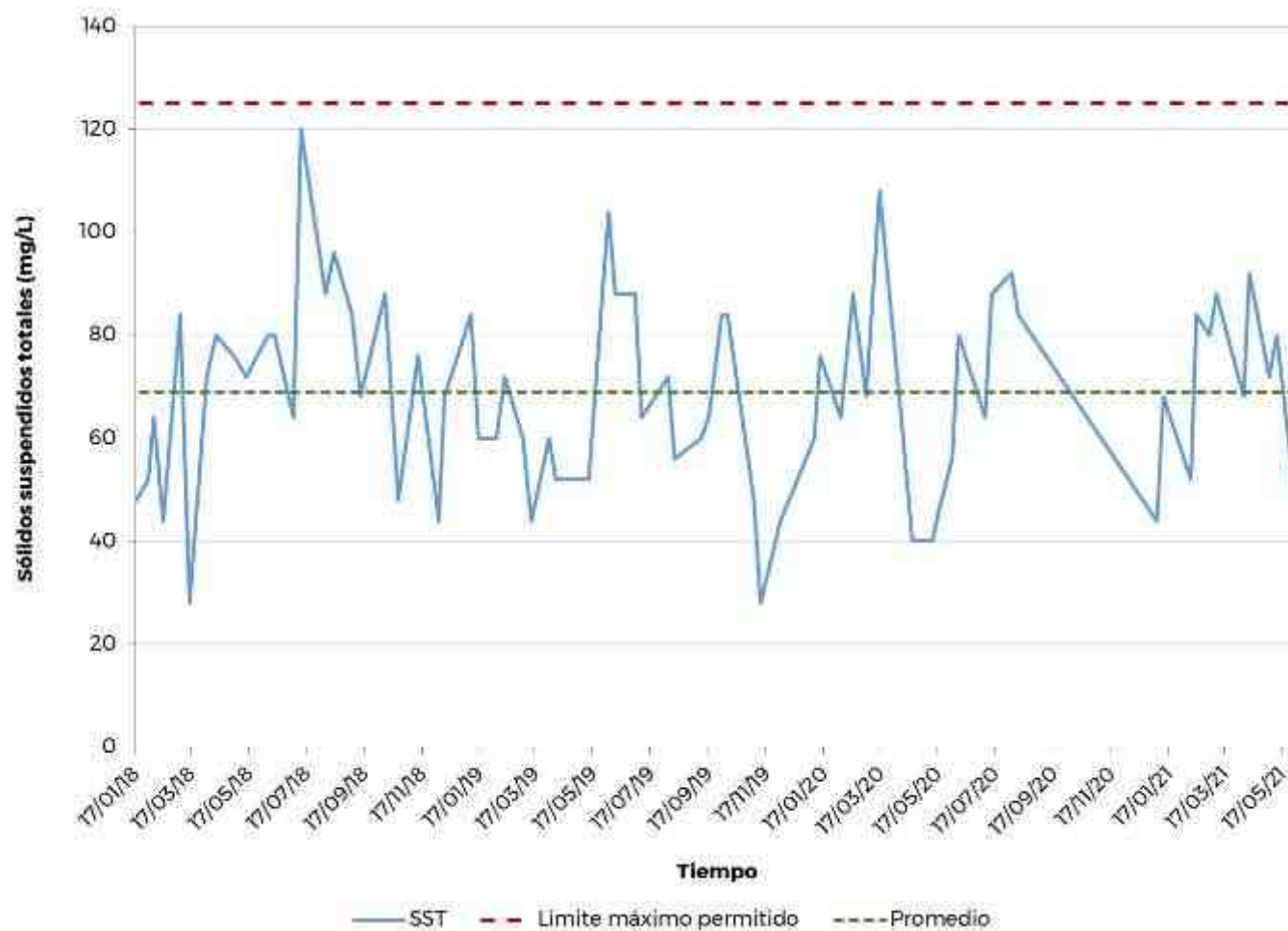
Gráfica 7.3. Datos históricos de temperatura en la PTAR (2018 – 2021)



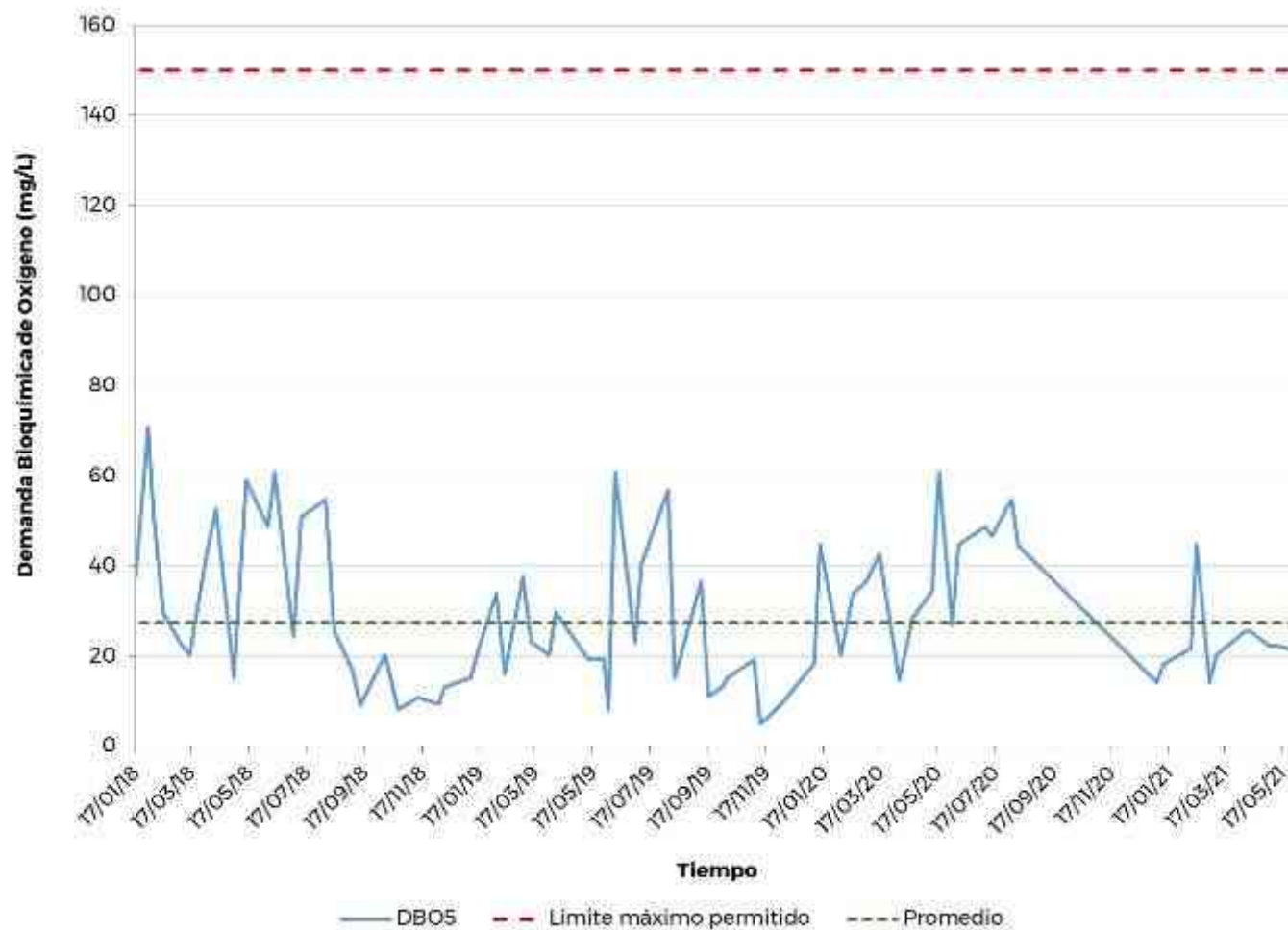
Gráfica 7.4. Datos históricos de Coliformes fecales en la PTAR (2018 – 2021)



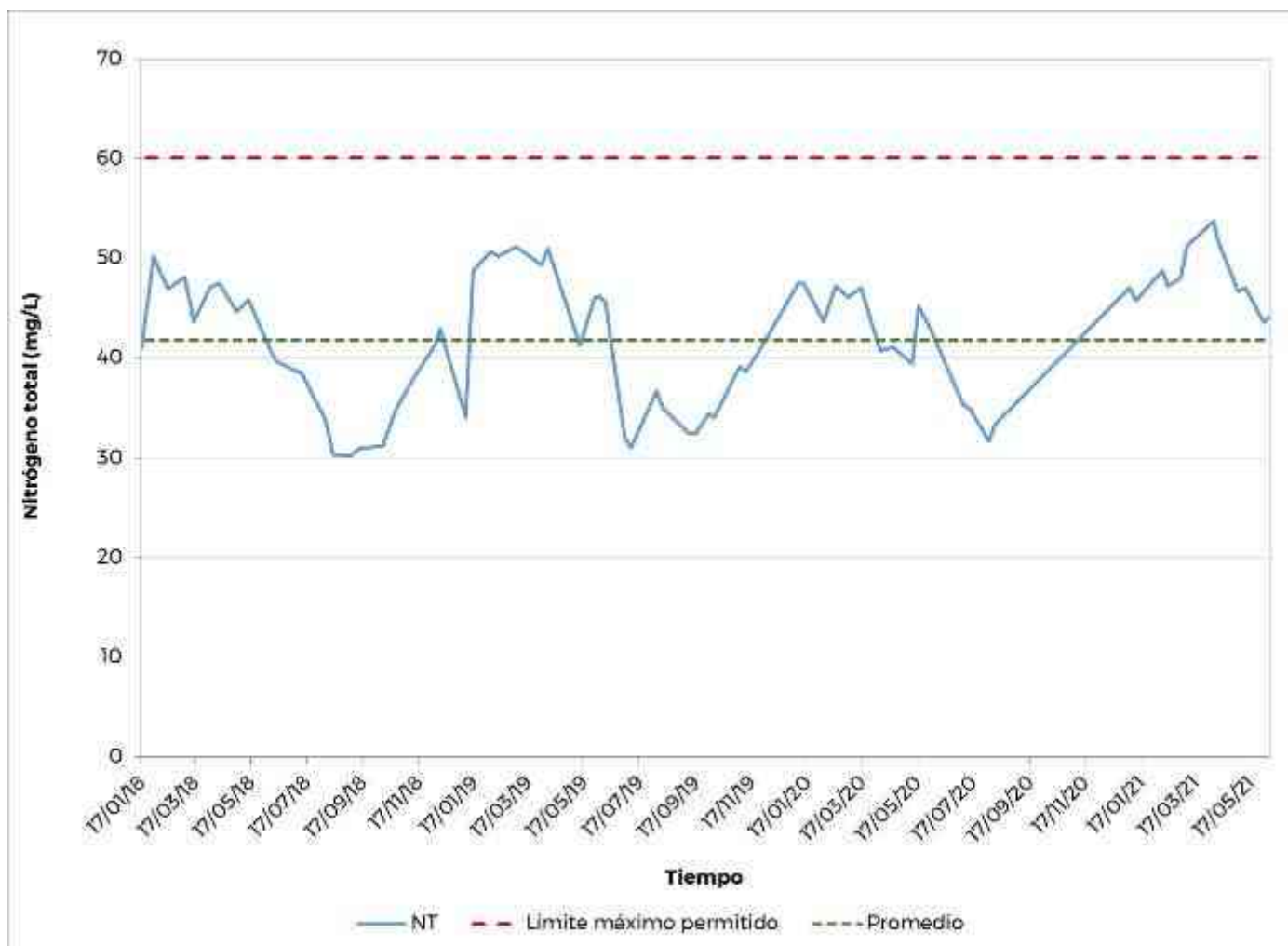
Gráfica 7.5. Datos históricos de sólidos sedimentables en la PTAR (2018 – 2021)



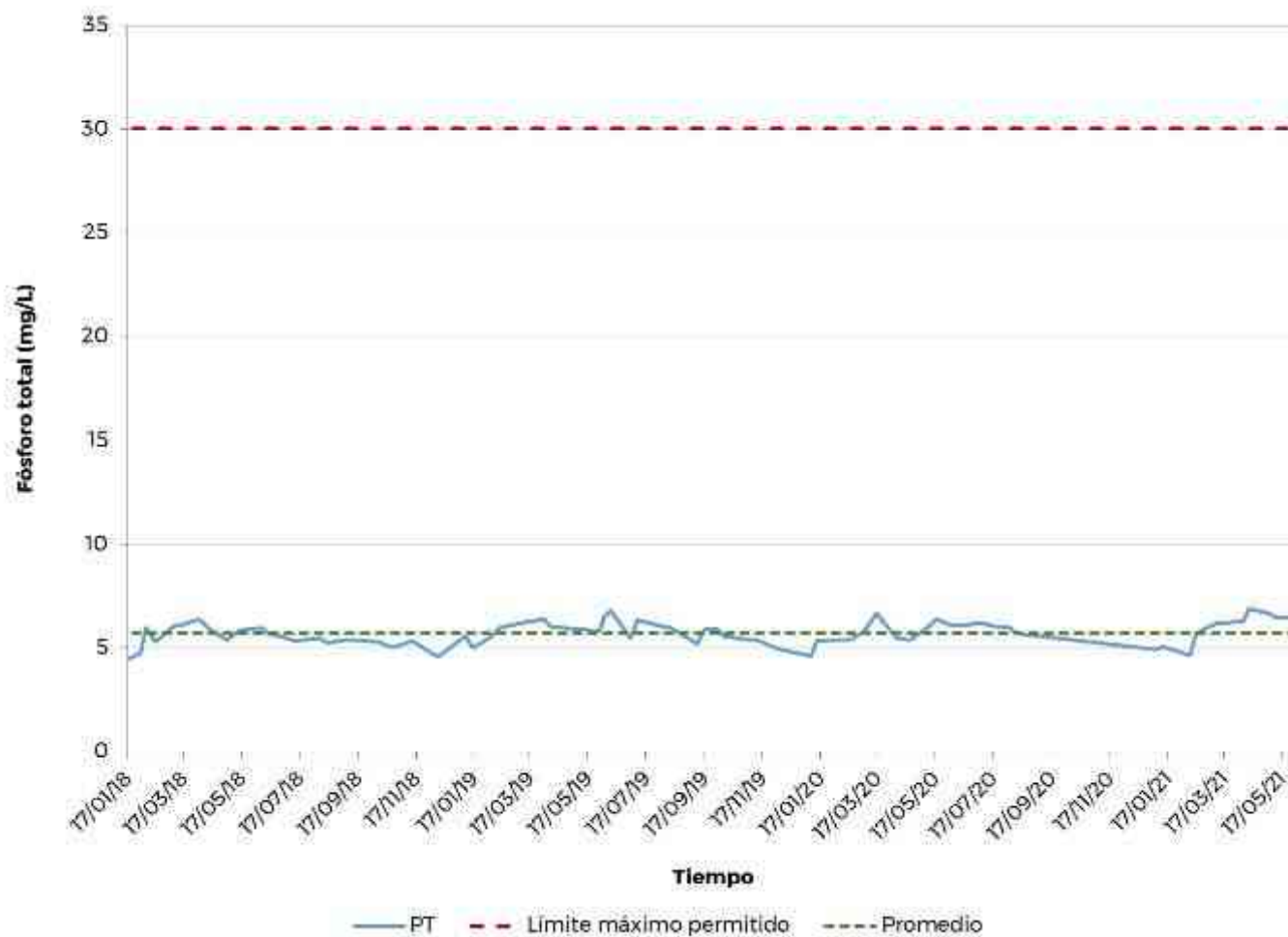
Gráfica 7.6. Datos históricos de sólidos suspendidos totales en la PTAR (2018 – 2021)



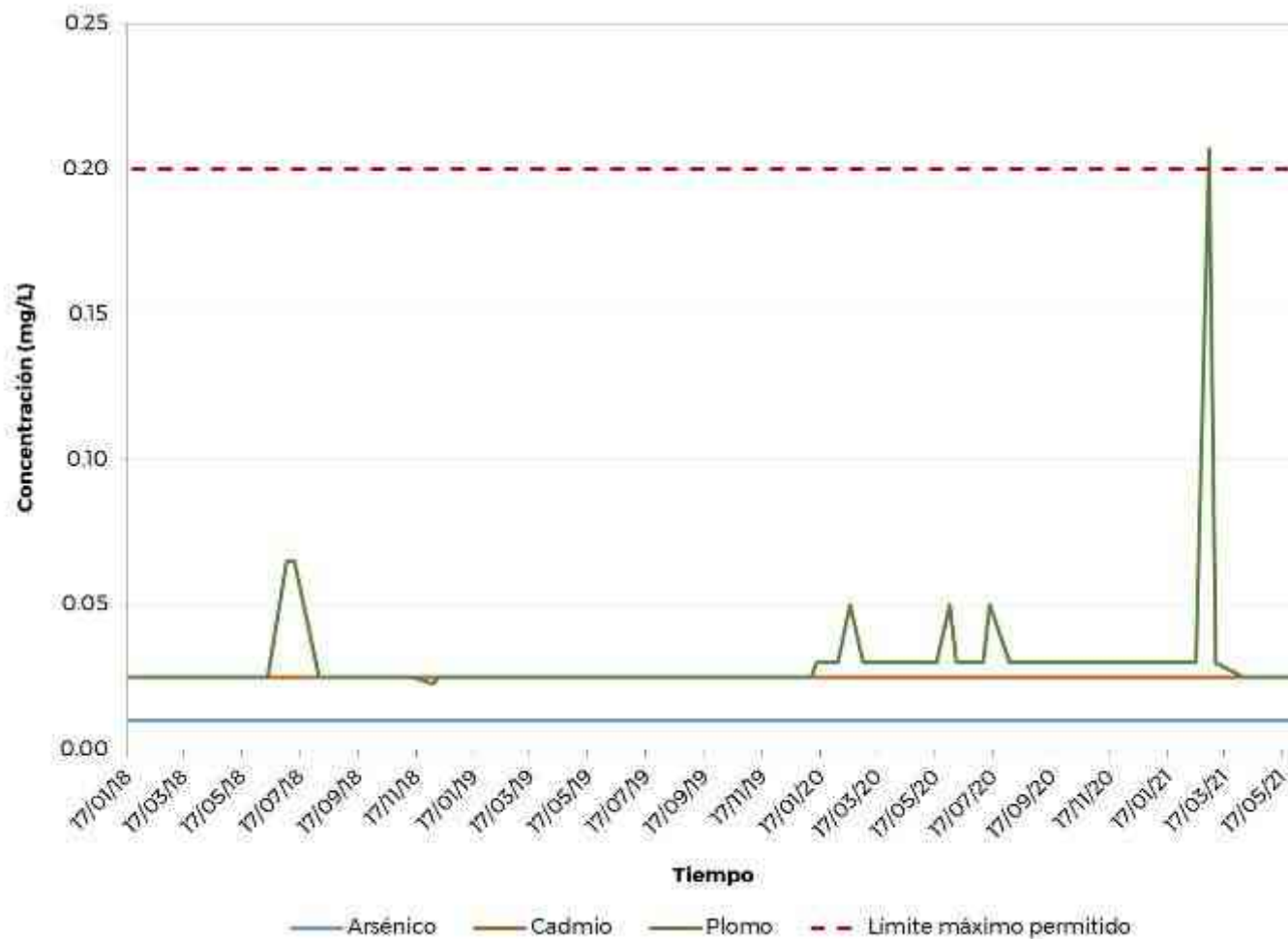
Gráfica 7.7. Datos históricos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en la PTAR (2018 – 2021)



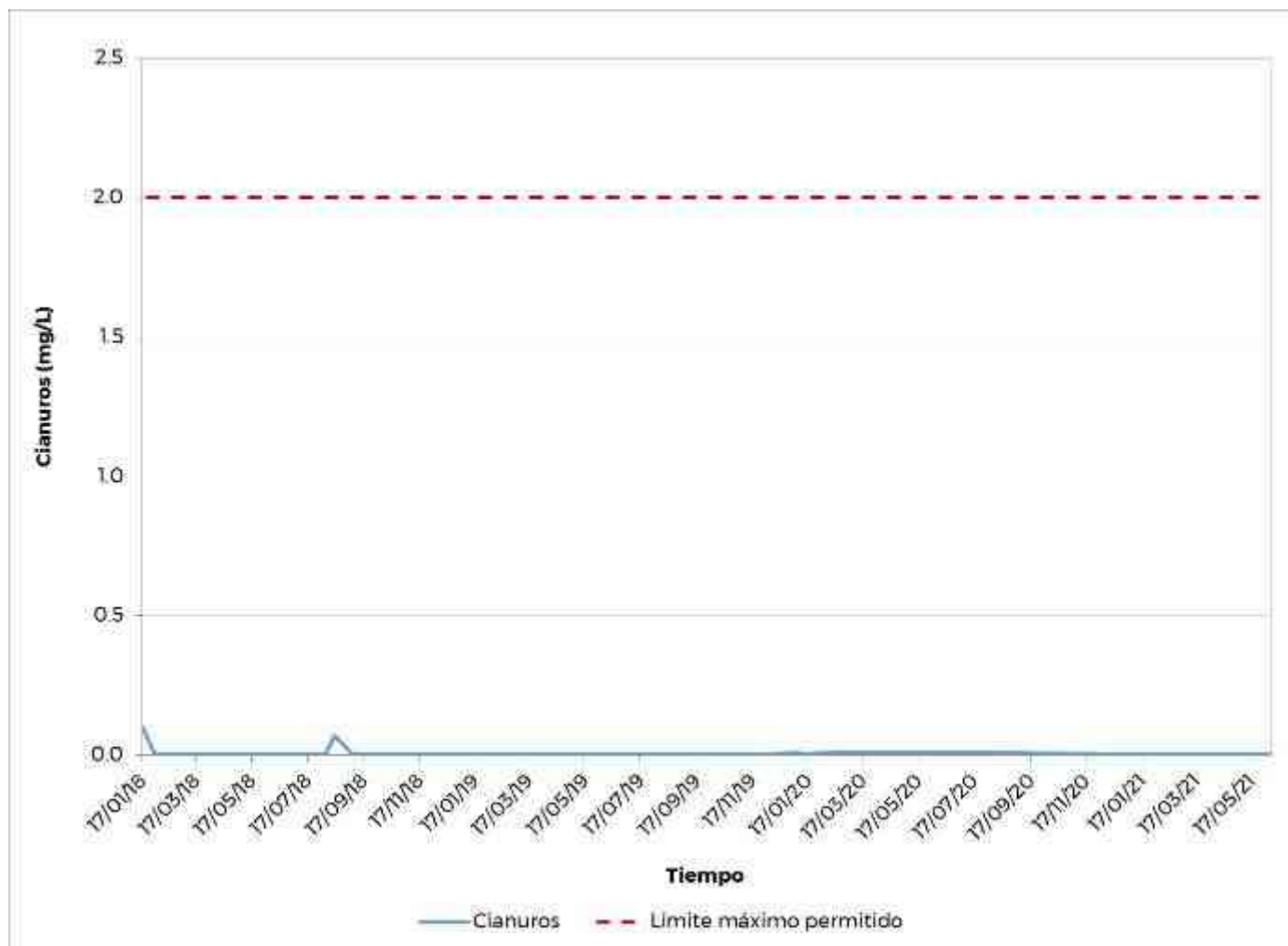
Gráfica 7.8. Datos históricos de nitrógeno total en la PTAR (2018 – 2021)



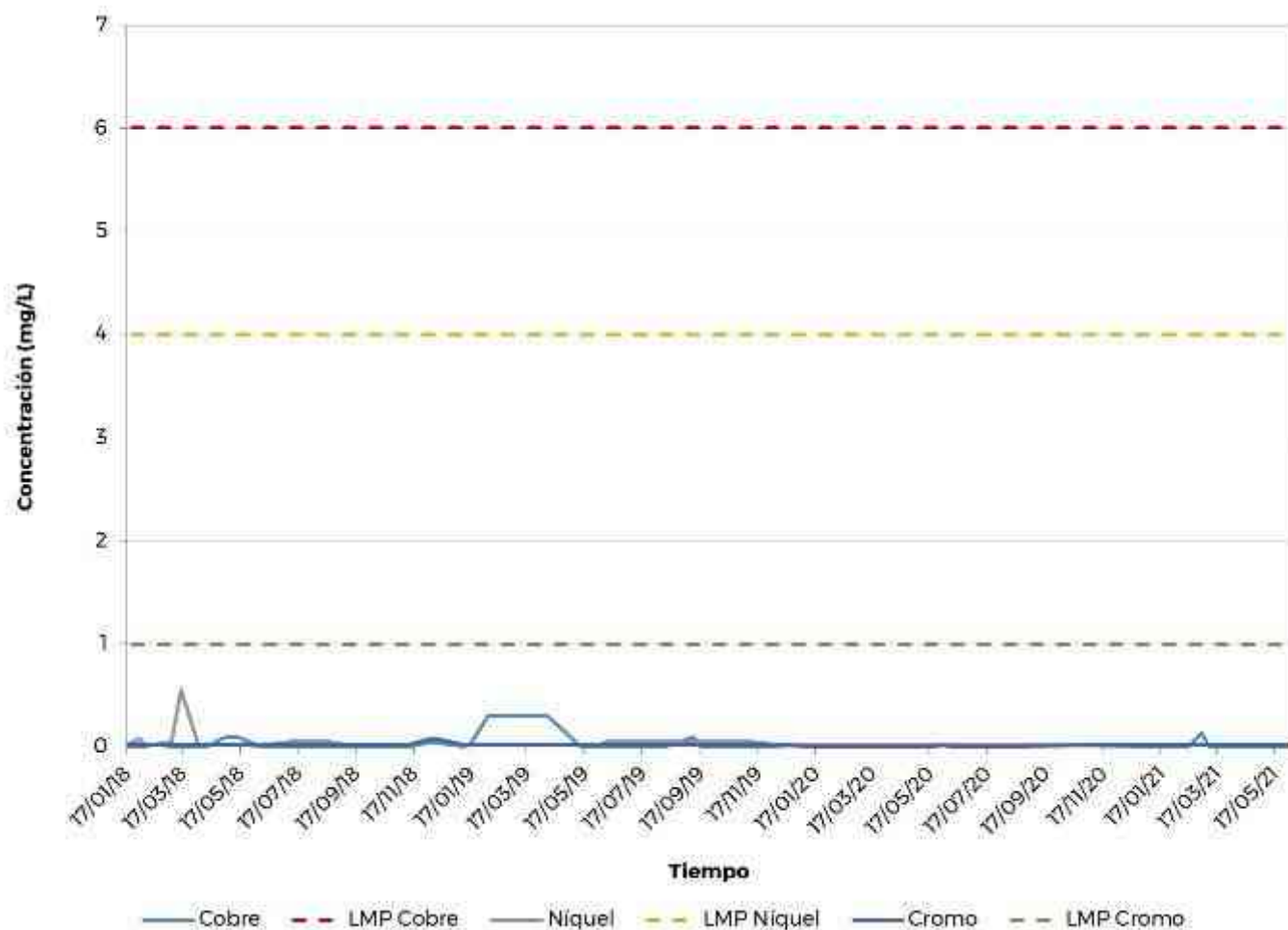
Gráfica 7.9. Datos históricos de fósforo total en la PTAR (2018 – 2021)



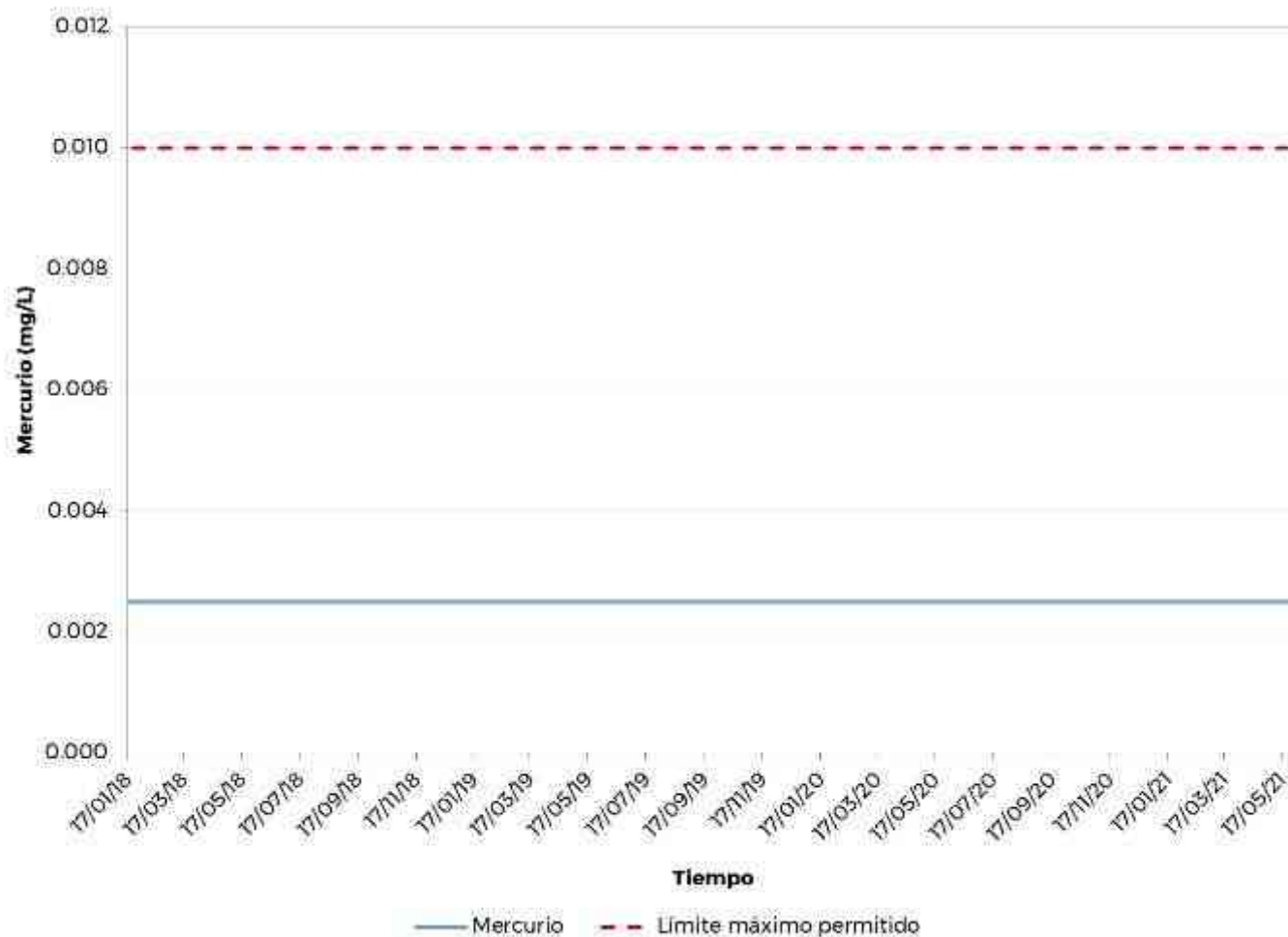
Gráfica 7.10. Datos históricos de arsénico, cadmio y plomo en la PTAR (2018 – 2021)



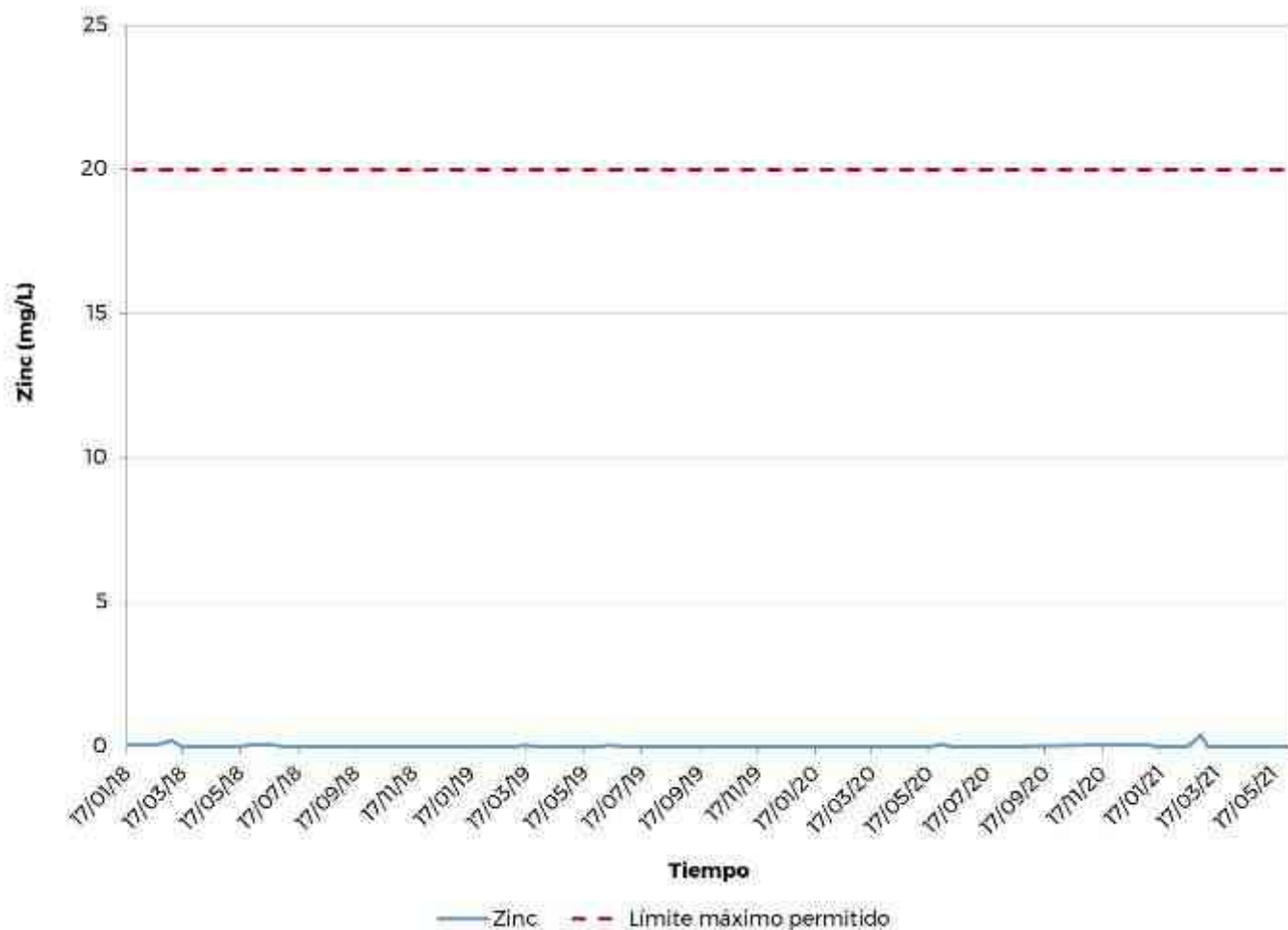
Gráfica 7.11. Datos históricos de cianuros en la PTAR (2018 – 2021)



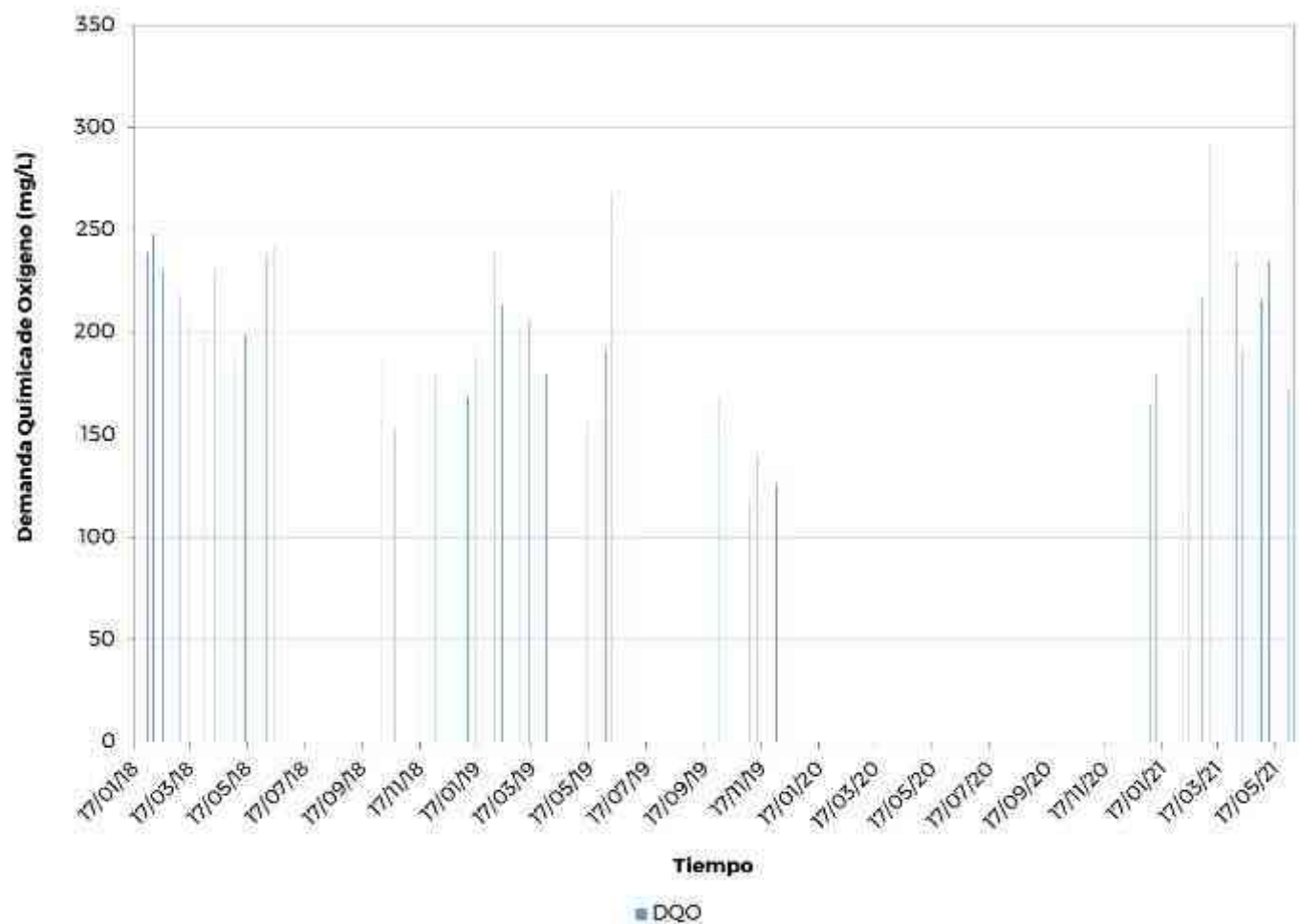
Gráfica 7.12. Datos históricos de cobre, níquel y cromo en la PTAR (2018 – 2021)



Gráfica 7.13. Datos históricos de mercurio en la PTAR (2018 – 2021)



Gráfica 7.14. Datos históricos de zinc en la PTAR (2018 – 2021)



Gráfica 7.15. Datos históricos de DQO en la PTAR (2018 – 2021)

7.2. Proceso

7.2.1. Análisis rutinarios

Debido a que la operación de las lagunas de estabilización es simple, las actividades que realiza el operador para mantener su adecuado funcionamiento son también relativamente simples. Una herramienta básica para que el operador pueda programar sus actividades, es la lista de inspección, que contiene las tareas principales que debe observar el operador y la frecuencia para que la instalación o planta se encuentre en buenas condiciones y así, obtener un efluente con las características requeridas. Dentro del control rutinario el operador deberá tener presente una serie de recomendaciones para mantener un buen funcionamiento de la planta. Debe contar con una lista de inspección, que debe contener las tareas principales a realizar, indicando la frecuencia con la que se deben realizar. Estas tareas incluyen los análisis rutinarios, que incluyen análisis de pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, DBO, DQO, SST, grasas y aceites, coliformes fecales, nitritos, nitratos, amonio, nitrógeno total, fósforo total, cianuros y metales. Los análisis se realizan de manera bimestral en el efluente de la PTAR. Adicionalmente, se realizan análisis de pH, temperatura, conductividad eléctrica, DBO, DQO, SST, coliformes totales, de manera quincenal, en las lagunas aireadas, lagunas de sedimentación, lagunas de maduración, afluente y efluente de la PTAR.

7.2.2. Reportes de operación (bitácoras)

La bitácora de operación de la PTAR, contiene información del último año (2020) con información diaria sobre los caudales que ingresan a las diferentes secciones de la planta, los efluentes tratados y los efluentes descargados. Sin embargo, no se reportan fallas en la operación ni características o parámetros diarios encontrados durante la operación de los sistemas de tratamiento.

7.3. Mantenimiento

7.3.1. Programa

Se proporcionó por parte del personal de la PTAR Zaragoza, el programa de mantenimiento anual (2021) contemplado por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM). Este programa contempla el

mantenimiento de procesos: Pretratamiento (cribas, desarenador, motor y CCM); sistema de aireación (soplador, agitadores y CCM), Tratamiento terciario (Bomba, válvula, motor y CCM); Agua de servicio externo (Bomba, válvula, motor, CCM) y; Monitoreo Predictivo mediante termografía, se llevarán a cabo dos veces por año.

Independientemente, se realiza a todas las plantas de tratamiento que son operadas por el CESPМ mantenimientos (dos veces al año) del sistema de cloración, el sistema de control, telemetría e instrumentación, subestación eléctrica, así como del monitoreo predictivo, termografía de CCM y subestaciones.

El Programa de mantenimiento que se proporcionó, no contempla la verificación o mantenimiento de la infraestructura física en la planta.

7.3.2. Reportes

En la información proporcionada se presentó el historial de mantenimiento preventivos y correctivos realizados durante el año 2021.

Los mantenimientos preventivos incluyen:

- Aireadores (Febrero 2021)
- Instalaciones eléctricas (Febrero 2021)
- Equipo de telemetría (Febrero 2021)
- Sistemas eléctricos del pretratamiento (Abril 2021)
- Sistema de pretratamiento (Abril 2021)
- Sistema mecánico del pretratamiento (Marzo 2021)
- Tratamiento terciario (Abril 2021)
- Sistema de agua de servicio externo (Abril 2021)
- Equipos electromecánicos (Febrero 2021)
- Sistema de cloración (Abril 2021)
- Telemetría e instrumentos de gasto y nivel (Mayo 2021)
- Sistema mecánicos tratamiento terciario (Mayo 2021)
- Sistema de agua de servicio externo (Mayo 2021)
- Sistema eléctrico de aireadores (Mayo 2021)
- Sistema eléctrico cloración (Mayo 2021)
- Sistema de telemetría e instrumentos de gasto y nivel (Agosto 2021)

Por otra parte, durante 2021 se realizaron los siguientes servicios de mantenimiento correctivos:

- Reparación de bomba de presión (Agosto 2021)
- Reparación de soplador (Agosto 2021)
- Sistema de protección del aireador (Agosto 2021)
- Bomba de ayuda en el cárcamo (Agosto 2021)
- Sistema de filtración del aireador (Junio 2021)

Cabe mencionar que el programa de mantenimiento que se compartió solo contempla la infraestructura electromecánica y de medición, sin contemplarse las inspecciones y verificaciones a la infraestructura de las lagunas, vertedores y canales de transporte de agua. Se recomienda robustecer el programa de mantenimiento.

8. TRABAJOS DE CAMPO

8.1. Inspección de campo de la PTAR

8.1.1. Caja de recepción de aguas residuales

El agua residual que llega a la PTAR es a través de siete colectores o emisores generales, seis de ellos llegan a una caja de recepción general denominados PBAR 1 (dos tuberías), PBAR 3 (dos tuberías), PBAR 6 y 7 y el colector PBAR 8 el cual descarga directamente al canal Parshall (Figura 8.1, Figura 8.2 y Figura 8.3). Una vez combinadas las descargas de estos siete emisores llegan a una caja derivadora que distribuye el agua residual al sistema lagunar (Figura 8.4). El diámetro de las tuberías para la PBAR 1 es de 36" y las de PBAR 3 son de 30" y 24". Las PBAR 6 y 7 son de 20". No se pudo tomar el diámetro de la tubería de la PBAR 8 ya que viene sumergida. Las descargas que vienen de los emisores PBAR 6 y 7 reciben un pretratamiento con rejillas mecánicas de acuerdo a los comentarios del encargado de la PTAR. Se desconoce cuál es la medida de abertura de las rejillas.

De acuerdo a la información proporcionada por el encargado de la PTAR los emisores PBAR 1 y 3 conducen aguas residuales residenciales e industriales mientras que los emisores PBAR 6 y 7 son descargas de origen residencial. Tanto la caja de recepción como la caja derivadora se encuentran con estructuras civiles en buen estado.

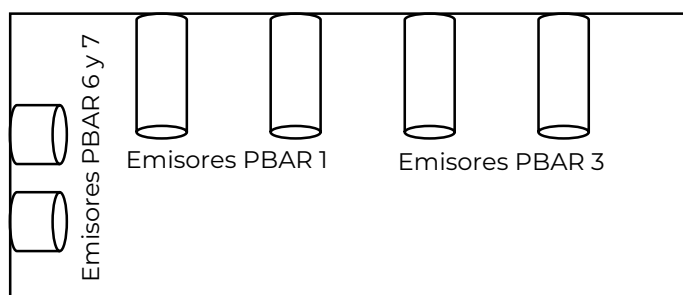


Figura 8.1 Emisores que llegan a la caja de recepción de la PTAR Zaragoza



Figura 8.2 Descargas de aguas residuales emisores PBAR 1, 3, 6 y 7

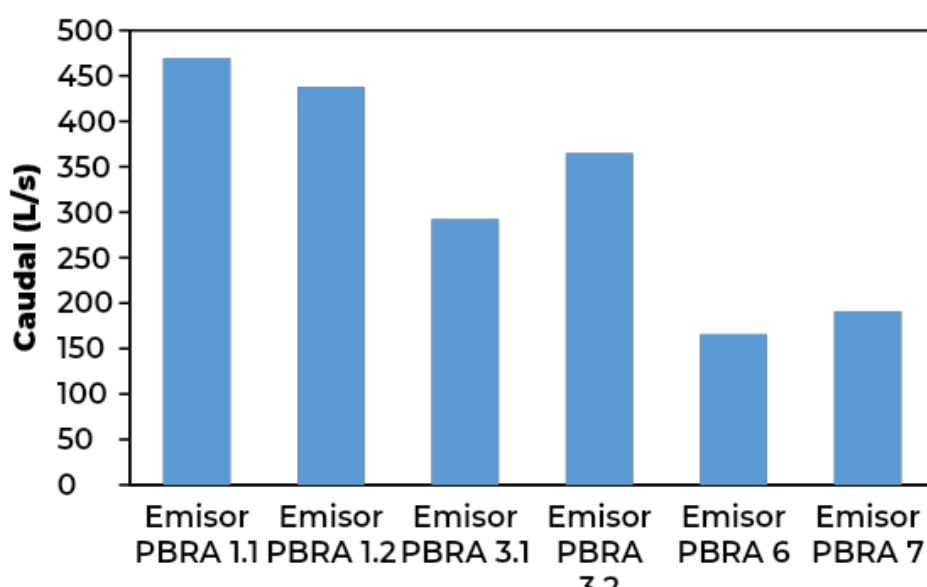


Figura 8.3 Descarga de agua residual emisor PBAR 8 hacia el canal Parshall



Figura 8.4. Caja derivadora que distribuye el agua residual al sistema lagunar

Durante el muestreo se tomaron los caudales de cada emisor en un horario pico el cual es de acuerdo a la información proporcionada por el encargado de la PTAR a las 13:00 h. En la Figura 8.5 se muestra que los dos emisores PBAR 1 son lo que presentaron un mayor caudal con un valor de 469.4 L/s y 437.5 L/s mientras que el emisor PBAR 6 fue el emisor que aportó un menor caudal con un valor de 165.5 L/s. El caudal total registrado durante la hora pico fue de 1,920.6 L/s.



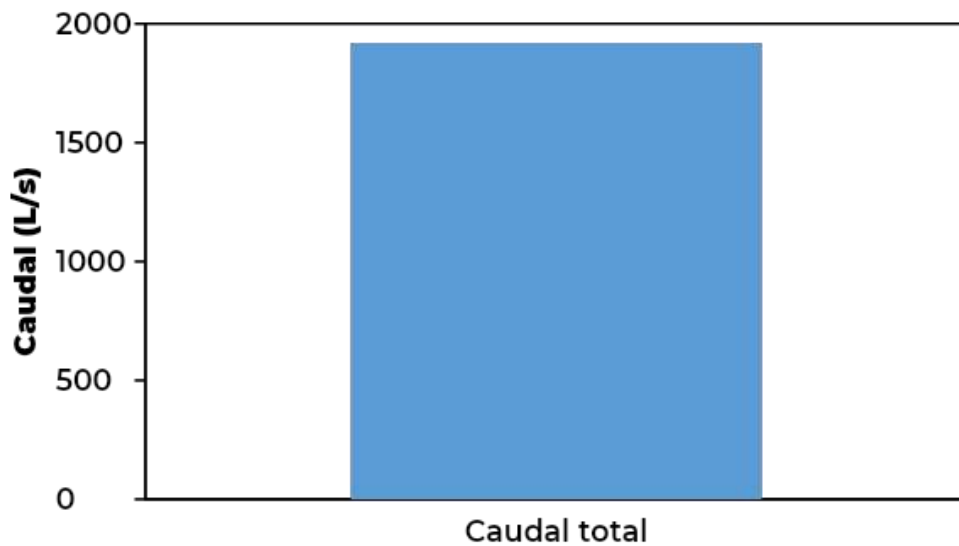


Figura 8.5 Medición de caudales en los seis emisores

Pretratamiento

La PTAR cuenta con un sistema de pretratamiento conformado por dos equipos de rejillas mecánicas y dos desarenadores tipo vórtice (DS-ZA-106 A y B). El equipo de las rejillas mecánicas es de la marca NordicWater modelo MEVA (Figura 8.6). Las rejillas son finas con un espaciamiento de 3 mm y un ancho de 1.56 m. Actualmente ambos equipos se encuentran en funcionamiento y en buen estado. Los muros donde se encuentran los equipos se encuentran parcialmente agrietados. No hay acumulación de sólidos sobre las rejillas y hay constante movimiento para el retiro de las mismas a través de mecanismo de arrastre de los equipos (Figura 8.7). Los sólidos retenidos en las rejillas se descargan a un tornillo transportador a una tasa de 3-5 m³/ hora y los deposita a un compactador/lavador de basura de la marca NordicWater modelo MEVA (HP 4.0) (Figura 8.8). El volumen actual de basura recolectada en la PTAR es de 0.2 m³/d con picos de hasta 0.4 m³/d. La basura es recolectada por una empresa externa para su disposición final. Tanto los tornillos transportadores como el compactador/lavador de basura se encuentran en funcionamiento y en buen estado.



Figura 8.6. Rejillas finas de la PTAR Zaragoza



Figura 8.7. Retiro constante de los sólidos acumulados sobre las rejillas



Figura 8.8. Compactador/lavador de basura de la PTAR Zaragoza

Actualmente, los dos desarenadores tipo vórtice (DS-ZA-106 A y B), se encuentran fuera de operación y los equipos que lo conforman como son bombas, motores, agitadores, estructuras metálicas y tuberías se encuentran en un estado de corrosión avanzada. No hay extracción de arenas ni disposición de estas por lo que todas las arenas que transporta el agua residual llegan a las tres lagunas aireadas de mezcla parcial. La obra civil de los desarenadores se encuentra en buen estado (Figura 8.9).



Figura 8.9. Desarenadores tipo vórtice (DS-ZA-106 A y B)

El agua residual que pasó a través de los desarenadores es conducida a un canal Parshall en donde descarga el emisor PBAR 8 (Figura 8.10). En el canal se encuentra un medidor de flujo ultrasónico Endress + Hauser modelo FMU90 que está midiendo el flujo que llega a la PTAR (Figura 8.11). No hay reportes que indiquen que el medidor se calibra constantemente.



Figura 8.10. Canal Parshall



Figura 8.11. Medidor de flujo colocado en el canal Parshall

Sistema lagunar

El efluente del canal Parshall se dirige al sistema lagunar para su posterior tratamiento. El sistema lagunar está compuesto por tres lagunas parcialmente aireadas, tres lagunas de sedimentación y ocho lagunas de maduración (cuatro colocadas en dirección norte y cuatro colocadas en dirección sur). En la Tabla 8.1 se muestran las dimensiones de los sistemas lagunares. El tiempo de residencia hidráulica (TRH) global del sistema lagunar de acuerdo a las dimensiones tomadas *in situ* es de 48.6 d ya tomando en cuenta la distancia de los taludes. No se cuenta con la información de las memorias de cálculo de la PTAR Zaragoza. El caudal de

diseño de acuerdo al manual de operación de la PTAR es de 1,300 L/s. Este flujo se distribuye en cada laguna de forma uniforme.

Tabla 8.1. Especificaciones de las lagunas de la PTAR

Laguna	Ancho (m)	Largo (m)	Relación largo/ancho	Área de la laguna (m ²)	Profundidad (Tirante de agua) (m)	Volumen (m ³)	Caudal (L/s)	TRH (días)
Aireación A	194	235	1.2	45,590	4.0	182,360	433	4.6
Aireación B	194	235	1.2	45,590	4.0	182,360	433	4.6
Aireación C	194	235	1.2	45,590	4.0	182,360	433	4.6
Sedimentación A1	200	231	1.1	46,200	2.5	115,500	433	3.1
Sedimentación B	200	231	1.1	46,200	2.5	115,500	433	3.1
Sedimentación C	200	231	1.1	46,200	2.5	115,500	433	3.1
Maduración Sur 1	220	676	3.0	148,720	1.4	208,208	494	4.9
Maduración Sur 2	215	702	3.3	150,930	1.0	150,930	494	3.5
Maduración Sur 3	197	737	3.8	145,189	0.6	87,113.4	494	1.9
Maduración Sur 4	183	760	4.2	139,080	0.65	90,402	494	2.0
Maduración Norte 1	340	490	1.4	166,600	1.89	314,874	806	4.5
Maduración Norte 2	250	630	2.5	157,500	1.49	234,675	806	3.4
Maduración Norte 3	215	735	3.4	158,025	1.4	221,235	806	3.2
Maduración Norte 4	165	810	4.9	133,650	1.12	149,688	806	2.1

Lagunas aireadas parcialmente

Las lagunas aireadas parcialmente se dividen en tres lagunas: lagunas A, B y C (Figura 8.12). Las tres lagunas están construidas de cemento y piedra y no cuentan con recubrimiento. Los taludes de las tres lagunas se encuentran cubiertas de arenas y piedras los cuales pueden generar un problema ya que todo ese material suelto al momento de un deslave o fuertes vientos se pueden depositar en el fondo de las lagunas sobre saturándolas con ese material (Figura 8.13). De esta manera se disminuye el volumen de las lagunas provocando problemas durante la eficiencia de tratamiento ya que el TRH y la carga orgánica se verán afectados. Durante el recorrido se observó presencia de vegetación enraizada en los taludes y dentro de las lagunas (8.14).



Figura 8.12. Lagunas aireadas de la PTAR de Zaragoza



Figura 8.13. Arenas y piedras sobre los taludes de las lagunas aireadas

La ubicación de la entrada y salida del agua residual de las lagunas se encuentran en las esquinas y en los centros respectivamente. El flujo del agua es vertical. Se observó varias zonas muertas y flujos preferenciales en las lagunas (Figura 8.15). Las lagunas no cuentan con mamparas que ayuden a distribuir de forma uniforme y distribuida el agua residual. En las tres lagunas se percibieron olores a amoníaco y séptico. El color de la laguna A y B es entre gris y café oscuro. La laguna C presentó un color rosa lo que indica la presencia de bacterias púrpuras del azufre (Figura 8.16). Estas condiciones son un indicativo de una sobrecarga de materia orgánica de las lagunas y zonas con condiciones anaerobias. Las bacterias púrpuras del azufre viven en la zona superficial de una laguna anaerobia principalmente y oxidan los sulfuros a azufre elemental. Los pigmentos que poseen estas bacterias le dan a las lagunas una coloración rosa o roja. La presencia de estas bacterias indica una carga orgánica insuficiente en las lagunas anaerobias. En algunos casos la presencia de estas bacterias puede resultar beneficiosa, ya que al oxidar a los sulfuros evitan la aparición de olores relacionados con la liberación de ácido sulfhídrico. Sin embargo, la carga orgánica apenas se modifica por la acción de estas bacterias, y las lagunas rojas presentan típicamente unas concentraciones

muy elevadas de carga orgánica dentro de las lagunas. Durante el recorrido se tomaron los parámetros de pH y temperatura. La laguna A el pH y temperatura fueron de 7.4 y 21 °C respectivamente, la laguna B se midió un pH de 7.5 y una temperatura de 22°C y la laguna C se obtuvo un pH y temperatura de 7.6 y 22°C respectivamente. Se observó material flotante en las lagunas. No se observó la presencia de espumas, pulgas de aguas, algas y derrame de agua residual sobre los bordos en las tres lagunas.



Figura 8.14. Presencia de vegetación en las lagunas aireadas

Se realizó un levantamiento físico de las condiciones de funcionamiento actuales de los aireadores que están colocados en las tres lagunas (Figura 8.17 y Figura 8.18). La laguna A cuenta con 11 aireadores direccionales de los cuales tres no están en funcionamiento debido a fallas mecánicas. La laguna B cuenta también con 11 aireadores direccionales de los cuales seis no están trabajando debido a diferentes fallas mecánicas. La laguna C cuenta con 10 aireadores de los cuales cinco no están operando por fallas mecánicas. Estas condiciones generan un problema a las lagunas ya que no se está proporcionando el suficiente oxígeno para las bacterias aerobias que se desarrollan en las lagunas, generando condiciones anaerobias en las tres laguna. Asimismo la falta de operación de los aireadores provoca que el flujo del agua residual dentro de las lagunas no sea uniforme formándose cortocircuitos dentro del sistema de lagunas aireadas.



Figura 8.15. Cortos circuitos presentes en las lagunas aireadas



Figura 8.16. Presencia de bacterias púrpuras de azufre en la laguna aireada C



Figura 8.17. Medición del pH y temperatura en las lagunas de aireación

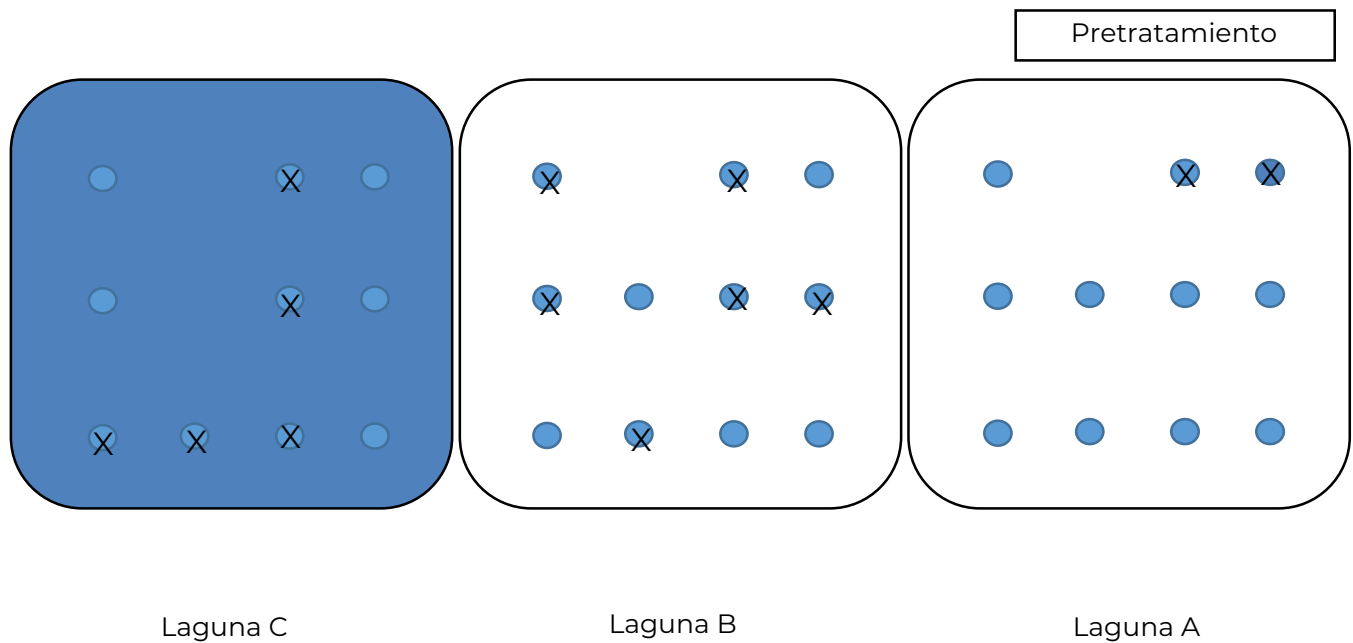


Figura 8.18. Distribución de los aireadores en las lagunas de aireación



Figura 8.19. Aireadores direccionales colocados en las lagunas de aireación

En las lagunas de aireación se realizó un trazo del perfil de oxígeno disuelto (8.19). No fue posible tomar lecturas en el interior de las lagunas ya que no se contaba con las condiciones de seguridad para poder acceder al interior de las lagunas. Los niveles de oxígeno disuelto que se midieron fueron bajos generándose condiciones anaerobias en las tres lagunas. La laguna A, la concentración de oxígeno estuvo entre 0.24 y 1.39 mg/L lo cual se demuestra la mala distribución del oxígeno disuelto debido a los cortocircuitos que existen dentro de la laguna. En la laguna B, la concentración del oxígeno disuelto fue entre 0.23 y 0.28 mg/L el cual es más uniforme. En la laguna C, la concentración de oxígeno disuelto fue entre 0.2 y 0.3 mg/L. El perímetro de las lagunas y esquinas es donde se presenta la mayor cantidad de zonas muertas ya que el mezclado ya sea por hidráulica y por aireación es insuficiente para que exista un buen mezclado y distribución del agua residual (Figura 8.20).

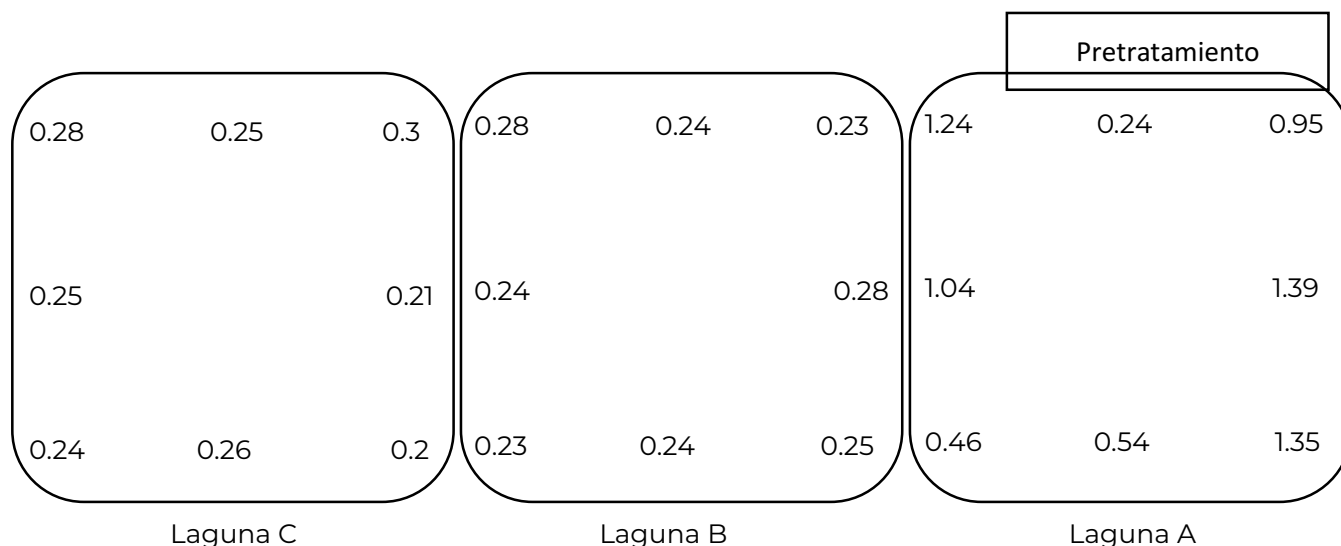


Figura 8.20. Perfil del oxígeno disuelto en las lagunas de aireación

Para determinar el volumen actual de las lagunas de aireación se midió la cantidad de sólidos acumulados en el fondo de las lagunas (Figura 8.21). De acuerdo a las mediciones realizadas durante la visita técnica, las tres lagunas se encuentran completamente azolvadas generándose una pérdida de volumen útil de agua debido a la gran acumulación de arenas y lodos anaerobios (Tabla 8.2). No se tiene reporte de que exista extracción de los sólidos acumulados en las lagunas de aireación. Debido a que el pretratamiento no está en operación, las lagunas aireadas están sirviendo como depósitos para que las arenas se acumulen en ellas. La laguna C es la laguna que se encuentra con una mayor cantidad de sólidos acumulados ($150,447 \text{ m}^3$) seguido por la laguna A ($103,945.2 \text{ m}^3$) y B ($91,180 \text{ m}^3$). De acuerdo al volumen acumulado de sólidos se calculó el volumen útil actual de las lagunas y se determinó el TRH actual de acuerdo al caudal medido durante la campaña de muestreo. El caudal promedio durante 24 horas que se registró en la campaña de muestreo fue 1037.53 L/s . El TRH actual de la laguna A, B y C es de 3.5, 3.1 y 1.06 días. Bajo estas condiciones de operación actuales, la laguna A se encuentra en un 76% de su capacidad de operación, en un 67% para la laguna B y para la laguna C de 23%.



Figura 8.21. Zonas muestras y flujos preferenciales en las lagunas de aireación

Tabla 8.2. Nivel de lodos acumulados en las lagunas de aireación

Laguna de aireación	Altura de sólidos acumulados (m)	Volumen actual acumulado (m³)	Volumen útil actual (m³)	Caudal actual (L/s)	Caudal diseño (L/s)	TRH diseño (días)	TRH actual (días)	Capacidad de operación (%)
A	2.28	103,945.2	78,414.8	345.8	433	4.6	3.5	76
B	2.0	91,180	91,180	345.8	433	4.6	3.1	67
C	3.3	150,447	31,913	345.8	433	4.6	1.06	23



Figura 8.22. Medición de los sólidos depositados en las lagunas de aireación

El estado de interconexión entre las lagunas de aireación y las lagunas de sedimentación, se encuentran en buen estado (Figura 8.22)



Figura 8.23. Interconexión entre las lagunas de aireación y las lagunas de sedimentación

Lagunas de sedimentación

Las descargas de las aguas residuales de las lagunas de aireación son enviadas a tres lagunas de sedimentación (Figura 8.23). La laguna de sedimentación A recibe el agua tratada de la laguna de aireación A, la laguna de sedimentación B recibe las aguas residuales de la laguna B y la laguna de sedimentación C recibe la descarga de la laguna de aireación C. Las tres lagunas cuentan con geomembrana como material de revestimiento impermeable. El flujo del agua en las lagunas se realiza desde el medio de las lagunas hasta la esquina contraria. No hay mamparas que ayuden a distribuir el flujo del agua residual a través de las lagunas de sedimentación. La laguna de sedimentación A se observó con un color verde oscuro con presencia de olor séptico y sólidos flotantes de color negro. La geomembrana se observó en buen estado sin levantamiento y ruptura en los bordos. No se observó la presencia de vegetación. La laguna de sedimentación B, se observó en mal estado con levantamiento y ruptura de la geomembrana (Figura 8.24). Se detectó un olor séptico y de amoníaco. Se observó la presencia de vegetación enraizada sobre los bordos de la laguna. Esta laguna presentó un color rosa indicando la presencia de bacterias púrpuras de azufre. Existe presencia de sólidos flotantes color negro. La laguna de sedimentación C se encuentra en buen estado sin presencia de vegetación sobre los bordos. No hay levantamiento ni ruptura de la geomembrana. Esta laguna presentó un color rosa indicando también la presencia de bacterias púrpuras de azufre. En todas las lagunas no se pudo determinar el volumen de sólidos acumulados ya que no existen las condiciones de seguridad para poder determinar la cantidad de sólidos despostados en estas lagunas. El pH y la temperatura del agua residual de la laguna A fueron de 7.6 y 21°C respectivamente. Para la laguna B, el pH y temperatura fue de 7.6 y 22°C, respectivamente. Y para la laguna C el pH fue de 7.7 con una temperatura de 22°C.



Figura 8.24. Lagunas de sedimentación de la PTAR de Zaragoza



Figura 8.25. Levantamiento de la geomembrana y presencia de vegetación enraizada en la laguna de sedimentación B

El estado de interconexión de las lagunas de sedimentación con las lagunas de maduración se encuentra en buen estado (Figura 8.25)



Figura 8.26. Interconexión entre las lagunas de sedimentación y las lagunas de maduración

Lagunas de maduración

El flujo del agua residual que sale de las tres lagunas de sedimentación se combinan en una caja de distribución y se reparte en dos trenes (Norte y Sur) conformado cada tren por cuatro lagunas operadas en serie (1, 2, 3, 4) (Figura 8.26). Las ocho lagunas de maduración no están construidas de piedra o cemento y no contienen geomembranas. La distancia de los taludes y bordos son muy cortos (menor de un metro) lo cual puede generar desbordamiento del agua residual. Los bordos son de piedra y tierra propias del terreno y no están fijadas con cemento que ayuden a retener el material. Anteriormente, las ocho lagunas contaban con mamparas para una buena distribución del agua residual, sin embargo estas fueron retiradas ya que de acuerdo a las entrevistas con los operadores no tenían un buen funcionamiento y causaban varios problemas de operación. Todo el perímetro de las ocho lagunas de maduración se encuentra con presencia de vegetación abundante enraizada y árboles (Figura 8.27). Las primeras lagunas de maduración (laguna Sur 1 y 2 y laguna Norte 1 y 2) se observaron con poca formación de algas con un color café oscuro y gris (Figura 8.28). Esta coloración está relacionada con la sobrecarga de materia orgánica que entra a las dos primeras lagunas tanto en las Sur como en las Norte. Las lagunas Sur y Norte 3 y 4 se encontraron con buena formación de algas a lo largo y ancho de las lagunas y sus efluentes presentan un color verde lo cual indica de manera indirecta un funcionamiento adecuado de las mismas (Figura 8.29). Se observó vida silvestre en las lagunas de maduración, las cuales fueron más abundantes en las últimas dos lagunas.



Figura 8.27. Lagunas de maduración de la PTAR de Zaragoza



Figura 8.28. Presencia de vegetación en las lagunas de maduración



Figura 8.29. Aspecto del color de las dos primeras de lagunas de maduración (Sur y Norte)



Figura 8.30. Presencia de algas en las lagunas de maduración 3 y 4 (Sur y Norte)

Se determinó que existe poca acumulación de lodos en las lagunas de maduración que representa el 10% del volumen de las lagunas. En la Tabla 8.3 se muestran los valores del TRH actual de las lagunas de maduración con respecto al flujo determinado durante la campaña de muestreo (1037.53 L/s). Los TRH actuales están ligeramente por arriba de los valores de diseño con valores entre 2.3 y 5.5 días. Estas condiciones de operación actuales no generan ningún problema durante el tratamiento de las aguas residuales.

Se realizó una medición del pH y la temperatura en las ocho lagunas de maduración. Se encontró un pH ligeramente alcalino en todas las lagunas con valores entre 8.0 y 8.7 con temperaturas que varían entre 20 y 25°C. Los valores de pH medidos en las ocho lagunas de maduración se encuentran entre los valores recomendados por la literatura y bajo estas condiciones se pueden llevar a cabo una buena remoción de coliformes totales, fecales y otros microorganismos patógenos.

Tabla 8.3. Condiciones de operación actuales de las lagunas de maduración

Laguna	Volumen útil actual (m³)	Caudal actual (L/s)	TRH actual (días)	TRH diseño (días)
Maduración Sur 1	187,387.2	394.3	5.5	4.9
Maduración Sur 2	135,837	394.3	4.0	3.5
Maduración Sur 3	78,402.1	394.3	2.3	1.9
Maduración Sur 4	81,361.8	394.3	2.3	2.0
Maduración Norte 1	283,386.6	643.3	5.1	4.5
Maduración Norte 2	211,207.5	643.3	3.8	3.4
Maduración Norte 3	199,111.5	643.3	3.5	3.2
Maduración Norte 4	134,719.2	643.3	2.4	2.1

Los efluentes de los dos trenes de las lagunas de maduración se mezclan en un tanque de recepción. Este efluente final es enviado a través de un canal abierto al cuerpo receptor Dren Internacional Dren México Afluentes del Río Nuevo (Figura 8.30). Parte del efluente tratado sin desinfección es enviado a la termoeléctrica de Mexicali que de acuerdo a los reportes entregados por la PTAR la cantidad que se envía es entre 500 y 1,500 m³/d. Antes de la descarga hacia el cuerpo receptor se lleva a cabo una desinfección del agua residual tratada usando cloro gris como agente desinfectante. El agente desinfectante es inyectado al inicio del canal donde se mezclan los efluentes de las lagunas de maduración.

Desinfección

La PTAR de Zaragoza no cuenta con un tanque de contacto de cloro si no que el propio canal donde se conduce el agua residual tratada (efluente final) sirve como tanque de contacto de cloro. La dosis de cloro gas que se inyecta al canal es de 12.5 lb Cl/h. La caseta de cloración cuenta con tres cilindros de cloro gas y tiene toda la instrumentación y equipos para llevar a cabo el proceso de desinfección de manera adecuada.



Figura 8.31. Conducción del efluente final de la PTAR de Zaragoza



Figura 8.32. Caseta de desinfección con cloro gas

Medidor de flujo descarga final

La PTAR cuenta con un medidor de flujo transmisor de nivel ultrasónico Endress + Hauser Prosonies ubicado sobre el canal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas de la Sección Mexicana (Figura 8.31). El medidor de flujo se verifica (su funcionamiento) cada seis meses (no hay calibración).



Figura 8.33. Medidor de flujo descarga final PTAR Zaragoza

Tratamiento terciario

La PTAR de Zaragoza cuenta con una pequeña unidad de tratamiento terciario, el cual está conformado por un proceso de coagulación-floculación y un proceso de filtración (Figura 8.32 y Figura 8.33). El agua residual que alimenta al tratamiento terciario es el efluente final tratado después de la desinfección y se toma del canal de la Comisión Internacional de Límites y Aguas de la Sección Mexicana. El caudal que ingresa al tratamiento terciario es de entre 5 y 7 L/s, el cuál es medido por medidor de flujo Doppler ultrasónico.

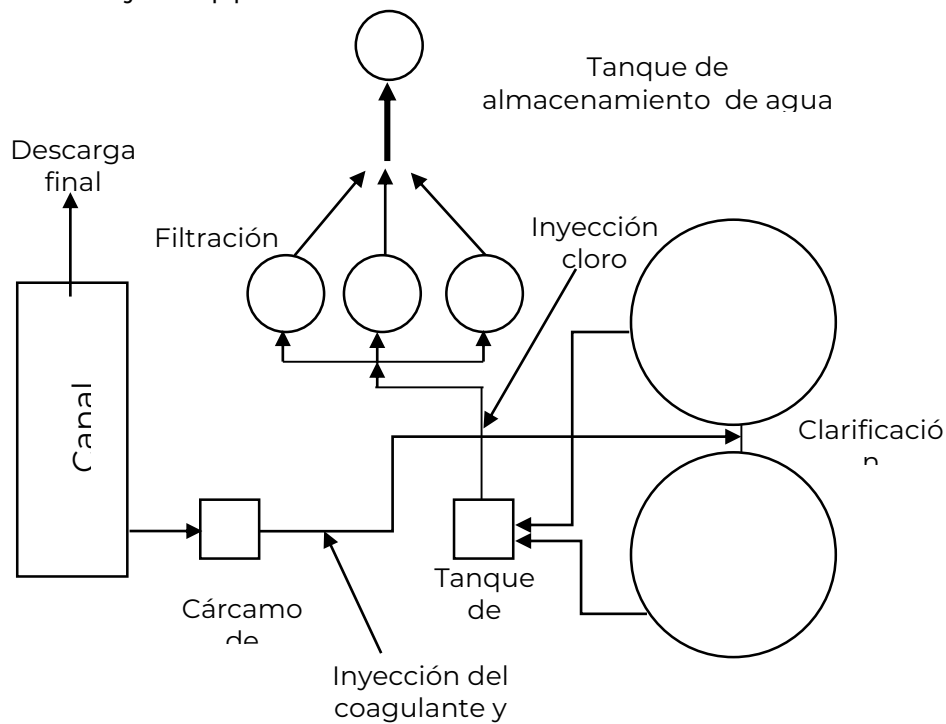


Figura 8.34. Tren de tratamiento terciario de la PTAR de Zaragoza

El agua residual es bombeada desde el canal hacia un cárcamo de bombeo. El agua se bombea desde el cárcamo de bombeo hacia dos tanques de clarificación. En la tubería donde se transporta el agua residual hacia los clarificadores se inyecta una dosis que va desde los 120 a 250 mg/L de sulfato de aluminio y de entre 11 y 20 mg/L del polímero catiónico Floquat 4540 de la empresa Clarui. En los clarificadores se sedimentan los flóculos y el sobrenadante es enviado a un tanque de regulación y de ahí se bombea a tres filtros empacados con antracita, arena sílice y grava de diferentes tamices (1/8, 3/4, 1/2 y 2"). Antes de la filtración se lleva a cabo una cloración del agua residual con cloro gas. El efluente final tratado por

el tratamiento terciario se deposita en un tanque de almacenamiento. El agua residual tratada se utiliza para el riego de jardines y camellones de la Cd. De Mexicali. Una cierta cantidad del agua tratada se utiliza también para el riego de parcelas. El título de cesión de la descarga del agua residual 01BCA109426/07HMGR05 no señala este punto como una descarga de la PTAR de Zaragoza.



Figura 8.35. Tratamiento terciario de aguas residuales de la PTAR de Zaragoza

Actualmente, las unidades de tratamiento del tratamiento terciario, tuberías, equipos de bombeo, equipos electromecánicos y obra civil se encuentran en mal estado pero en funcionamiento (Figura 8.34). El proceso de filtración se encuentra en buen estado. Las tuberías y el equipo de bombeo se encuentran en estado de corrosión avanzada. Los clarificadores no contienen el mecanismo de rastras y los vertedores se encuentran desnivelados. La caseta de desinfección se encuentra en buen estado con todos los elementos y equipos para llevar a cabo la desinfección con cloro gas (Figura 8.35).



Figura 8.36. Condiciones actuales de las unidades del tratamiento terciario de la PTAR de Zaragoza



Figura 8.37. Caseta de cloración del tren de tratamiento terciario de la PTAR de Zaragoza

Disposición de lodos

La PTAR cuenta con con dos lagunas de secado para la deshidratación de los lodos extraídos por las lagunas de aireación, sedimentación y maduración. Actualmente las lagunas de deshidratación de lodos se encuentran fuera de operación ya que no existe el dragado de lodos de las lagunas. Las lagunas de deshidratación no tienen geomembranas y no cuentan con estructuras civiles (Figura 8.36). Las lagunas se encuentran cubiertas con vegetación y restos de ladrillos, hormigón, argamasa, acero, hierro, madera, etc., provenientes de los desechos de la construcción.



Figura 8.38. Lagunas de deshidratación de la PTAR de Zaragoza

Caminos y vialidades de la PTAR

La PTAR cuenta con vialidades amplias y en buen estado en el cual se pueden transportar todo tipo de vehículos para llevar a cabo las maniobras necesarias el buen funcionamiento de la PTAR (Figura 8.37).



Figura 8.39. Vialidades de la PTAR de Zaragoza

8.2 Equipos electromecánicos

Se realizó el levantamiento de los equipos electromecánicos de la PTAR Zaragoza, los cuales se pueden encontrar en el FORMATO 11. EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS del Anexo I. La PTAR funciona por gravedad por lo que no existe un gran número de equipos electromecánicos. Solo se utiliza bombeo en el tratamiento terciario y en el área de cloración. Se encontró en la documentación entregada por la PTAR, que existe un mantenimiento preventivo y correctivo dos veces al año principalmente de los equipos que se encuentran en funcionamiento como son los aireadores que están en las lagunas aireadas A, B y C, equipos de cribado que se encuentran en pretratamiento y los centros control de motores. Cada laguna cuenta con un centro de control de motores. El estado físico de estos equipos de cribado es bueno. De los aireadores, sus condiciones físicas electromecánicas son malas. De los 32 aireadores que se tienen en el PTAR solo funcionan 19 en condiciones regulares (Figura 8.38). Los centros de control de motores tienen estados físicos regulares. Todos los equipos electromecánicos que se encuentran en el área del desarenador están fuera de servicio. La PTAR Zaragoza cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo. La PTAR si cuenta con bitácoras de mantenimiento de los equipos electromecánicos.



Figura 8.40. Estado físico de los equipos electromecánicos de la PTAR de Zaragoza

8.3 Muestreo y calidad del agua residual

Para realizar el muestreo del agua residual en la PTAR se realizó inicialmente un recorrido a las instalaciones con personal de la planta, con el objetivo de seleccionar los puntos de muestreo más adecuados y para poder evaluar eficiencia las unidades de tratamiento que conforman la PTAR. Los puntos de muestreo seleccionados de la PTAR Zaragoza se muestran en la Figura 8.39. Se tomaron muestras simples de DBO₅, DQO, nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) de los seis emisores durante el pico más alto de sus descargas las cuales fueron a las 13:00 h. Se realizó un muestreo compuesto del influente y de la descarga final de la PTAR tomando en cuenta los parámetros de calidad del agua que se señalan en la Norma Oficial Mexicana 001-SEMARNAT-1996 y NOM-001-SEMARNAT-2021. Para evaluar la eficiencia actual de tratamiento de las lagunas aireadas, de las lagunas de sedimentación y de las lagunas de maduración se tomaron muestras simples de sus efluentes para determinar DBO₅, DQO, NT, FT, sólidos suspendidos totales (SST), grasas y aceites (GyA), temperatura y pH. Para el caso de las lagunas de sedimentación se determinó adicionalmente la clorofila y para el caso de las lagunas de maduración, se cuantificó la clorofila y los coliformes fecales. Para el tratamiento terciario se tomaron muestras simples del influente y efluente final para determinar los valores de DBO₅, DQO, NT, FT, SST, GyA, temperatura y pH. Los análisis fueron realizados por el laboratorio certificado del IMTA.

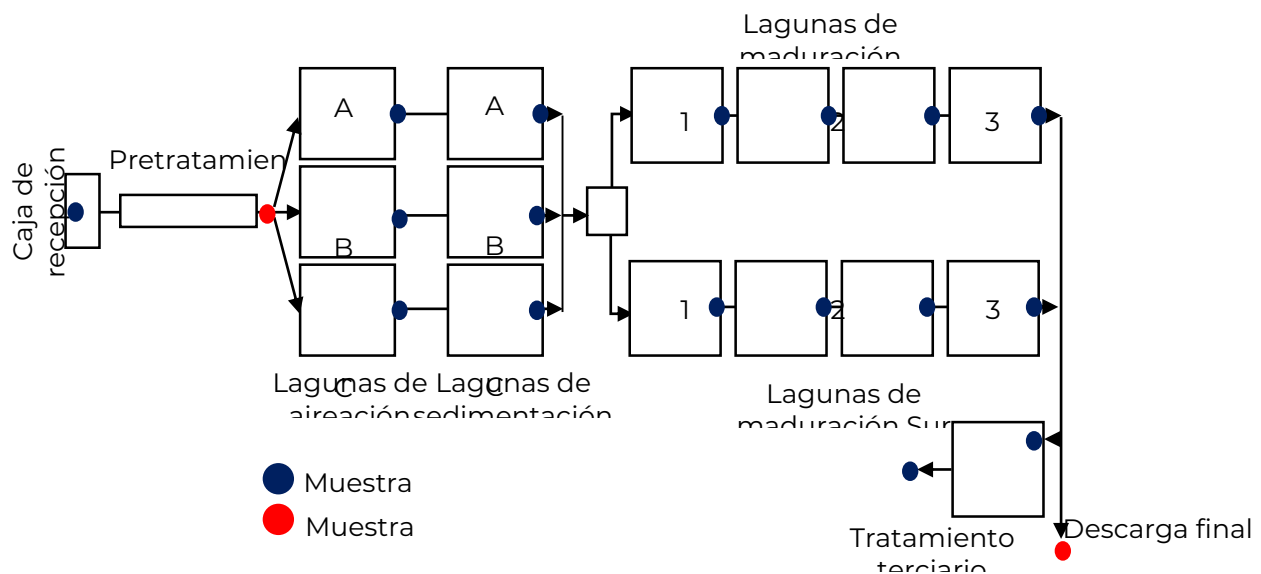


Figura 8.41. Puntos de muestreo tomados para la caracterización del agua residual en la PTAR de Zaragoza

En la Tabla 8.4 se muestran un resumen de parámetros evaluados en cada punto de muestreo de la PTAR los cuales se seleccionaron de acuerdo a los parámetros de diseño de cada unidad de proceso de la PTAR.

En la Tabla 8.5 se muestran los resultados del muestreo compuesto realizados en la PTAR. De acuerdo a los resultados obtenidos de la caracterización de las aguas residuales de la descarga final de la PTAR, los SST no cumpliría con la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021 para los cuerpos receptores “Embalses, lagos y lagunas” y para “Zonas marinas mexicanas”. En el caso del NT no cumpliría para todos los cuerpos receptores. En el caso del NOM-001-SEMARNAT-1996, el NT no cumple para cuerpos receptores tipo C (ríos) y para los “Embalses naturales y artificiales” tipo C y Aguas costeras (estuarios). En caso de que las aguas residuales se vertieran al suelo para la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021, la DQO solo cumpliría para “Infiltración y otros riesgos”. Para los SST y NT no cumpliría con “Cárstico”. Todos los parámetros restantes cumplen con la NOM-001-SEMARNAT-1996 y con la nueva NOM-001-SEMARNAT-2021. La relación DQO/DBO del influente de la PTAR es de 4.4 indicando que la materia orgánica que llega a la PTAR es poco biodegradable.

La eficiencia global de tratamiento de acuerdo a los resultados de la caracterización de las aguas residuales se muestra en la Tabla 8.5. Se puede observar que el sistema de tratamiento en las condiciones actuales presenta una buena remoción de materia orgánica y GyA. Se tiene una excelente remoción de CF y E. Coli. Para los nutrientes, el sistema de tratamiento genera bajas remociones de NT y FT.

Se realizó una caracterización de los seis emisores que llegan a la caja de recepción de la PTAR con el objetivo de determinar el emisor con más carga de contaminantes (Tabla 8.7). De acuerdo a los resultados de la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales que se descargan de cada emisor, el Emisor PBAR 6 es el que presentó una mayor carga de contaminantes con una DQO, DBO₅, NT y FT de 790, 136, 70.6 y 9.33 mg/L respectivamente. Se puede indicar que los emisores que presentan mayor carga de contaminantes son el PBAR 6 seguido del emisor PBRA 3 (las dos tuberías) seguido por el emisor PBAR 1 (las dos tuberías) y finalmente el emisor PBAR 7 que es el emisor que presentó una menor carga de contaminantes. La relación DQO/DBO de estos emisores muestra que el agua residual que ingresa al PTAR es poco biodegradable por lo que se demuestra que los emisores tienen alguna influencia industrial.

Tabla 8.4. Parámetros evaluados para la determinación de la calidad del agua

Parámetro	Descripción	Influente	Emisores PBAR 1, 3, 6 y 7	Efluente lagunas de aireación A, B y C	Efluente lagunas de sedimentación A, B y C	Efluente lagunas de maduración 1, 2, 3 y 4 Norte y Sur	Tratamiento terciario (influyente y efluente)	Descarga final
	No. de muestras	1	6	3	3	8	2	1
NOM-001-SEMARNAT-1996	pH							
	Temp							
	Materia flotante							
	Sól. Sed.							
	GyA							
	SST							
	DBO							
	NT							
	FT							
	Metales							
	HH							
	CF							
	DQO							

PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017	Toxicidad aguda							
	Color verdadero							
	E. coli							
Diseño	Clorofila							
Tipo de muestreo		Compuesto, 24 h, 6 muestras	Muestreo simple	Muestreo simple	Muestreo simple	Muestreo simple	Muestreo simple	Compuesto, 24 h, 6 muestras

Tabla 8.5. Resultados del muestreo compuesto del influente y descarga final de la PTAR de Zaragoza

Parámetro		Influente (promedio diario)	Descarga final (promedio diario)
Temperatura (°C)		23	18
pH		7.4	8.2
Sol. Sed. (mL/L)		2	0.1
SST (mg/L)		93.8	26
DBO ₅ (mg/L)		110	2
NT (mg/L)		55.7	46.9
FT (mg/L)		7.5	5.87
HH (NMP/100 mL)		Cero	Cero
DQO (mg/L)		487	98.8
GyA promedio ponderado (mg/L)		40.9	8.8
Coliformes fecales media geométrica (NMP/100 mL)		287	28
E. Coli media geométrica (NMP/100 mL)		403	28
Color verdadero	A 436 nm	2.2	1.3
	A 525 nm	1	0.4
	A 620 nm	0.4	0.2
	al pH	8.28	8.7
Metales	Arsénico (mg/L)	0.0031	<0.0010
	Cadmio (mg/L)	<0.030	<0.030
	Cobre (mg/L)	0.056	<0.05
	Cromo (mg/L)	<0.10	<0.10
	Mercurio (mg/L)	0.0008	<0.0005
	Níquel (mg/L)	<0.10	<0.10
	Plomo (mg/L)	<0.10	<0.10
	Zinc (mg/L)	0.24	<0.10

Tabla 8.6. Eficiencia de remoción de los principales contaminantes en la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Remoción (%)
DBO ₅	98.2
DQO	79.7
NT	15.8
FT	21.7
SST	72.3
GyA	78.5
Coliformes fecales	90.2
E. Coli	93

Tabla 8.7. Caracterización fisicoquímica de los emisores que llegan a la PTAR de Zaragoza

Emisor	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	DQO/DBO	NT (mg/L)	FT (mg/L)
PBAR 1, tubería 1	125	556	4.4	61	6.64
PBAR 1, tubería 2	109	555	5.1	60.6	5.56
PBAR 3, tubería 1	108	673	6.2	59.3	8.25
PBAR 3, tubería 2	103	613	5.9	59	6.9
PBAR 6	136	790	5.8	70.6	9.33
PBAR 7	109	495	4.5	79.3	9.19

En la Figura 8.40 se muestra la variación del caudal durante un periodo de 24 h. El máximo caudal presentado en el influente de la PTAR fue en el segundo periodo de muestreo el cual fue de 1,556.8 L/s. El caudal más bajo medido se presentó durante el cuarto muestro el cual fue de 793.5 L/s. El caudal promedio en el influente de la PTAR fue de 1037.5 L/s. En la descarga final el caudal osciló entre 517.5 y 535.3 L/s con un promedio de 526.3 L/s. El caudal en el efluente de la PTAR es del 50% menor del caudal de entrada. Esta disminución se debe a que una cierta cantidad del agua residual tratada se envía a la termoeléctrica de Mexicali y otra se utiliza para su reuso a través del sistema del sistema de tratamiento terciario.

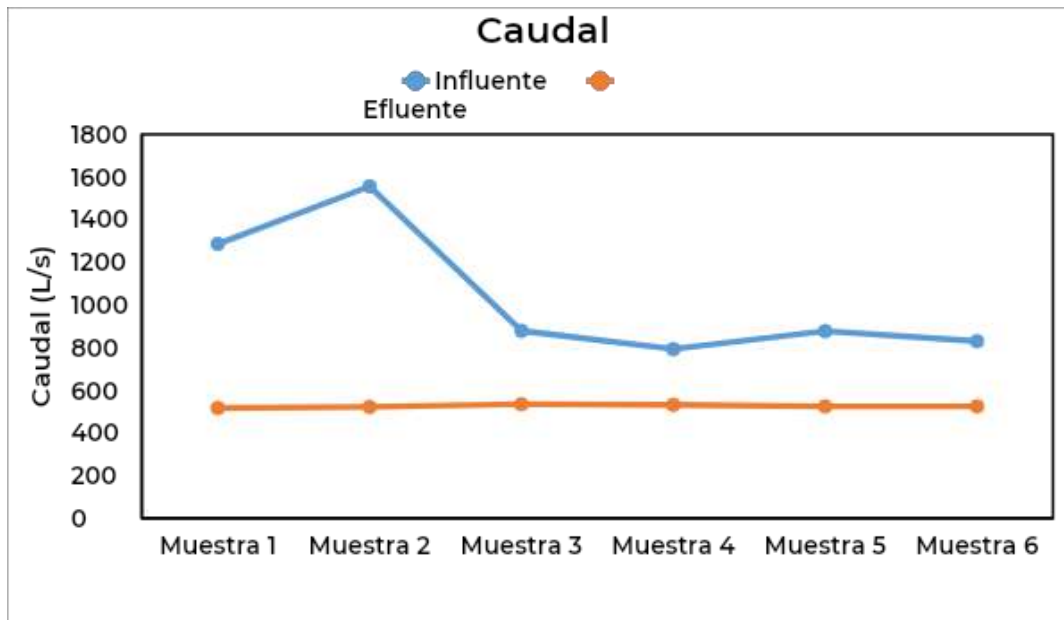


Figura 8.42. Variación del caudal en el influente y efluente de la PTAR de Zaragoza

Para las GyA las concentraciones en el influente oscilaron entre 25.2 y 78.2 mg/L con un promedio ponderado respecto al caudal de entrada de 40.9 mg/L. Las concentraciones de GyA detectadas en la descarga final fueron menores a 9.78 mg/L con un promedio ponderado de 8.8 mg/L respecto al caudal del efluente de la PTAR (Figura 8.41).

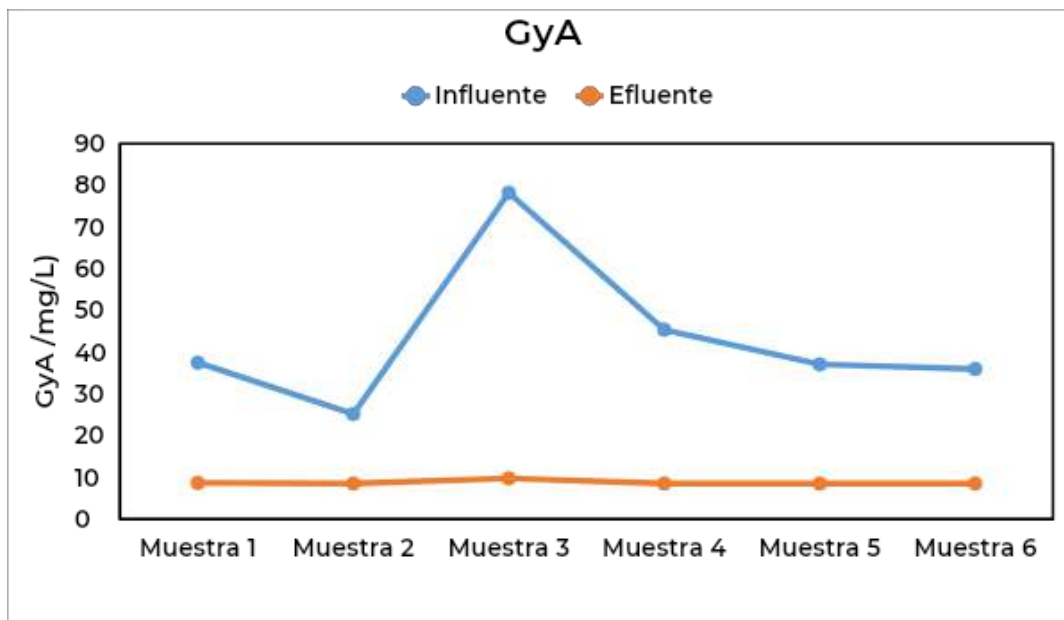


Figura 8.43. Concentración de GyA en el influente y efluente de la PTAR de Zaragoza

Durante los primeros cuatro muestreos las concentración de CF y E.Coli en el influente y descarga final fueron bajos con valores menores a 210 NMP/100 mL para los CF y menores a 210 NMP/100 mL para E.Coli (Figura 8.42). En el muestreo 5 y 6 se observó un incremento en la concentración de las bacterias indicadoras de contaminación fecal con valores en el influente de hasta de 1500 NMP/100 mL para CF y de hasta 9,300 NMP/100 mL para la E.Coli, estos valores indican que durante esas descargas el influente contenía una alta contaminación fecal. La concentración promedio en términos de media geométrica de los CF y E.Coli fueron de 287 y 403 NMP/100 mL respectivamente. Una vez que pasó el agua residual a través del sistema lagunar la concentración de CF y E.Coli disminuyó considerablemente alcanzando una concentración (media geométrica) de 28 NMP/100 mL para los CF y E.Coli.

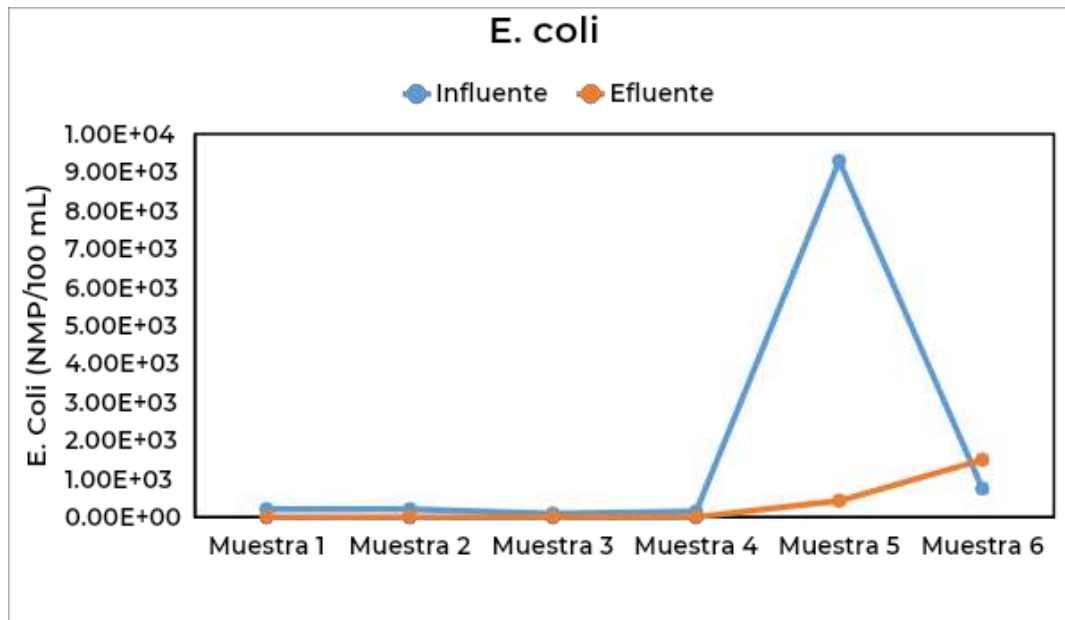


Figura 8.44. Variación de los CF y E.Coli en el influente y descarga final de la PTAR de Zaragoza

Los valores del pH en el influente fueron constantes con valores entre 7.3 y 7.5 (promedio de 7.4). El pH en la descarga final fue en promedio de 8.2 indicando una buena actividad los microorganismos fotosintéticos desarrollados en las lagunas de maduración. Estos valores ligeramente alcalinos tienen una gran influencia en la eliminación de los microorganismos patógenos y concuerda con las remociones altas de CF y E.Coli en la PTAR. La temperatura en el influente durante la campaña de muestro fue entre 21 y 25°C con un promedio de 23°C. Las temperaturas del agua residual en la descarga final fueron entre 16 y 20°C (promedio de 17.5°C). Las más bajas temperaturas se presentaron durante la noche y al amanecer (muestra 4, 5 y 6) (Figura 8.43).

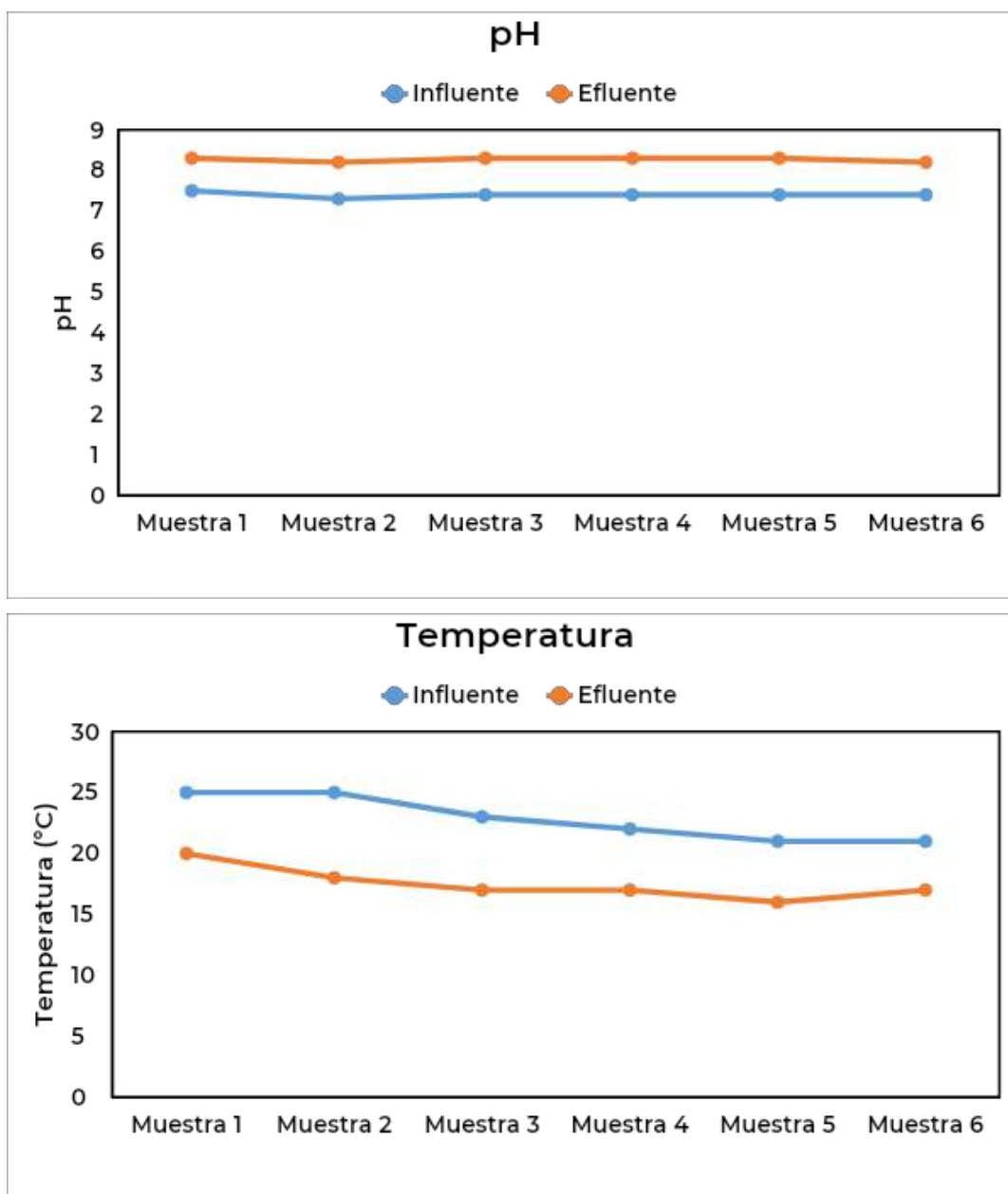


Figura 8.45. Variación del pH y temperatura en el influente y descarga final de la PTAR de Zaragoza

La PTAR cuenta con un sistema de tratamiento terciario para el pulimento de la descarga final de la PTAR con el objeto de utilizar una parte del agua residual para su reuso. Con el objetivo de evaluar su desempeño se determinaron los parámetros de la Tabla 8.7. Como se puede observar el sistema de tratamiento terciario remueve eficientemente la materia orgánica fácilmente biodegradable, sin embargo presenta una eficiencia de remoción baja de DQO, nutriente y SST

Tabla 8.7. Eficiencia de remoción de los principales contaminantes en el tratamiento terciario

Punto de muestra	pH	Temp (°C)	G y A (mg/L)	SST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	NT (mg/L)	PT (mg/L)	DQO (mg/L)
Influente	8.3	20	<8.56	38.1	35	47.5	5.47	148
Efluente	7.5	20	<8.56	54	2.8	41.1	3.7	61.6
Remoción (%)	-	-	-	No hay remoción de sólidos	92	13.4	32.3	58.8

Eficiencias de las unidades de tratamiento

En la Tabla 8.8 se muestra las cargas orgánicas actuales aplicadas a las lagunas de aireación y a las lagunas de maduración. Los cálculos para la determinación de las cargas orgánicas volumétricas se realizaron tomando los valores actuales del TRH, caudal, volumen útil de las lagunas la DQO y la DBO₅. Para la determinación de las cargas orgánicas superficiales se tomaron en cuenta las áreas superficiales actuales de las lagunas, los caudales, la DQO y la DBO₅. La laguna aireada C se encuentra sobrecargada con materia orgánica. Las cargas orgánicas superficiales se encuentran por arriba de los valores recomendados por la literatura. Esto indica la materia orgánica que entra a las lagunas por hectárea por día es muy alta. Las cargas orgánicas aplicadas en términos de DBO para las lagunas de maduración se encuentran dentro los criterios de diseño. Sin embargo, tomando en cuenta la DQO, las lagunas de maduración se encuentran sobrecargadas.

Tabla 8.8 Cargas orgánica aplicadas actuales que entran a las lagunas de aireación y maduración de la PTAR de Zaragoza

Laguna	Carga orgánica volumétrica (kg DQO/m³.d)	Carga orgánica volumétrica (kg DBO₅/m³.d)	Carga orgánica superficial (kg DQO/ha.d)	Carga orgánica superficial (kg DBO₅/ha.d)
Laguna aireación A	0.14	0.03	3,191.5	720.9
Laguna aireación B	0.16	0.035		
Laguna aireación C	0.46	0.1		
Lagunas de maduración Norte	0.01	0.0009	222.3	12
Lagunas de maduración Sur	0.01	0.0009	143.7	7.8

ha= hectáreas

En la Tabla 8.9, Tabla 8.10 y Tabla 8.11 se muestra las eficiencias de tratamiento en términos de concentración y porcentaje de remoción en las lagunas aireadas y de sedimentación. Las tres lagunas de aireación A, B y C presentan buenas remociones de DBO por arriba del 85%, sin embargo, para la DQO se observaron remociones por debajo del 46%. Las tres lagunas de aireación no remueven el nitrógeno y fósforo del agua residual ya que se obtuvieron remociones por debajo del 25%. Para los SST, GyA las remociones son menores al 52%. Las remociones bajas de los contaminantes en las lagunas aireadas se deben principalmente a la sobrecarga de materia orgánica y a la mala distribución de la aireación y del flujo del agua residual a través de las lagunas. La laguna de sedimentación A es la laguna que genera una remoción de los SST de hasta el 96%. Las lagunas de sedimentación B y C existen problemas ya que las remociones de los contaminantes son bajas. El tren compuesto por la laguna de aireación C y laguna de sedimentación C, es el tren que presenta un mayor problema de operación y de sobrecarga de contaminantes ya que sus remociones están por debajo del 48% excepto para la DQO (Figura 8.44, Figura 8.45 y Figura 8.46). En el caso de las GyA, el conjunto de laguna aireada-laguna de sedimentación de los trenes A, B y C generaron remociones entre el 33 y 62% siendo más alta en el tren A.

Tabla 8.9. Desempeño de la eficiencia de tratamiento de la laguna aireada y de sedimentación A de la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Influente (mg/L)	Efluente laguna de aireación A (mg/L)	Efluente laguna de sedimentación A (mg/L)	Remoción laguna de aireación A (%)	Remoción laguna de sedimentación A (%)	Remoción global (%)
DQO	487	313	153	35.7	51.1	68.6
DBO ₅	110	13	11	88.2	15.4	90
NT	55.7	57.6	52.9	0	8.2	5
FT	7.5	5.6	4.1	25.3	26.8	45.3
SST	93.8	377	14.4	0	96.1	84.6
GyA	40.9	19.6	15.4	52	21.4	62.3

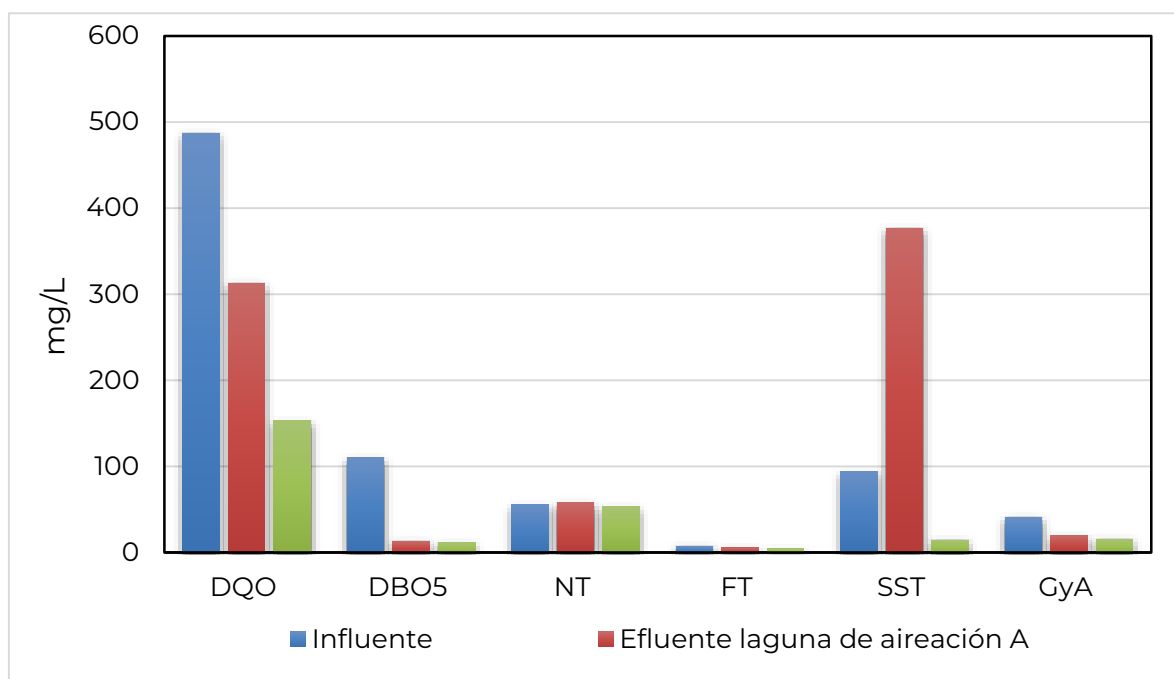


Figura 8.46. Variación de los contaminantes en la laguna de aireación y sedimentación A

Tabla 8.10. Desempeño de la eficiencia de tratamiento de la laguna aireada y de sedimentación B de la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Influente (mg/L)	Efluente laguna de aireación B (mg/L)	Efluente laguna de sedimentación B (mg/L)	Remoción laguna de aireación B (%)	Remoción laguna de sedimentación B (%)	Remoción global (%)
DQO	487	264	224	45.8	15.1	54
DBO ₅	110	7	20	93.6	0	81.8
NT	55.7	55.7	54.6	0	2	2
FT	7.5	6.9	5.4	8	21.7	28
SST	93.8	63.3	28.9	32.5	54.3	69.2
GyA	40.9	25.7	23.1	37.2	10.1	43.5

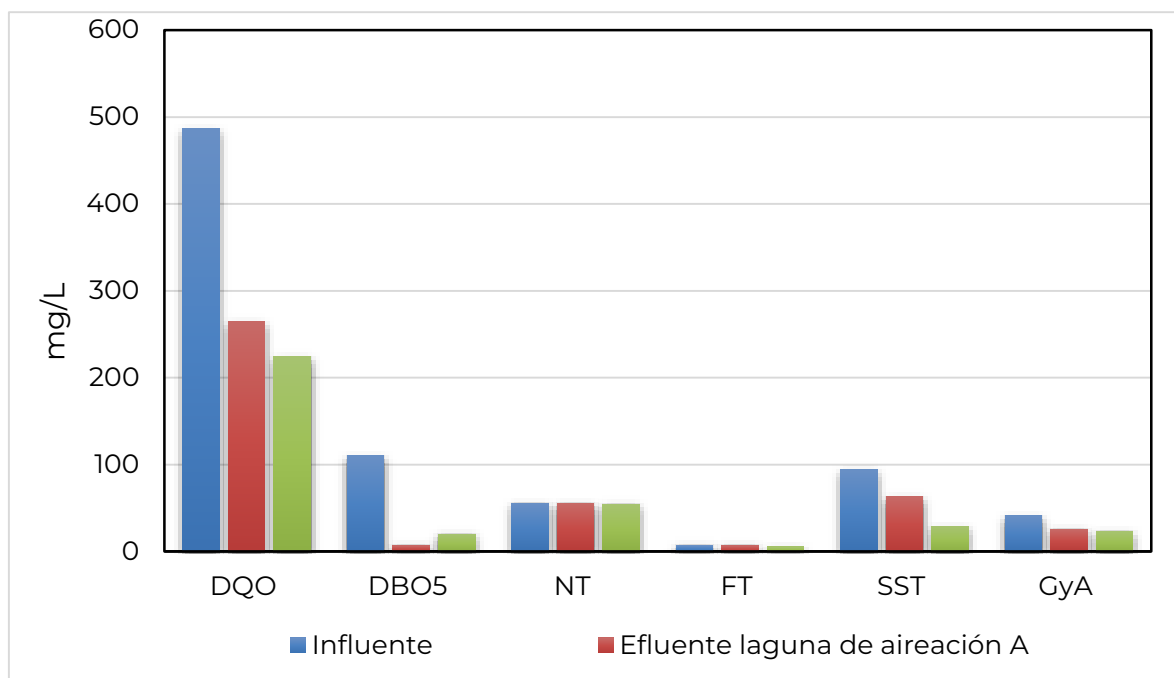


Figura 8.47. Variación de los contaminantes en la laguna de aireación y sedimentación B

Tabla 8.11. Desempeño de la eficiencia de tratamiento de la laguna aireada y de sedimentación C de la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Influente (mg/L)	Efluente laguna de aireación C (mg/L)	Efluente laguna de sedimentación C (mg/L)	Remoción laguna de aireación C (%)	Remoción laguna de sedimentación C (%)	Remoción global (%)
DQO	487	284	362	41.7	0	25.6
DBO ₅	110	16	9	85.4	43.8	91.8
NT	55.7	55.3	59	0.7	0	0
FT	7.5	6.5	5	13.3	23.1	33.3
SST	93.8	45.3	49.1	51.7	0	47.7
GyA	40.9	29.9	27.1	26.9	9.4	33.7

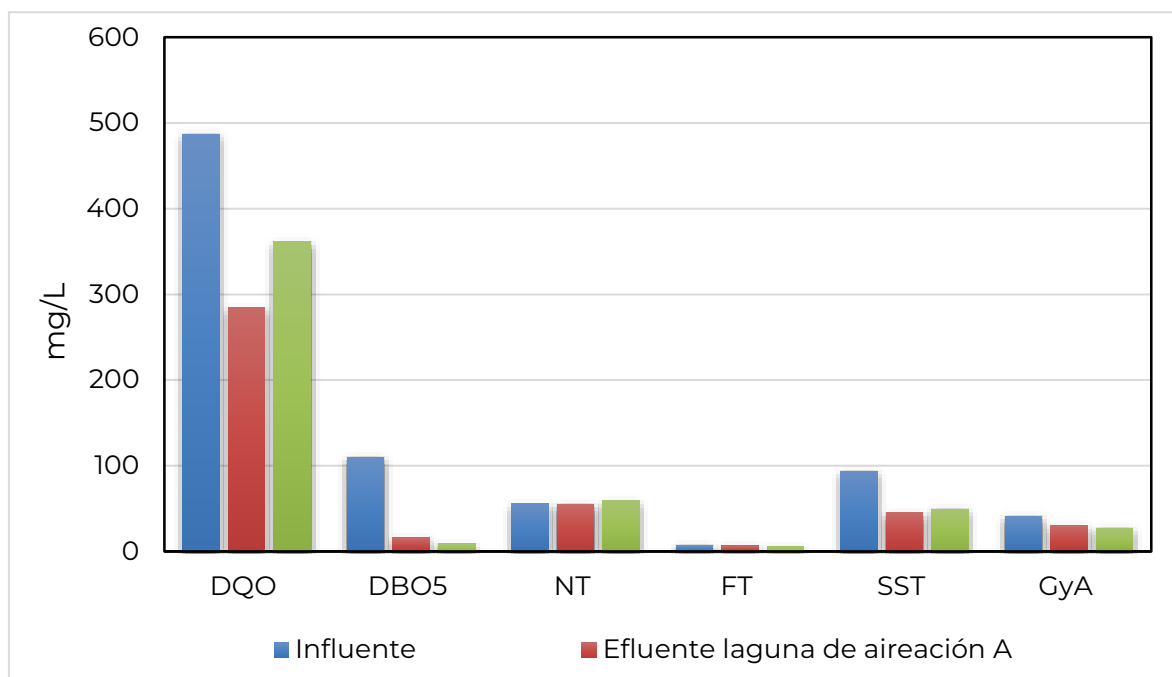


Figura 8.48. Variación de los contaminantes en la laguna de aireación y sedimentación C

En la Tabla 8.12 y Tabla 8.13 se muestra las eficiencias de tratamiento en términos de concentración y porcentaje de remoción en las lagunas de maduración Norte y Sur. Las ocho lagunas de maduración no tienen la capacidad de remover DQO esto debido a que están sobrecargadas de materia orgánica no biodegradable. Las altas cargas orgánicas actuales aplicadas a las lagunas de maduración limitan la capacidad de

tratamiento de las lagunas. Los valores de DQO que se encontraron fueron por arriba de los 150 mg/L. Para la DBO se determinó bajos porcentajes de remoción de este parámetro, esto debido principalmente a las bajas concentraciones de materia orgánica fácilmente biodegradable en los influentes de las lagunas. Las DBO que se detectaron en los efluentes fueron en el rango de 5 y 16 mg/L (Figura 8.47 y Figura 8.48). Las lagunas de maduración no tienen la capacidad para asimilar el nitrógeno y fósforo. Las remociones de los nutrientes fueron en el rango de 0 y 14%. Las remociones de GyA fueron relativamente altas en las lagunas de maduración son remociones entre el 33 y 61%. Las lagunas de maduración están diseñadas principalmente para remover CF. En este caso, las remociones de los CF obtenidas en las lagunas están por arriba del 95% los cuales van disminuyendo en cada laguna conectada en serie. Para determinar el funcionamiento de las lagunas de maduración se determinó adicionalmente la concentración de clorofila en cada laguna. Las concentraciones cuantificadas de clorofila fueron entre 69 y 1,405 mg/m³. Las concentraciones de clorofila se incrementaron con el incremento en el número de lagunas.

Tabla 8.12. Desempeño de la eficiencia de tratamiento de las lagunas de maduración Norte de la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Influente lagunas de maduración (efluente lagunas de sedimentación) (mg/L)	Efluente laguna de maduración 1 (mg/L)	Efluente laguna de maduración 2 (mg/L)	Efluente laguna de maduración 3 (mg/L)	Efluente laguna de maduración 4 (mg/L)	Remoción global (%)
DQO	246.3	207	152	260	236	0
DBO ₅	13.3	18	26	18	9	32.3
NT	55.5	52.7	50.6	56.2	51.3	7.6
FT	4.8	4.5	5.4	5.8	5.4	0
SST	30.8	47.1	24.2	80	51.3	0
GyA	21.9	10.2	16.6	18.9	14.7	32.9
CF (NMP/100 mL)	1500	40	3	4	4	99.7
Clorofila (mg/m ³)	87	69	102	1,405	322	-

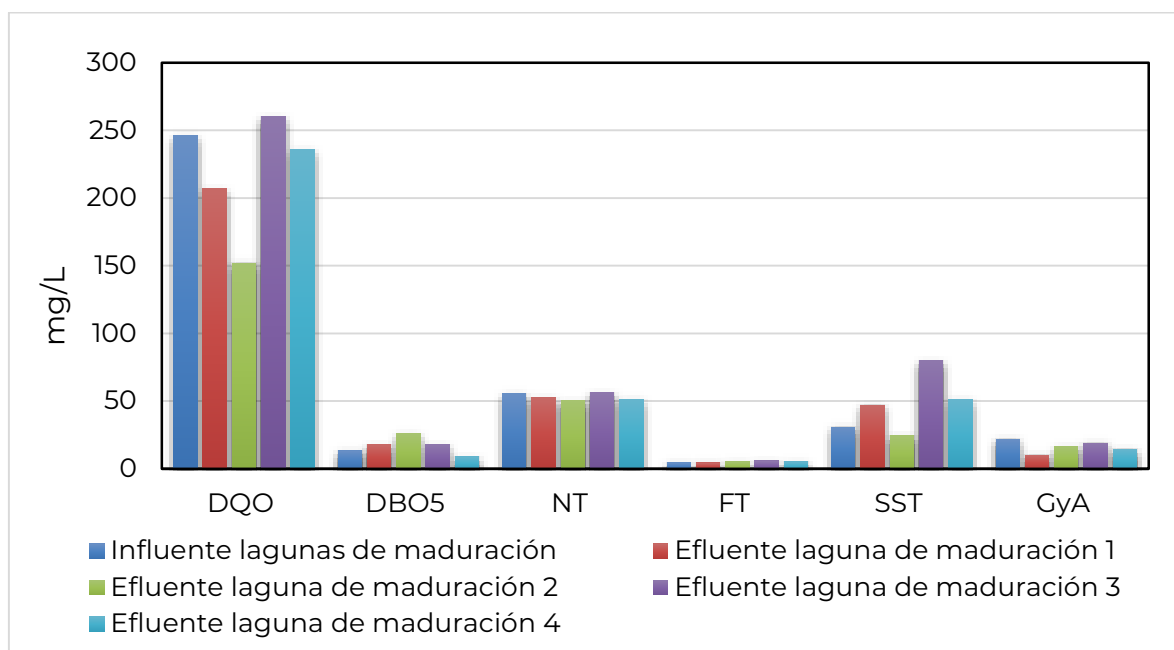


Figura 8.49. Variación de los contaminantes en las lagunas de maduración Norte

Tabla 8.13. Desempeño de la eficiencia de tratamiento de las lagunas de maduración Sur de la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Influente lagunas de maduración (efluente lagunas de sedimentación) (mg/L)	Efluente laguna de maduración 1 (mg/L)	Efluente laguna de maduración 2 (mg/L)	Efluente laguna de maduración 3 (mg/L)	Efluente laguna de maduración 4 (mg/L)	Remoción global (%)
DQO	246.3	182	190	193	213	13.5
DBO ₅	13.3	14	16	9	5	61.5
NT	55.5	52.7	49.1	49.3	47.7	14
FT	4.8	6.9	5.8	5.8	4.9	0
SST	30.8	54	42.9	34.8	43	0
GyA	21.9	13.2	17.2	8.9	8.5	61.2
CF (NMP/100 mL)	1500	430	90	9	4	99.7
Clorofila (mg/m ³)	87	143	295	393	569	-

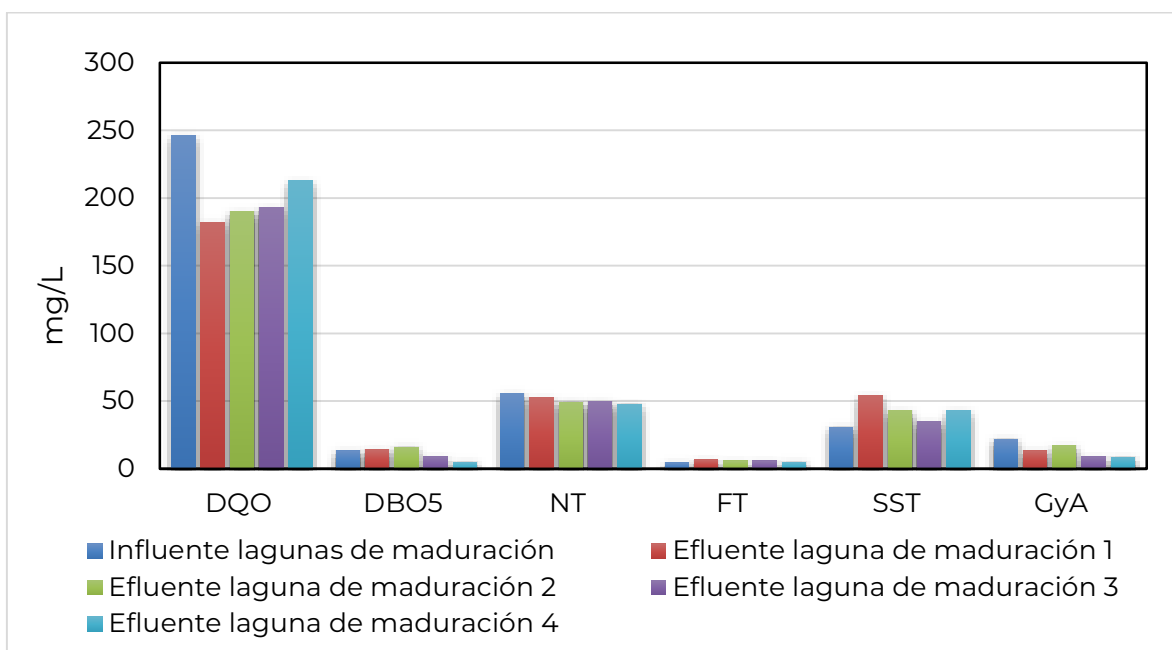


Figura 8.50. Variación de los contaminantes en las lagunas de maduración Sur

Finalmente se evaluó el desempeño de la desinfección sobre la remoción de los contaminantes. En el caso de la DQO, DBO, SST y GyA el proceso de desinfección con cloro incrementó la remoción de estos parámetros. Para el nitrógeno y fósforo no se observó ningún efecto sobre su remoción (Tabla 8.14 y Figura 8.49).

Tabla 8.14. Desempeño de la eficiencia de tratamiento del proceso de desinfección la PTAR de Zaragoza

Parámetro	Efluente lagunas de maduración (mg/L)	Efluente desinfección (mg/L)	Remoción global (%)
DQO	224.5	98.9	60
DBO ₅	7	2	71.4
NT	49.5	46.9	5
FT	5.15	5.8	0
SST	47.15	26	45
GyA	11.6	8.8	24
CF (NMP/100 mL)	4	28	0

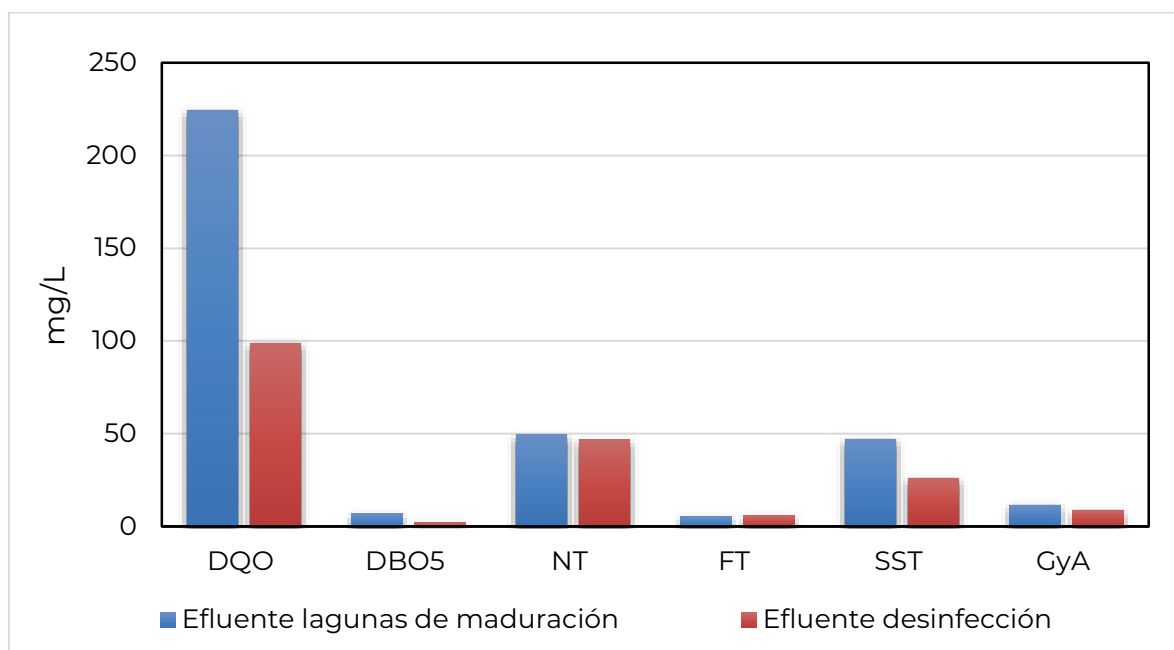


Figura 8.51. Variación de los contaminantes después del proceso de desinfección

- 9. ACTIVIDADES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la evaluación anterior se sugieren realizar las siguientes actividades para mejorar la eficiencia de la PTAR “Zaragoza”.

1. Realizar la habilitación de los desarenadores tipo vórtice. Lo anterior con el fin de evitar y prevenir el azolve de las lagunas parcialmente aireadas y así mejorar la eficiencia de la PTAR evitando una sobre carga de materia orgánica.
2. Realizar un desazolve de las lagunas parcialmente aireadas y lagunas de sedimentación con el objeto de tener un volumen útil de las lagunas adecuado para mantener las condiciones de operación de diseño tales como el TRH y cargas orgánicas.
3. Habilitar constantemente los aireadores superficiales de las lagunas parcialmente aireadas.
4. Mantener los bordos y taludes de las lagunas parcialmente aireadas, de sedimentación y de maduración libre de vegetación, arenas, piedras y otro tipo de material que puede afectar la operación de las lagunas.
5. Habitar las geomembranas de las lagunas de sedimentación para prevenir infiltraciones del agua residual al suelo.
6. Colocar mamparas en las lagunas parcialmente aireadas y de sedimentación con la finalidad de incrementar el TRH y mantener un flujo homogéneo y mezclado evitando zonas muertas en las lagunas.
7. Implementar una serie de mejoras en el sistema de tratamiento terciario ya que se detectaron remociones bajas de los contaminantes. Se debe rehabilitar o hacer una reingeniería del proceso de coagulación-floculación-sedimentación y a hacer pruebas de jarras constantes para seleccionar las dosis adecuadas de los agentes químicos de acuerdo a las características fisicoquímicas del agua residual. Se deben seleccionar tiempos de filtración y retrolavados para mejorar la eficiencia de tratamiento de los filtros. Se debe cambiar los materiales filtrantes de los filtros ya que se encuentran saturados.

Por otro lado se sugiere realizar una capacitación continua a los operadores de la planta para que conozcan mejor el sistema y puedan alertar sobre el mal funcionamiento de la planta. Se sugiere la vinculación con universidades para que estudiantes de licenciatura de

carreras afines realicen tesis o prácticas profesionales en las instalaciones de la planta y con ello dar seguimiento a la operación de la misma.

ANEXO I




FORMATO 11. EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS


Nombre de la PTAR	Mexicali II (Zaragoza)
-------------------	------------------------

Equipo	Mezclador	NOTA: Hay 3 mezcladores en cada una de las lagunas aireadas (LAMP-A: son el A2, A9 y A10, en la LAMP-B: son el B2,B9 y B10 y LAMP-C: son el C2, C8 y C9)
Nombre y/o clave	Agitador	
Ubicación	LAMP-A, LAMP-B Y LAMPC	
Modelo	AIRE-O ₂	
Potencia (HP) o (KW)	50 HP	
Garantía	Si(X) No()	
Año de instalación	2016	
Tiempo de vida útil (años)	10	
Tiempo de uso (Años)	5	
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 4 meses	
Mantenimiento correctivo - Fecha		
Manual de usuario	Si(x) No()	

Equipo	Mezclador	<p>NOTA:</p> <p>LAMP-A: son el A1, A3, A4, A5 ,A6, A7 , A8</p> <p>LAMP-B: Son el B1, B3, B4, B5,B6,B7,B8</p> <p>LAMP-C: son el C1, C3, C4, C5, C6, C7)</p>
Nombre y/o clave	Agitador	
Ubicación	LAMP-A, LAMP-B y LAMP-C	
Modelo	AIRE-O ₂	
Potencia (HP) o (KW)	30 HP	<div>Argentina Argentina desuelto en su sistema</div> 
Garantía	Si(X) No()	
Año de instalación	2016	
Tiempo de vida útil (años)	10	
Tiempo de uso (Años)	5	
Mantenimiento preventivo	Cada 4 meses	
- Veces por año		
- Fecha de último MP		
Mantenimiento correctivo		
- Fecha		
Manual de usuario	Si() No()	


Equipo	SOPLADOR	NOTA: son 32 sopladores en total, son 11 en la LAMP-A, 11 en la LAMP-B y 10 en la LAMP-C
Nombre y/o clave		
Ubicación	LAGUNAS AIREADAS	
Modelo	AIRE-O ₂ TRITON	
Potencia (HP) o (KW)	7.5 HP	
Garantía	Si(X) No()	
Año de instalación	2016	
Tiempo de vida útil (años)	10	
Tiempo de uso (Años)	5	
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 4 Meses	
Mantenimiento correctivo - Fecha		
Manual de usuario	Si(X) No()	

Equipo	BOMBA 3"	NOTA: Son 2 bombas marca Gorman Rup que se utilizan para el bombeo de agua tratada a los clarificadores del tratamiento terciario el motor que utiliza las bombas son de 7.5 HP
Nombre y/o clave		
Ubicación	Tratamiento Terciario	
Modelo	T3 SERIES	
Potencia (HP) o (KW)	7.5 HP	
Garantía	Si() No(x)	
Año de instalación		
Tiempo de vida útil (años)	10 Años	
Tiempo de uso (Años)		NOTA: se anexa el programa anual de mantenimiento
Mantenimiento preventivo		
- Veces por año	Cada 6 meses	
- Fecha de último MP		
Mantenimiento correctivo		
- Fecha		
Manual de usuario	Si() No(X)	

Equipo	BOMBA 2"	NOTA: El motor es un NIDEC Motors de 10 HP y 60 Hz
Nombre y/o clave		
Ubicación	Tratamiento Terciario (Tnq. De Regulación)	
Modelo	5A11L	
Potencia (HP) o (KW)	10 HP	
Garantía	Sí() No(X)	
Año de instalación		
Tiempo de vida útil (años)	10 Años	
Tiempo de uso (Años)		
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 6 meses	
Mantenimiento correctivo - Fecha		
Manual de usuario	Sí() No(X)	

Equipo	BOMBA 2"	Nota: el Motor de la Bomba es un Baldor de 20 HP y 60 Hz
Nombre y/o clave		
Ubicación	Tratamiento Terciario (Tnq. De Regulación)	
Modelo	5A11L	
Potencia (HP) o (KW)	20 HP	
Garantía	Si() No(X)	
Año de instalación		
Tiempo de vida útil (años)	10 años	
Tiempo de uso (Años)		
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 6 meses	
Mantenimiento correctivo - Fecha		
Manual de usuario	Si() No(X)	

Equipo	BOMBA BOOSTER 6"	Nota: Son 2 bombas tipo Booster de 6", con motor de 30 HP y 60 Hz, marca WEG
Nombre y/o clave		
Ubicación	Cloración	
Modelo	C116297-02K01	
Potencia (HP) o (KW)	30 HP	
Garantía	Si() No(X)	
Año de instalación	2008	
Tiempo de vida útil (años)	10 Años	
Tiempo de uso (Años)	13 años	
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 6 meses	
Mantenimiento correctivo - Fecha		
Manual de usuario	Si() No(X)	


Equipo	MOTOR SOPLADOR	NOTA: Son 2 Sopladores, uno en el desarenador Norte y otro mas en el desarenador sur, esta área está fuera de servicio.
Nombre y/o clave		
Ubicación	Desarenador Pretratamiento	
Modelo	W21, Marca WEG	
Potencia (HP) o (KW)	3 HP	
Garantía	Si(X) No()	
Año de instalación		
Tiempo de vida útil (años)	10	
Tiempo de uso (Años)		
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 6 Meses	
Mantenimiento correctivo - Fecha		
Manual de usuario	Si() No(X)	

Equipo	Compactadora
Nombre y/o clave	
Ubicación	Pretratamiento
Modelo	SE-341 51 LAGAN
Potencia (HP) o (KW)	
Garantía	Si() No(X)
Año de instalación	2017
Tiempo de vida útil (años)	10 años
Tiempo de uso (Años)	4 años
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 6 Meses
Mantenimiento correctivo - Fecha	
Manual de usuario	Si(X) No()



Equipo	Motor Compactadora
Nombre y/o clave	
Ubicación	Pretratamiento
Modelo	SK90SP/4 TF Marca NORD
Potencia (HP) o (KW)	4 HP
Garantía	Si() No()
Año de instalación	2017
Tiempo de vida útil (años)	10 años
Tiempo de uso (Años)	4 años
Mantenimiento preventivo - Veces por año - Fecha de último MP	Cada 6 Meses
Mantenimiento correctivo - Fecha	
Manual de usuario	Si() No()



Equipo	Motor de Agitador	NOTA: Son dos Agitadores el del lado Norte y el del Lado sur
Nombre y/o clave		
Ubicación	Desarenador	
Modelo	WWHT3-18-13	
Potencia (HP) o (KW)	3	
Garantía	Si() No(X)	
Año de instalación		
Tiempo de vida útil (años)	10 años	
Tiempo de uso (Años)		
Mantenimiento preventivo <ul style="list-style-type: none"> - Veces por año - Fecha de último MP 	Cada 6 Meses	
Mantenimiento correctivo <ul style="list-style-type: none"> - Fecha 		
Manual de usuario	Si() No(X)	