



**PROGRAMA DE ASISTENCIA TÉCNICA EN AGUA POTABLE
Y SANEAMIENTO NICARAGUA
PROATAS**

INFORME:

**Evaluación de Planta de Tratamiento de Aguas
Residuales de la ciudad de Acoyapa
ENACAL - Delegación Chontales.**

Julio 2021

CONTENIDO

ABREVIATURAS.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ACOYAPA.	6
2.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO.	7
2.2 DATOS BÁSICOS DE DISEÑO.	9
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS AFLUENTES Y EFLUENTES.....	10
3.1 CAUDALES OPERATIVOS MEDIDOS EN LA PTAR.	10
3.2 RESULTADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES POR ETAPA DE TRATAMIENTO.	11
4. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PTAR ACOYAPA	13
4.1 ANALISIS COMPARATIVO DE DATOS OPERACIONALES Y CRITERIOS DE DISEÑO A 2024 EN EL AFLUENTE.....	13
4.2 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR ETAPA DE TRATAMIENTO (DOS MUESTREOS).....	14
4.3 EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN EL EFLUENTE PTAR ACOYAPA.	17
5. COMPROBACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE CALIDAD DE VERTIDO SEGÚN DECRETO 21-2017.....	18
6. CONCLUSIONES.	18
7. ANEXOS.	19
7.1 PARÁMETROS DE SERVICIO DE OPERACION Y DE DISEÑO.....	19
7.2 MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL PTAR ACOYAPA 2019 – 2021.....	20
7.3 MEDICIÓN DE CAUDALES EN PTAR ACOYAPA 2019 - 2021	21

ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: VISTA SATELITAL DE PTAR ACOYAPA.....	6
ILUSTRACIÓN 2: ESQUEMA DE PTAR ACOYAPA.....	6
ILUSTRACIÓN 3: PLANO GENERAL DE PTAR ACOYAPA CONSTRUIDO PARA AÑO 2024.	7
ILUSTRACIÓN 4: COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL DURANTE 24 HORAS.	10
ILUSTRACIÓN 5: CONCENTRACIONES POR ETAPA DE TRATAMIENTO – ANÁLISIS 07/06/2021.....	12
ILUSTRACIÓN 6: VALOR PARAMÉTRICO DE C.F. POR ETAPA DE TRATAMIENTO – ANÁLISIS 07/06/2021.	12
ILUSTRACIÓN 20: CARGA CONTAMINANTE EN AFLUENTE (OPERACION 2021 Y DISEÑO A 2024).	14
ILUSTRACIÓN 21: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO COLIFORMES FECALES.....	15
ILUSTRACIÓN 22: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO ACEITES Y GRASAS.	15

ILUSTRACIÓN 23: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO DBO ₅	15
ILUSTRACIÓN 24: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO DQO.	16
ILUSTRACIÓN 25: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO FÓSFORO TOTAL.	16
ILUSTRACIÓN 26: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO NITRÓGENO TOTAL.	16
ILUSTRACIÓN 27: EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PARÁMETRO SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.	17
ILUSTRACIÓN 28: EVOLUCIÓN DE CAUDALES (M ³ /DÍA) EN DIFERENTES FECHAS. ... FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.	

TABLAS

TABLA 1: INSTALACIONES EN LA LÍNEA DE AGUA.	7
TABLA 2: INSTALACIONES EN LA LÍNEA DE LODO.....	8
TABLA 3: INSTALACIONES EN LA LÍNEA DE BIOGÁS.	8
TABLA 4: HABITANTES, DOTACIONES Y CAUDALES DE DISEÑO.	9
TABLA 5: PROYECCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ESTIMADA EN EL DISEÑO.	9
TABLA 6: CAUDALES MÍNIMO, PROMEDIO Y MÁXIMO DIARIO EN PTAR.	10
TABLA 7: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES.....	11
TABLA 8: CAUDALES, CONCENTRACIONES Y CARGAS OPERACIONALES Y DE DISEÑO EN AFLUENTE.	13
TABLA 9: EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN PORCENTAJE DE CONTAMINANTES POR ETAPA DE TRATAMIENTO.	14
TABLA 10: EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN PORCENTAJE DE CONTAMINANTES EN PTAR.....	17
TABLA 11: CALIDAD DE VERTIDO DEL EFLUENTE Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMA.....	18

Abreviaturas

AyG	Aceites y Grasas
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BMZ	Ministerio Federal Alemán para la Cooperación Económica y el Desarrollo
CA	Carga contaminante Afluente
CAo/CAd	Carga contaminante Afluente Operativo / Carga contaminante Afluente Diseño
C.C.	Carga Contaminante
C.F.	Coliformes fecales
CIDEA	Capacitación, Investigación y Desarrollo Ambiental
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario
EPP	Equipo de Protección Personal
EU	Unión Europea
GIZ	Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit)
IICN	Instituto Interdisciplinario de Ciencias Naturales
l/p/d	Litros por Persona por Día
L.D.	Límite de Detección
N/A	No Aplica
NMP	Número Más Probable
N _T	Nitrógeno total
OyM	Operación y Mantenimiento
PISASH	Programa Integral Sectorial de Agua y Saneamiento Humano
PROATAS	Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento
P _T	Fósforo total
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Q	Caudal
SST	Sólidos Suspendidos Totales
UASB	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

1. Introducción.

A finales de 2015 ENACAL solicitó a la GIZ que se aumente el número de las ciudades del PISASH apoyadas por el PROATAS de 11 a 13, y que se incluyan las ciudades de Bluefields y Bilwi a base de un cofinanciamiento del PROATAS por ENACAL con fondos de AECID y BID. El 6 de diciembre 2016 fue firmado el “Acuerdo de cofinanciamiento” entre ENACAL y GIZ, el 8 de febrero 2017 el BMZ constató formalmente el encargo. En coordinación con entidades donantes (AECID, EU y GIZ). En octubre 2019 se amplió esta intervención a las ciudades de Santo Tomás y Acoyapa, desde una perspectiva técnica en operación, mantenimiento y de sostenibilidad a mediano y largo plazo de las obras.

En el marco del Programa de Asistencia Técnica la Consultora AKUT fue contratada por GIZ-PROATAS como responsable de la ejecución del asesoramiento vinculado al proyecto de “FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES DE LAS DELEGACIONES DE BILWI, BLUEFIELDS, SANTO TOMAS Y ACOYAPA DE ENACAL”¹ como una ampliación a las fases anteriores, y será ejecutada hasta octubre 2021.

- Uno de los resultados de esta fase establece: Existe un estudio independiente para verificar el cumplimiento de la normativa de vertidos que resulta de la operación de las PTAR de Acoyapa, Santo Tomás y Bilwi², resultado dentro de la línea de acción 2 “Operación eficiente de los sistemas de alcantarillado sanitario”.
- En concordancia con lo mencionado y como parte de ese estudio se realiza la presente evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Acoyapa y Santo Tomás.

La evaluación consiste en la caracterización de los afluentes y efluentes de la PTAR del municipio de Acoyapa, el cálculo de eficiencia de remoción por etapa de tratamiento, la comparación de los criterios de diseño y datos operacionales, y la verificación de cumplimiento de decreto 21 – 2017 “Reglamento en el que se establecen las disposiciones para el vertido de aguas residuales”.

Para ello se definieron 2 etapas, la primera en campo que abarcó el monitoreo de calidad de agua por un laboratorio externo a ENACAL con supervisión del equipo técnico de PROATAS y se realizó de la siguiente manera:

- Monitoreo compuesto de 24 horas para los 9 parámetros establecidos en la norma (Decreto 21-2017) sobre la calidad de la descarga de vertidos: caudal, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, aceites y grasas, fósforo total y nitrógeno total.
- Monitoreo puntual para 3 parámetros: coliformes fecales (establecido en la norma, Decreto 21-2017), fitoplancton en las dos lagunas facultativas e hidrocarburos totales en la entrada al sistema.

Y la segunda etapa para efectuar la interpretación y análisis comparativos de los resultados relacionados al diseño primera etapa a 2024 (capacidad construida actualmente), a la eficiencia, al cumplimiento de la normativa y a los procesos de operación.

¹ Términos de referencia para la asesoría en el fortalecimiento de capacidades de las delegaciones de Bilwi, Bluefields, Santo Tomás y Acoyapa de ENACAL en el marco del contratado (AN) AKUT.

² La Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de Bilwi a julio 2021 no está en operación y no forma parte de esta evaluación.

2. Descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Acoyapa.

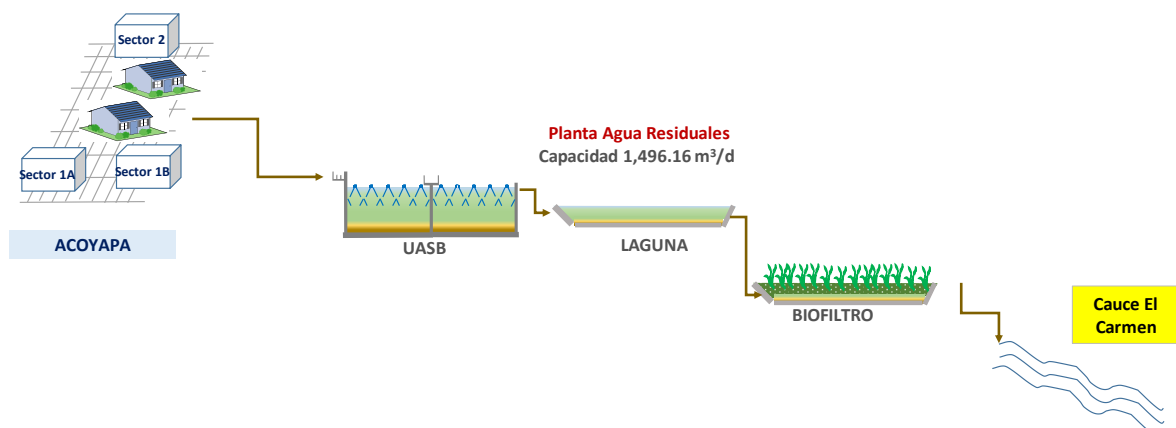
La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales brinda servicio al casco urbano de la ciudad de Acoyapa, se encuentra ubicada en las coordenadas 698963.00 m E, 1321905.00 m N. La PTAR fue diseñada con un horizonte de proyecto al año 2034 con la capacidad de 2,153.44 m³/d, actualmente está construida la primera etapa correspondiente al año 2024 con una capacidad de 1,496.16 m³/d. El objetivo es cumplir con la legislación nacional de vertido. Una vez que el agua residual pasa el proceso de depuración, las aguas tratadas son vertidas al cauce El Carmen.

Ilustración 1: Vista satelital de PTAR Acoyapa.



La PTAR consta de un sistema de pretratamiento (pozo de gruesos, rejillas auto limpiantes, desarenador y canal parshall), tratamiento biológico (UASB), sistema de lagunas facultativas y humedal de flujo abierto (biofiltro). Para tratar los lodos cuenta con sistema de purga por bombeo y lechos de secado. En el UASB se realiza la recolección del biogás, el cual se quema vía antorcha.

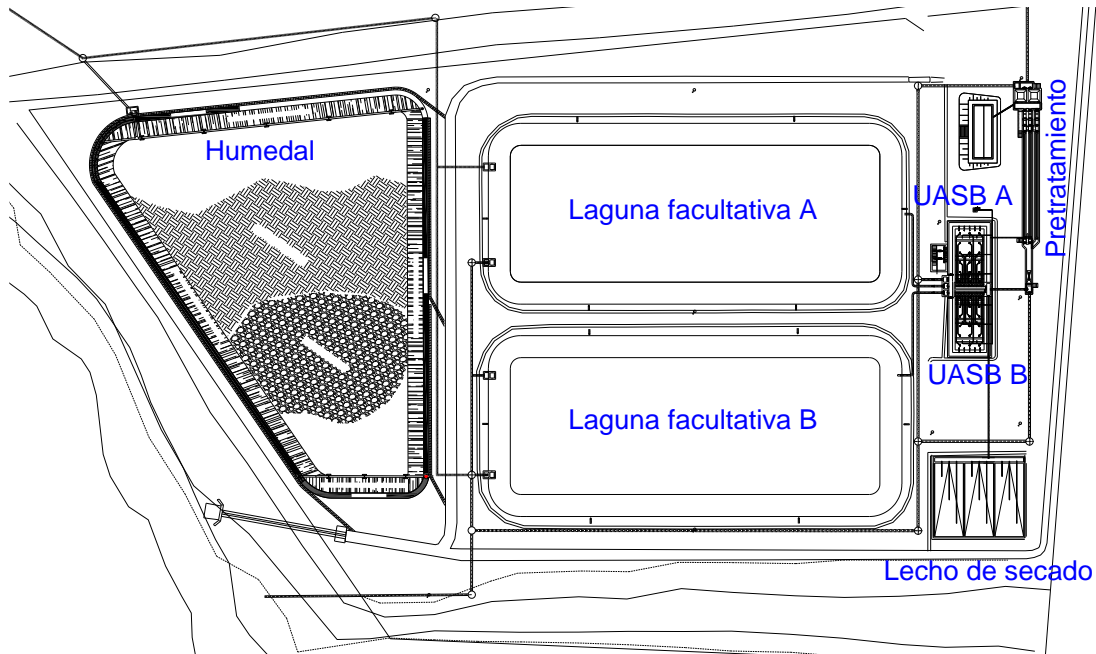
Ilustración 2: Esquema de PTAR Acoyapa.



2.1 Procesos de tratamiento.

A continuación, se indican las características físicas de las instalaciones que conforman los procesos de tratamiento construido para el año 2024, para alcanzar la capacidad de diseño al año 2034 se requiere realizar nuevas construcciones para ampliar la capacidad existente.

Ilustración 3: Plano general de PTAR Acoyapa construido para año 2024.



Línea de agua

Tabla 1: Instalaciones en la línea de agua.

Unidad	Características
Obra de llegada y aliviadero	Tubería de 0.60 m (24 pulgadas) Aliviadero que permite efectuar by-pass general de la PTAR y drenar sobre caudales
Pre-tratamiento	<p><u>Pozo de gruesos</u> Cantidad: 2 unidades Dimensiones: 2.25 m. de longitud, 2.25 m. de anchura y en la parte superior; 1.25 m. de longitud, 1.22 m. de anchura y 0.50 m. de profundidad en la parte inferior. Los pozos en el fondo forman una pendiente de 45° hacia el interior Área superficial unitario: 5.0625 m² Volumen útil unitario: 4.06 m³ Equipos de apoyo: Compuertas manuales</p> <p><u>Tamiz mecánico</u> Cantidad: 2 unidades Marca HUBER, modelo Rotomat® Micro Strainer Ro9, con un pazo de luz de 6 mm. Equipos de apoyo: Sistema hidroneumático</p> <p><u>Desarenador – desengrasador</u> Cantidad: 2 cámaras Dimensiones: 20 m. de longitud, 0.50 m. de ancho, 0.671 m de altura útil y 0.95 m. de altura total Área transversal unitario: 0.27 m² Volumen útil unitario: 5.4 m³</p>

Unidad	Características
	Equipos de apoyo: Compuertas manuales <u>Medidor de caudal</u> Canal parshall con ancho de garganta de 15.2 cm.
Reactores UASB	Cantidad: 2 unidades Dimensiones: 11.05 m. de largo, 5.52 m. de ancho y 5 m. de profundidad útil Área superficial unitario: 61 m ² Volumen útil unitario: 304.98 m ³ Equipo de apoyo: Un sistema de alimentación por un canal de reparto mediante vertederos; tuberías que introducen el efluente al fondo del reactor; en la zona superior del tanque, tubería superficial perforadas para recolección del afluente; y las campanas para la captación del biogás
Lagunas facultativas	Cantidad: 2 unidades Dimensiones: 77 m. de largo y 32.5 m. de ancho en la parte superior; m. de 70.60 largo y 26.10 m. de ancho en la parte inferior; y 1.5 m de profundidad útil Área superficial unitario: 2,502.5 m ² Volumen unitario: 3,243.51 m ³
Humedal horizontal de flujo superficial	Cantidad: 1 unidad Dimensiones: trapecio irregular Área superficial: 3,285.082 m ²
Vertido al cauce receptor	A través de una tubería de 0.3 m (12 pulgadas) con su válvula check y protección de cabezal

Línea de lodo

Tabla 2: Instalaciones en la línea de lodo.

Unidad	Características
Bombas de lodos de los UASB	<u>Bombas</u> Cantidad: 2 unidades Marca Netzch Pumps & Systems, modelo Nemo. Tipo de desplazamiento positivo Caudal: 10 m ³ /h CTD: 5 mca <u>Tubería de impulsión</u> Material: polietileno de alta densidad Diámetro: 100 mm.
Lechos de secado	Cantidad: 3 unidades protegidas por techo Dimensiones: 14 m. de largo, 5.5 m. de ancho y altura 0.37 m Canal de lixiviado: hacia los reactores UASB

Línea de biogás

Tabla 3: Instalaciones en la línea de biogás.

Unidad	Características
Recolectora de biogás	Diámetro de la tubería: 5 cm (2 pulgadas) de acero inoxidable
Sistema de quemado de biogás	Cantidad: 1 unidad, marca: Fokal Componentes: Válvula de alivio de presión, Sello hidráulico, Apaga llamas de 6 pulgadas, Panel de control, Antorcha Equipo de apoyo: tubería de alimentación de agua para sello hidráulico y válvula de alivio

2.2 Datos básicos de diseño.

La PTAR Acoyapa se diseñó con año base 2014 y un horizonte de proyecto al año 2034, y la construcción se ha realizado para la primera etapa correspondiente al año 2024. En la **Tabla 4** y **Tabla 5** se indican los datos básicos de diseño³.

Tabla 4: Habitantes, dotaciones y caudales de diseño.

Descripción	U.M.	2,014	2,021	2,024	2,034
Habitantes	Hab.	9,884	11,749	12,653	16,197
Conexiones	c/u	1,938	2,304	2,481	3,176
Dotaciones de agua residual	L/hab/d	105.30	119.29	118.25	132.95
DBO ₅	g/hab/d	46.5	46.5	46.5	46.5
DQO	g/hab/d	93.0	93.0	93.0	93.0
SST	g/hab/d	53.5	53.5	53.5	53.5
NT	g/hab/d	9.3	9.3	9.3	9.3
PT	g/hab/d	1.6	1.6	1.6	1.6
Q medio diario	m ³ /d	1,040.83	1,401.51	1,496.16	2,153.44
Q medio horario	m ³ /h	43.37	58.40	62.34	89.73
Q máximo	m ³ /h	104.71	141.81	150.63	214.06

Tabla 5: Proyección de la contaminación estimada en el diseño.

Agua cruda	U.M.	2,014	2,021	2,024	2,034
DBO ₅	kg/d	459.61	546.33	588.36	753.16
	mg/L	441.58	389.81	393.25	349.75
SST	kg/d	528.79	628.57	676.94	866.54
	mg/L	508.05	448.50	452.45	402.40
DQO	kg/d	919.21	1,092.66	1,176.73	1,506.32
	mg/L	883.15	779.63	786.50	699.50
N _T	kg/d	91.92	109.27	117.67	150.63
	mg/L	88.32	77.96	78.65	69.95
P _T	kg/d	15.81	18.80	20.24	25.92
	mg/L	15.19	13.41	13.53	12.03
C.F.	NMP / 100mL	1.00E+07	1.00E+07	1.00E+07	1.00E+07

³ Fuente: "Diseños finales del sistema de alcantarillado sanitario de Acoyapa, Departamento de Chontales. Documento No. 1: Memoria y anexos".

3. Caracterización de los afluentes y efluentes.

3.1 Caudales operativos medidos en la PTAR.

En la **Ilustración 4** se puede ver la medición de caudales en l/s que inició el día lunes 07/06/2021 a las 10 am y finalizó el día martes 08/07/2021, ver datos. Y los resultados de caudal mínimo = 2.64 l/s (228.33 m³/d), caudal promedio = 4.92 l/s (425.35 m³/d) y caudal máximo = 9.25 l/s (798.89 m³/d), se indican en la **Tabla 6**.

Ilustración 4: Comportamiento del caudal durante 24 horas.

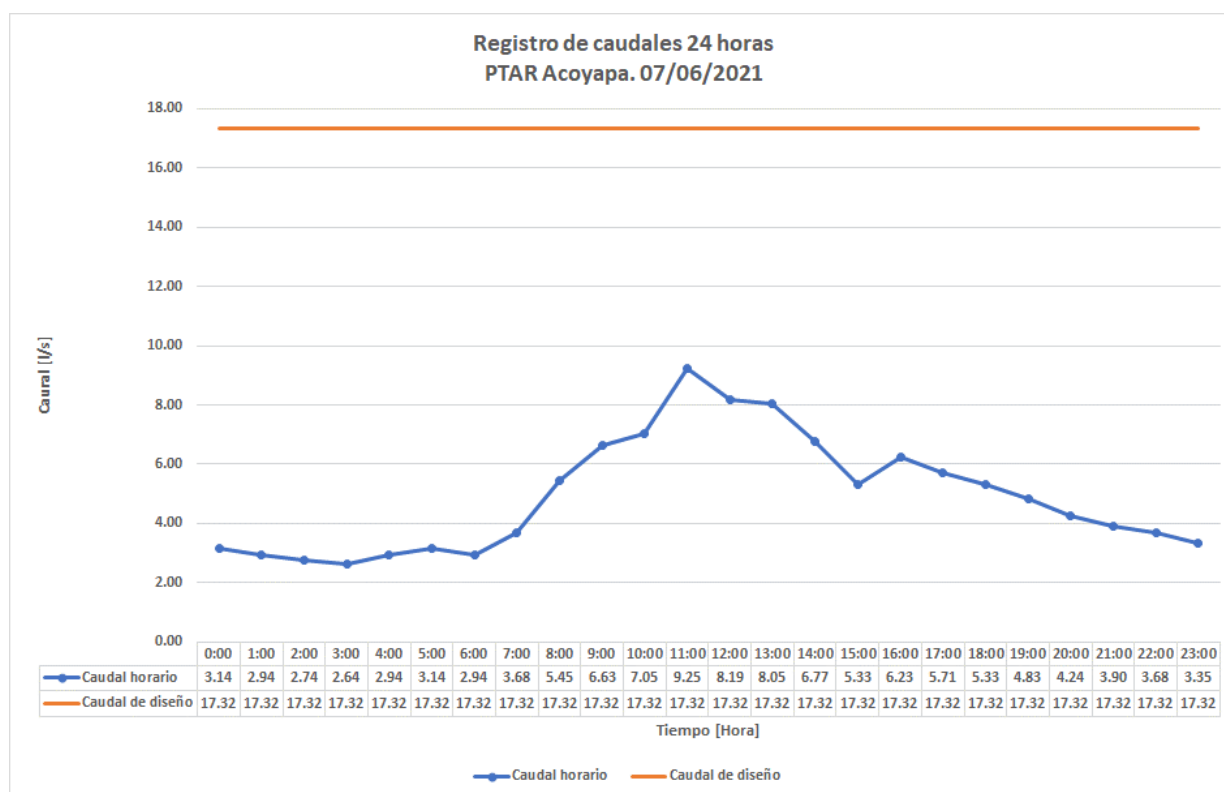


Tabla 6: Caudales mínimo, promedio y máximo diario en PTAR.

Caudal	U.M.	Operativo (2,021)	Diseño (2,024)	%
Mínimo	[l/s]	2.64	10.39	25
	[m ³ /d]	228.33	897.70	
Promedio	[l/s]	4.92	17.32	28
	[m ³ /d]	425.35	1,496.16	
Máximo	[l/s]	9.25	41.84	22
	[m ³ /d]	798.89	3,615.12	

3.2 Resultado de análisis de calidad de aguas residuales por etapa de tratamiento.

Los parámetros analizados son los indicados en el decreto 21-2017, y en el muestreo del 07.06.2021 se analizaron hidrocarburos en la entrada a PTAR y fitoplancton en las lagunas facultativas (como microorganismos foto sintetizadores). En la **Tabla 7** se muestran los resultados de los análisis realizados.

Tabla 7: Resultados de análisis de calidad de aguas residuales.

Parámetro	U. M.	Laboratorio	Fecha	Afluente	Entrada UASB	Entrada Laguna	Entrada Humedal	Efluente	Decreto 21-2017
Coliformes fecales	NMP/100mL	ENACAL / IICN	03/12/2019	1.70E+08	1.10E+07	7.90E+06	7.90E+04	4.90E+04	1.00E+05
		CIDEA / GIZ	22/06/2021	1.60E+06	1.60E+06	1.60E+06	4.90E+04	3.30E+04	
Aceites y grasas	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	23	20	12	9	9	20
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	<10	<10	<10	<10	<10	
DBO ₅	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	118	105	62	32	8	110
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	148.6	162.8	84.4	125.8	59.8	
DQO	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	234.8	222.07	153.21	234.82	25.16	220
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	347	165	148	231	125	
Fósforo total	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	3.75	4.06	3.59	2.64	2.17	15
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	4.78	4.74	5.05	4.34	4.43	
Nitrógeno total	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	22.65	23.87	25.11	3.43	10.22	45
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	30.9	30.72	31.76	25.16	20.14	
pH	-	ENACAL / IICN	03/12/2019	7.18	-	-	-	7.71	6 – 9
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	6.71	6.83	6.84	7.25	7.07	
Sólidos sedimentables	mL/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	1.21	0.5	0.93	0	0	1
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	85	54	41	90	8	100
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	63	47	<10	16	<10	

Parámetro	U. M.	Laboratorio	Fecha	Afluente	Decreto 21-2017
Hidrocarburos	µg/L	CIDEA / GIZ	08/06/2021	8.40	No esp.
Fito Plancton	Ind/L	CIDEA / GIZ	08/06/2021	Cyanophyta Oscillatoria limosa: 100533 Planktolyngbya sp: 7137866 Merismopedia tenuissima: 1912344813 Chlorophyta Monoraphidium komarkovae: 100533 Bacillariophyta Gomphonema sp: 25133 Euglenophyta Nitzschia sp: 50267	No esp.

Ilustración 5: Concentraciones por etapa de tratamiento – Análisis 07/06/2021.

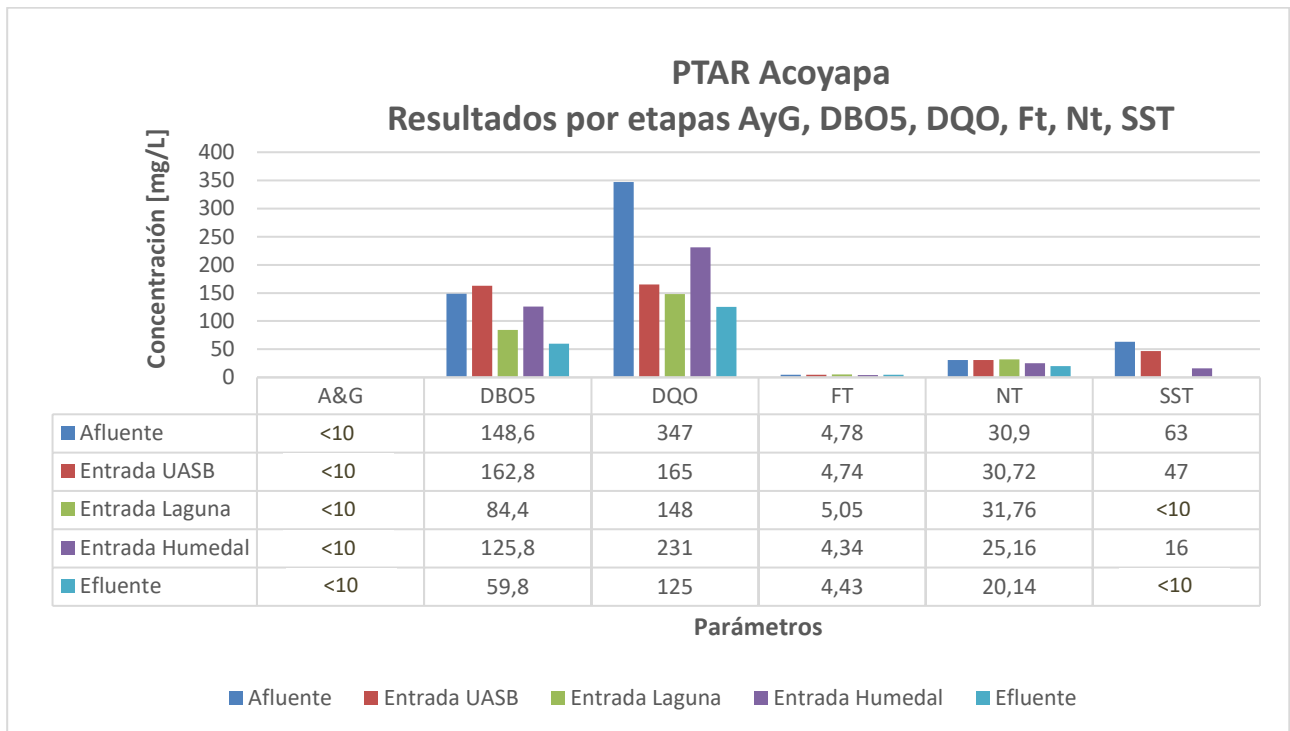
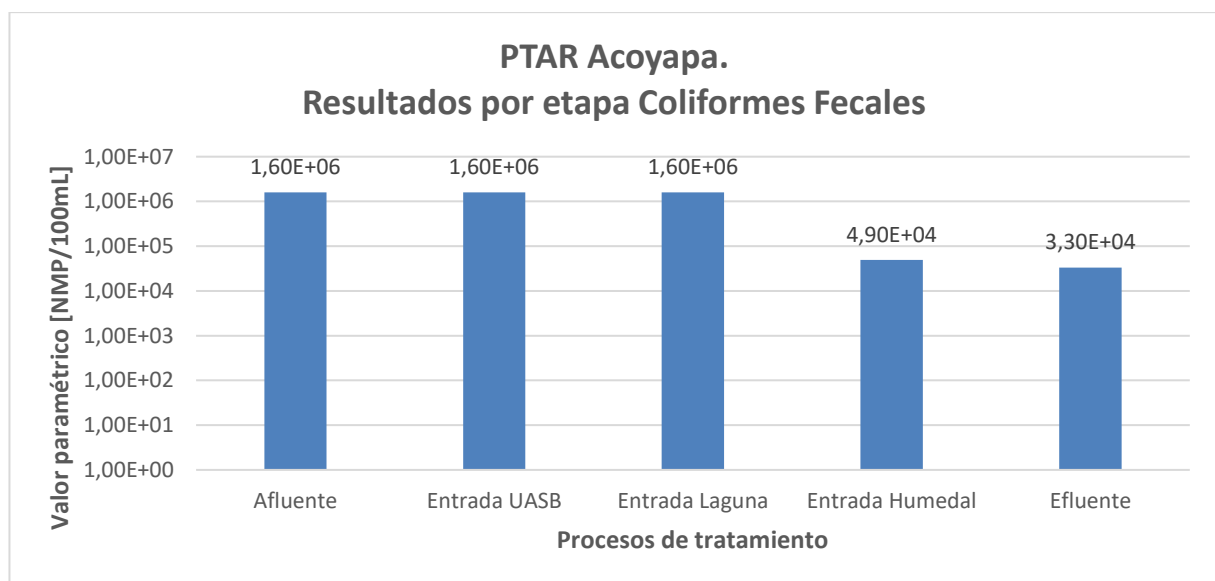


Ilustración 6: Valor paramétrico de C.F. por etapa de tratamiento – Análisis 07/06/2021.



4. Evaluación de la eficiencia de la PTAR Acoyapa

4.1 Análisis comparativo de datos operacionales y criterios de diseño a 2024 en el afluente.

En la **Tabla 8** se muestra los datos de operación obtenidos en junio 2021 y la proyección de la contaminación esperada en diseño al 2024 (capacidad actual construida) y su relación en porcentaje de la capacidad alcanzada.

Desde el ámbito hidráulico la PTAR está operando al 28% de su caudal medio de capacidad instalada; desde el ámbito contaminante la capacidad de operación depende del parámetro a comparar.

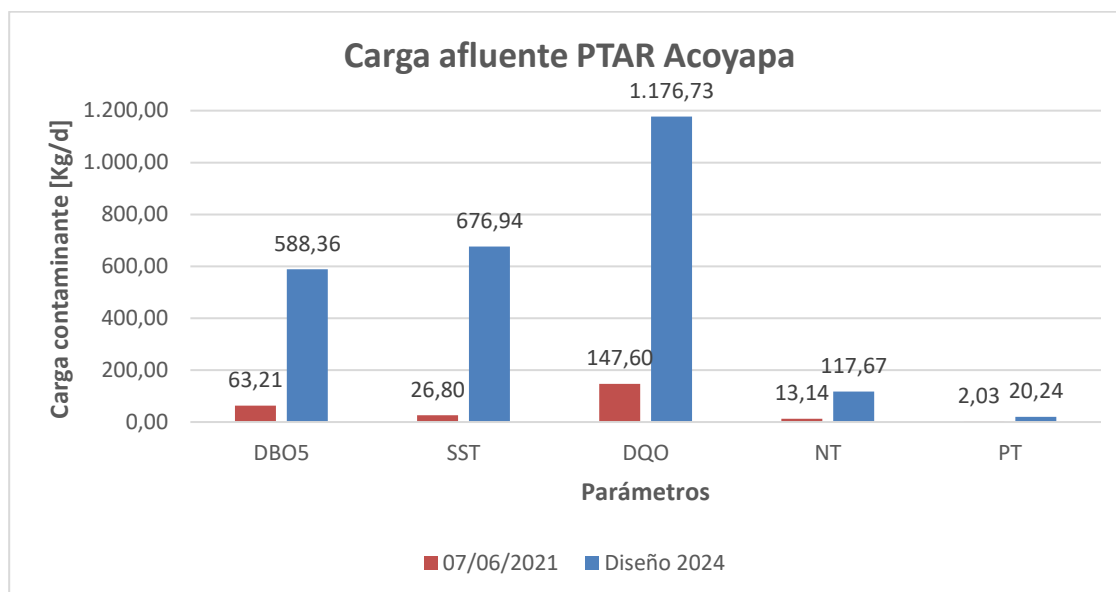
Los factores que influyen en el caudal son las conexiones efectivas conectadas a las redes de alcantarillado sanitario y su aporte de aguas residuales a la PTAR:

- El diseño del proyecto contemplaba 2,304 conexiones al año 2021 (ver tabla 4)
- A junio 2021 existe capacidad para 1,474 conexiones (Total de cajas de registro construidas)
- Actualmente a junio 2021 existen 907 conexiones efectivas
- El caudal de aporte actual de aguas residuales es 91.95 l/p/d, siendo el caudal de diseño estimado al 2021 de 119.29 l/p/d.

Tabla 8: Caudales, concentraciones y cargas operacionales y de diseño en afluente.

Parámetro	U.M.	Dato operacional	Diseño 2024	%
Conexiones	Nº	907	2,481	37
Qmedio	m ³ /d	425.35	1,496.16	28
	m ³ /h	17.72	62.34	
Qmáximo	m ³ /d	798.89	3,615.12	22
	m ³ /h	33.29	150.63	
DBO₅	kg/d	63.21	588.36	11
	mg/L	148.60	393.25	38
SST	kg/d	26.80	676.94	4
	mg/L	63.00	452.45	14
DQO	kg/d	147.60	1,176.73	13
	mg/L	347.00	786.50	44
N_T	kg/d	13.14	117.67	11
	mg/L	30.90	78.65	39
P_T	kg/d	2.03	20.24	10
	mg/L	4.78	13.53	35
C.F.	NMP/100mL	1.60E+06	1.00E+07	

Ilustración 7: Carga contaminante en afluente (operación 2021 y diseño a 2024).



4.2 Eficiencia de remoción de contaminantes por etapa de tratamiento (dos muestreos)

En la Tabla 9 se indica la eficiencia de remoción de contaminantes por etapa de tratamiento en dos fechas de muestreo. Para la toma de muestra de 07/06/2021, los resultados para los parámetros de aceites y grasas, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales son menores al límite de detección, por lo cual no se calculan las eficiencias de remoción.

Tabla 9: Eficiencia de remoción en porcentaje de contaminantes por etapa de tratamiento.

Parámetro	Realizado por	Fecha	Eficiencias			
			Pretratamiento	UASB	Lagunas	Humedal
Coliformes fecales	ENACAL / IICN	03/12/2019	94%	28%	99%	38%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	0%	0%	97%	33%
Aceites y grasas	ENACAL / IICN	03/12/2019	13%	40%	25%	0%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	-	-	-	-
DBO ₅	ENACAL / IICN	03/12/2019	11%	41%	48%	75%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	-10%	48%	-49%	52%
DQO	ENACAL / IICN	03/12/2019	5%	31%	-53%	89%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	52%	10%	-56%	46%
Fósforo total	ENACAL / IICN	03/12/2019	-8%	12%	26%	18%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	1%	-7%	14%	-2%
Nitrógeno total	ENACAL / IICN	03/12/2019	-5%	-5%	86%	-198%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	1%	-3%	21%	20%
Sólidos sedimentables	ENACAL / IICN	03/12/2019	59%	-86%	100%	-
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	100%	-	-	-
Sólidos suspendidos totales	ENACAL / IICN	03/12/2019	36%	24%	-120%	91%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	25%	-	-	100%

Ilustración 8: Eficiencia de remoción de parámetro Coliformes fecales.

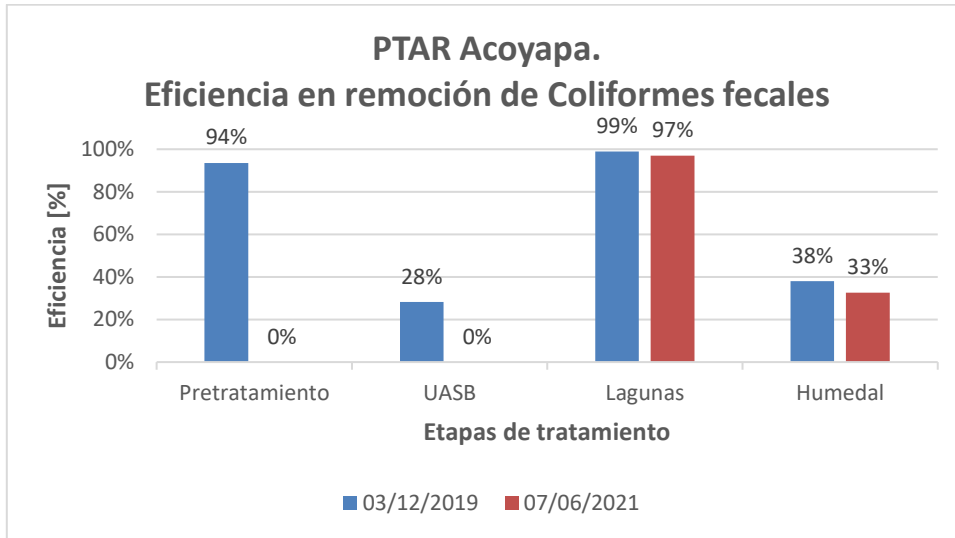


Ilustración 9: Eficiencia de remoción de parámetro Aceites y grasas.

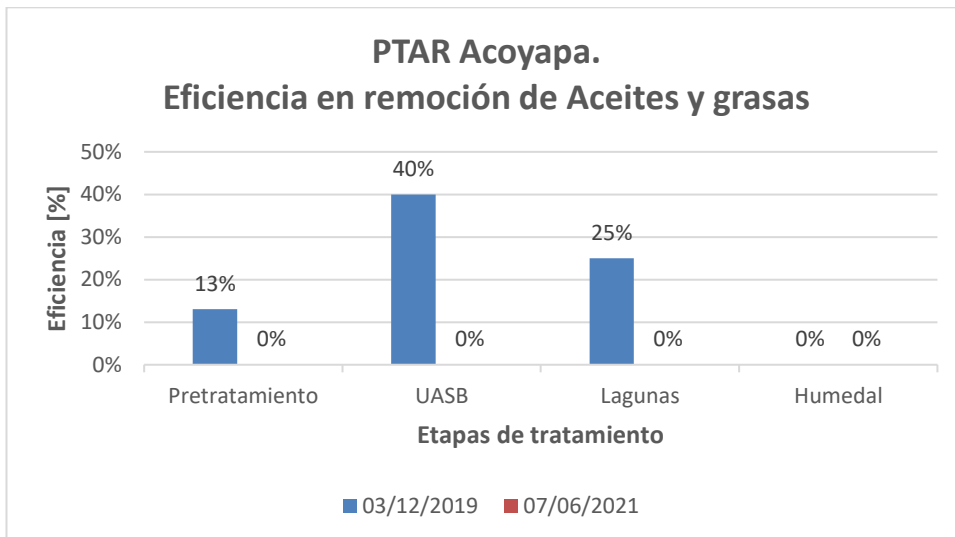


Ilustración 10: Eficiencia de remoción de parámetro DBO₅.

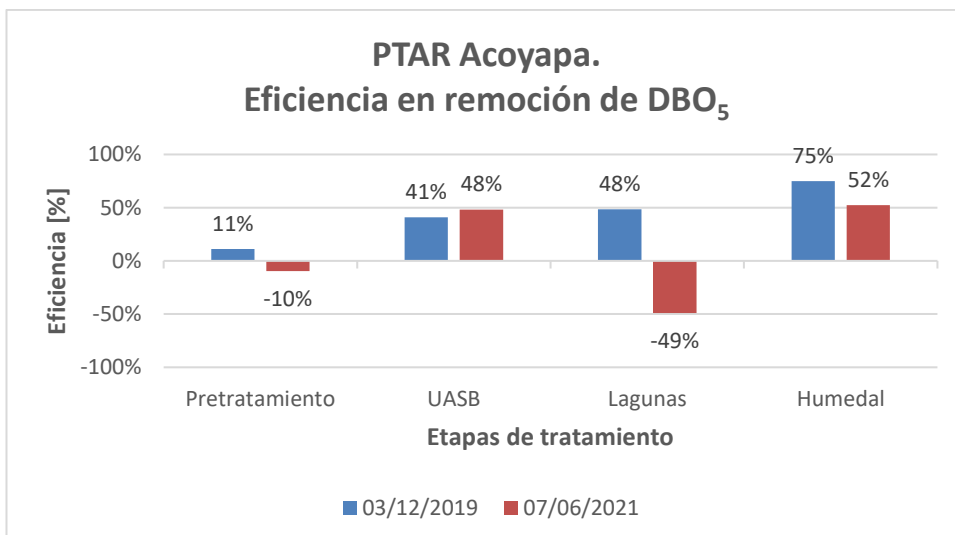


Ilustración 11: Eficiencia de remoción de parámetro DQO.

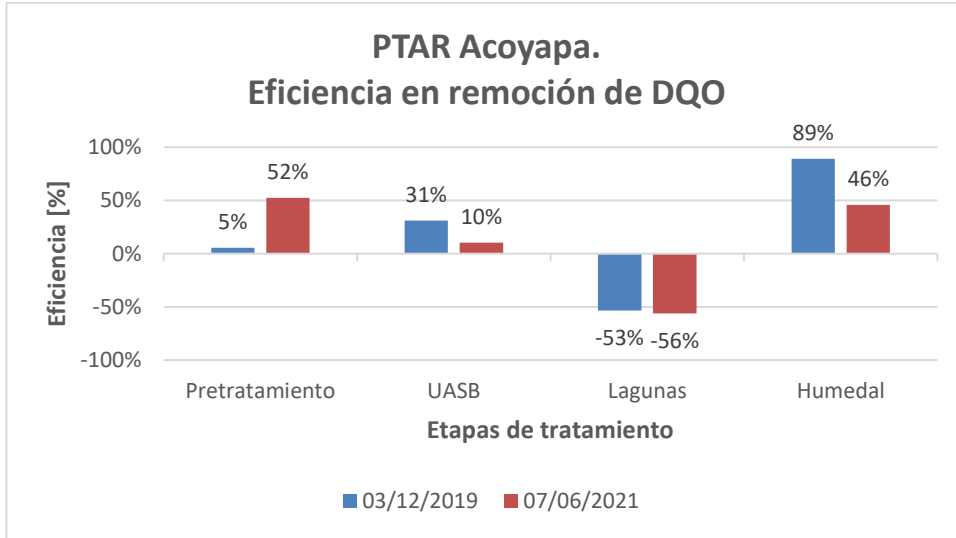


Ilustración 12: Eficiencia de remoción de parámetro Fósforo total.

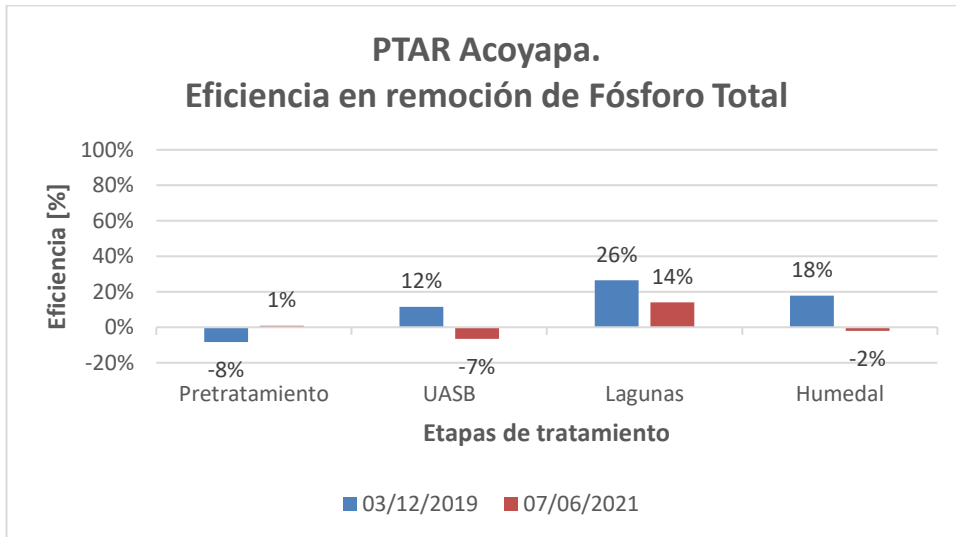


Ilustración 13: Eficiencia de remoción de parámetro Nitrógeno total.

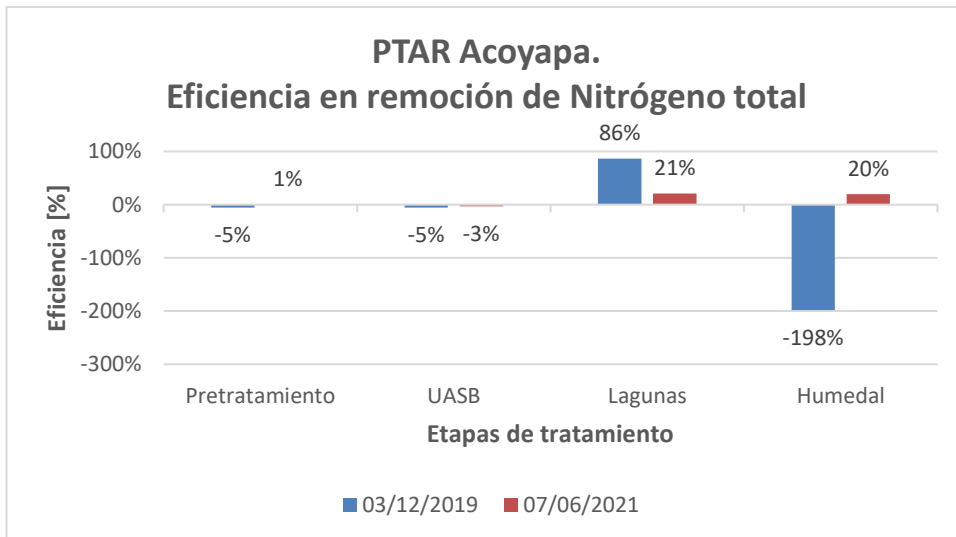
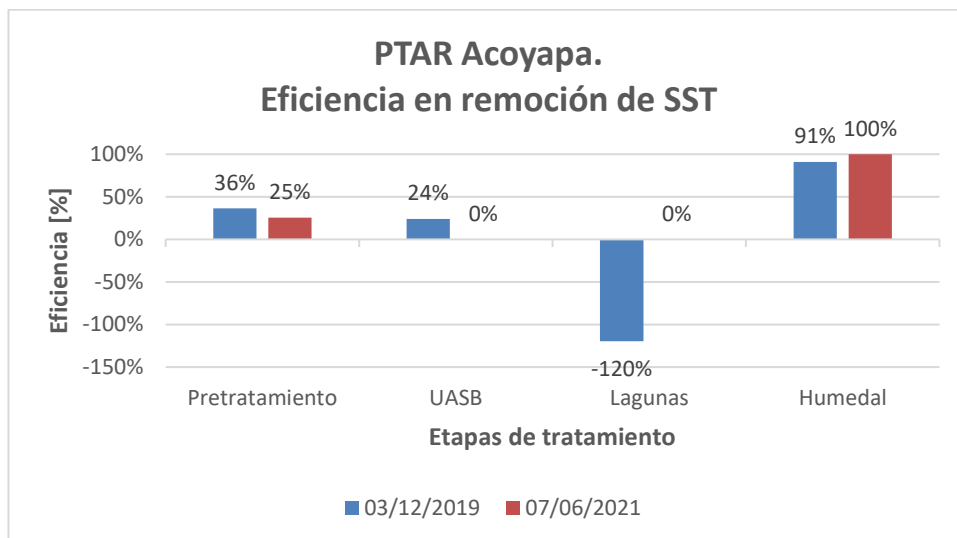


Ilustración 14: Eficiencia de remoción de parámetro Sólidos suspendidos totales.



4.3 Eficiencia de remoción de contaminantes en el efluente PTAR Acoyapa.

Tabla 10: Eficiencia de remoción en porcentaje de contaminantes en PTAR.

Parámetro	Realizado por	Fecha	Eficiencias
			PTAR
Coliformes fecales	ENACAL / IICN	03/12/2019	99.97%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	97.94%
Aceites y grasas	ENACAL / IICN	03/12/2019	61%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	-
DBO ₅	ENACAL / IICN	03/12/2019	93%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	60%
DQO	ENACAL / IICN	03/12/2019	89%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	64%
Fósforo total	ENACAL / IICN	03/12/2019	42%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	7%
Nitrógeno total	ENACAL / IICN	03/12/2019	55%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	35%
Sólidos sedimentables	ENACAL / IICN	03/12/2019	100%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	100%
Sólidos suspendidos totales	ENACAL / IICN	03/12/2019	91%
	CIDEA / GIZ	07/06/2021	100%

5. Comprobación de cumplimiento de calidad de vertido según decreto 21-2017.

Tabla 11: Calidad de vertido del efluente y cumplimiento de la norma.

Parámetro	U.M.	Dato operacional	Decreto 21-2017	Cumplimiento
C.F	NMP/100mL	3.30E+04	1.00E+05	Si
Aceites y grasas	mg/L	0.00	20	Si
DBO ₅	mg/L	59.80	110	Si
DQO	mg/L	125.00	220	Si
P _T	mg/L	4.43	15	Si
N _T	mg/L	20.14	45	Si
pH	-	7.07	6 - 9	Si
SS	mL/L	0.00	1	Si
SST	mg/L	0.00	100	Si

Según los valores obtenidos de los análisis de cada parámetro contenido en la norma de vertidos la **PTAR de Acoyapa Cumple con el decreto 21/2017**

6. Conclusiones.

Los análisis de calidad del agua residual realizados indican que la PTAR cumple con la legislación vigente de calidad de vertidos en todos los parámetros (ver tabla 11).

Las 907 conexiones efectivas a junio 2021 representan el 61.53% del total de 1,474 conexiones factibles construidas (1,005 en la primera etapa y 469 en la segunda etapa del proyecto).

El caudal esperado con todas las conexiones construidas a la fecha (1,474) sería de 692.8 m³/d, equivalente al 46.30 % del caudal de diseño a 2024 (1,496.16 m³/d).

El caudal promedio operativo actual es 425.35 m³/d, para 907 conexiones efectivas (ver tabla 9), lo que indica un aporte de 0.47 m³/d/conexión. Lo cual permite concluir que la PTAR está trabajando al 28% de su capacidad de volumen de tratamiento. Haciendo una proyección en base a estos datos, esta planta estaría en capacidad de recibir 3,183 conexiones (aprox. 1,700 adicionales).

Las cargas contaminantes aún se encuentran por debajo de las cargas de diseño, siendo el parámetro de DQO en kg/día que tiene el mayor valor porcentual con 13% (ver tabla 9).

Los parámetros de servicios operacionales están dentro de los criterios de diseño, en las diferentes etapas (a excepción del humedal de flujo superficial)

La eficiencia de remoción por cada etapa es variable según el proceso y los parámetros a depurar, por ejemplo, en el UASB se presenta buena remoción de la materia orgánica biodegradable y prácticamente ninguna eficiencia de remoción para nutrientes (N y P); y bajas eficiencias de remoción de los coliformes fecales. En las lagunas facultativas, buena remoción de coliformes, pero la remoción de carga orgánica y sólidos suspendidos totales se ven afectadas por la influencia de las algas a la salida.

7. Anexos.

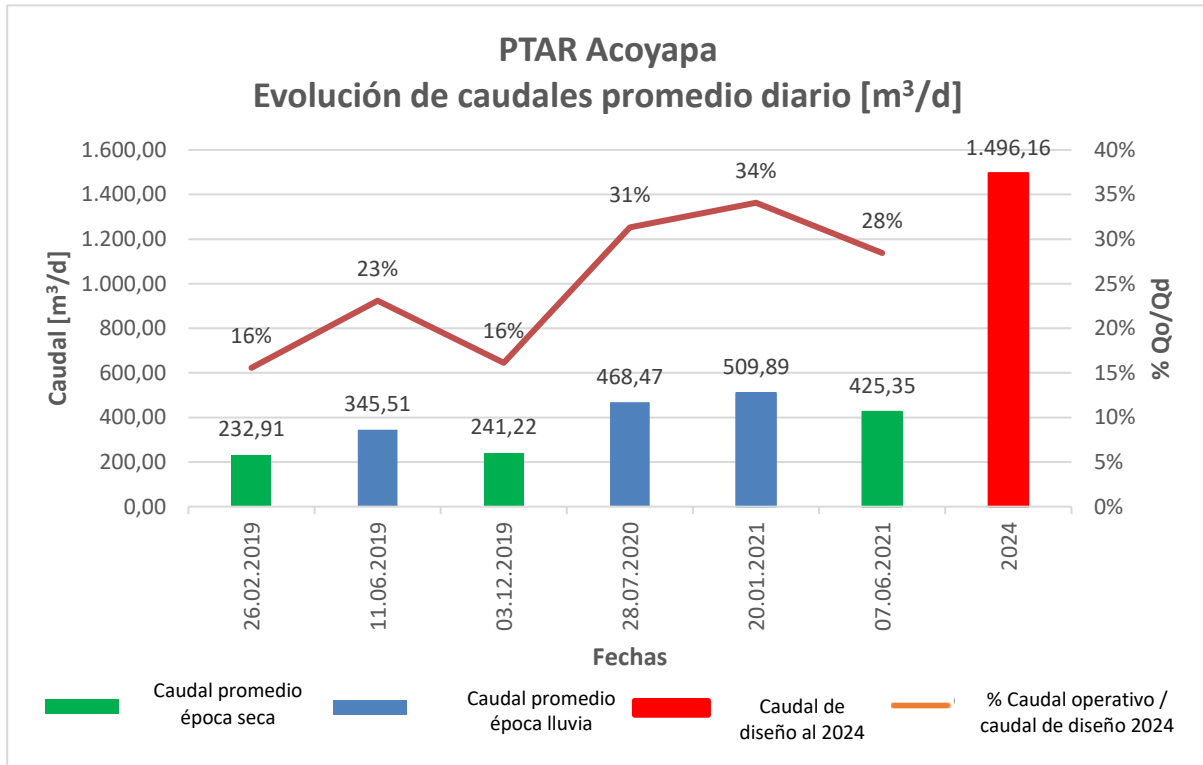
7.1 Parámetros de servicio de operación y de diseño.

Parámetro de servicio	U.M.	Dato operacional	Diseño 2024	Observación
Pozo de grueso				
TRH	min	14.64	1.63	Con $Q_{m\acute{a}x}$ Funcionando 1
		27.49	3.95	Con $Q_{promedio}$ Funcionando 1
Carga superficial	m ³ /m ² /h	3.29	29.75	Con $Q_{m\acute{a}x}$ Funcionando 1
		1.75	12.31	Con $Q_{promedio}$
Desarenador				
Velocidades	m/s	0.017	0.3	Con $Q_{m\acute{a}x}$ Funcionando 1
		0.009	0.124	Con $Q_{promedio}$
		0.0049	0.074	Con $Q_{m\acute{m}n}$
TRH	min	19.47	1.11	Con $Q_{m\acute{a}x}$
		36.56	2.68	Con $Q_{promedio}$
		68.11	2.69	Con $Q_{m\acute{m}n}$
UASB				
TRH	h	18.32	4.05	Con $Q_{m\acute{a}x}$
		34.42	9.78	Con $Q_{promedio}$
Carga orgánica	Kg DQO/m ³ /d	0.12	1.93	
Carga superficial	m ³ /m ² /h	0.27	1.23	Con $Q_{m\acute{a}x}$
		0.15	0.51	Con $Q_{promedio}$
Velocidad Ascensional	m/h	0.27	1.23	Con $Q_{m\acute{a}x}$
		0.15	0.5	Con $Q_{promedio}$
Lagunas facultativas				
TRH	d	15.25	5	
Carga orgánica volumétrica	Kg DBO ₅ /m ³ /d	0.006	350	
Carga superficial	Kg DBO ₅ /Ha/d	71.73	348.44	
Humedal de flujo superficial				
TRH	d	4.63	2 - 15	
Carga superficial	Kg DBO ₅ /Ha/d	162.88	< 112	

7.2 Medición de los parámetros de calidad del agua residual PTAR Acoyapa 2019 – 2021.

Parámetro	U. M.	Laboratorio	Fecha	Afluente	Entrada UASB	Entrada Laguna	Entrada Humedal	Efluente	Decreto 21-2017
Coliformes fecales	NMP/100mL	ENACAL	26/02/2019	9.40E+07	-	6.40E+06	-	0.00E+00	1.00E+05
		ENACAL	11/06/2019	2.40E+07	-	1.30E+07	8.85E+05	3.30E+04	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	1.70E+08	1.10E+07	7.90E+06	7.90E+04	4.90E+04	
		ENACAL	28/07/2020	1.30E+08				7.90E+05	
		ENACAL	20/01/2021	1.60E+09				2.40E+05	
		CIDEA / GIZ	22/06/2021	1.60E+06	1.60E+06	1.60E+06	4.90E+04	3.30E+04	
Aceites y grasas	mg/L	ENACAL / IICN	03/12/2019	23	20	12	9	9	20
		ENACAL	28/07/2020	63				3	
		ENACAL	20/01/2021	58.1				0	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	
DBO ₅	mg/L	ENACAL	26/02/2019	73	-	58	21.5	29	110
		ENACAL	11/06/2019	67	-	82.5	26	18	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	118	105	62	32	8	
		ENACAL	28/07/2020	215				4	
		ENACAL	20/01/2021	-				-	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	148.6	162.8	84.4	125.8	59.8	
DQO	mg/L	ENACAL	26/02/2019	209	-	159	207.5	120	220
		ENACAL	11/06/2019	125	-	168.5	49	38	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	234.8	222.07	153.21	234.82	25.16	
		ENACAL	28/07/2020	532				69	
		ENACAL	20/01/2021	334.5				63	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	347	165	148	231	125	
Fósforo total	mg/L	ENACAL	26/02/2019	1.23	-	-	-	1.91	15
		ENACAL	11/06/2019	1.86	-	-	-	3.12	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	3.75	4.06	3.59	2.64	2.17	
		ENACAL	28/07/2020	5.95				5.95	
		ENACAL	20/01/2021	3.49				4.83	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	4.78	4.74	5.05	4.34	4.43	
Nitrógeno total	mg/L	ENACAL	26/02/2019	12.32	-	-	-	0.55	45
		ENACAL	11/06/2019	12.06	-	-	-	2.67	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	22.65	23.87	25.11	3.43	10.22	
		ENACAL	28/07/2020	27.35				16.93	
		ENACAL	20/01/2021	-				-	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	30.9	30.72	31.76	25.16	20.14	
pH	-	ENACAL	11/06/2019	-	-	-	-	-	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	7.18				7.71	
		ENACAL	28/07/2020						
		ENACAL	20/01/2021						
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	6.71	6.83	6.84	7.25	7.07	
Sólidos sedimentables	mL/L	ENACAL	26/02/2019	2	-	-	-	0	1
		ENACAL	11/06/2019	1	-	-	-	0	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	1.21	0.5	0.93	0	0	
		ENACAL	28/07/2020	5				0	
		ENACAL	20/01/2021	8.5				0	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	0.3	<L.D.	<L.D.	<L.D.	<L.D.	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	ENACAL	26/02/2019	59	-	42	58	51	100
		ENACAL	11/06/2019	20	-	14	28	48	
		ENACAL / IICN	03/12/2019	85	54	41	90	8	
		ENACAL	28/07/2020	27.4				2	
		ENACAL	20/01/2021	47.44				14	
		CIDEA / GIZ	07/06/2021	63	47	<L.D.	16	<L.D.	

7.3 Medición de caudales en PTAR Acoyapa 2019 - 2021⁴.



⁴ ENACAL realiza dos muestreos de calidad por año, en periodo seco y periodo lluvioso.