



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES “LAURELES” UBICADO EN LA PARROQUIA  
SANTA ANA DEL CANTÓN CUENCA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: MARIA BELEN VINTIMILLA HERBAS**

**DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS**

**CUENCA-ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES “LAURELES” UBICADO EN LA PARROQUIA SANTA  
ANA DEL CANTÓN CUENCA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: MARÍA BELÉN VINTIMILLA HERBAS**

**DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO MATOVELLE BUSTOS**

**CUENCA – ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARACIÓN

Yo, **María Belén Vintimilla Herbas** portador de la cédula de ciudadanía N° **0104631072**. Declaro ser el autor de la obra: **“EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES “LAURELES” UBICADO EN LA PARROQUIA SANTA ANA DEL CANTÓN CUENCA”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 28 de julio de 2022



**María Belén Vintimilla Herbas**

**ESTUDIANTE**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Belén Vintimilla Herbas, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Carlos Matovelle Bustos', is positioned above the printed name and title.

**Carlos Marcelo Matovelle Bustos**

DIRECTOR

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por bendecirme con vida, salud, amor y comprensión dándome la oportunidad de superarme día a día.

A mi padre, Jaime por inspirarme en este mundo de la ingeniería, con su ejemplo de perseverancia, constancia y gran corazón me han permitido soñar y llegar lejos cada día.

A mi madre, Isabel que, con sus consejos y constante motivación desde pequeña, me decía que todo lo que me proponía lo lograría y me ha brindado todo el soporte para poder culminar esta etapa de mi vida.

A mi hermana Sofía y mi sobrino Thiago mis cómplices de vida y mi más grande inspiración, espero tanto como yo he crecido tú lo hagas de la misma manera, si es posible superarse y pueda ser yo, participe de cada uno de tus logros.

A mi enamorado, Luis por ser ese gran apoyo incondicional y aportar esa ayuda en todo momento, ha sido de gran importancia para poder culminar mi trabajo y mi motivación.

A toda mi familia quienes han sido ese apoyo inconmensurable e inimaginable a lo largo de mi carrera universitaria y en mi vida.

A mi gran amiga Erika con la cual nos encontramos en situaciones similares y nos apoyamos para poder culminar estos trabajos.

A mis amigos, Gabriela, Andrea, Jorge, Paul, Javier y Catalina que han hecho de este período universitario una de las mejores experiencias vividas hasta el momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios, por direccionarme en mi vida para poder adquirir nuevos conocimientos y manifestarme las herramientas necesarias para aprender y enfrentar cada situación de mi vida. Gracias por haberme alentado en mis estudios y haber puesto cada uno de mis profesores los cuales con su granito de arena contribuyeron para lograr subir un escalón más en mi vida profesional.

A mi familia que con su paciencia, comprensión y motivación me han permitido llegar a donde estoy.

A mi tutor el Ing. Carlos Matovelle a cuál admiro por sus logros universitarios, agradezco su apoyo y su colaboración con sus conocimientos para poder culminar este proyecto investigativo.

A las Ing. Verónica Rodas y a la empresa ETAPA por el apoyo manifestado durante la realización de mi proyecto de investigación.

A la Universidad Católica de Cuenca por abrirme las puertas a un mundo de aprendizaje y gran conocimiento para mi vida profesional.

## RESUMEN

En la parroquia de Santa Ana comunidad Laurel las aguas residuales son vertidas a una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). El mal funcionamiento de esta actividad puede provocar un impacto negativo o un gran riesgo para la salud debido a la contaminación de las aguas. Este proyecto de investigación propone como objetivo analizar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales acorde lo estipulado en el Código Orgánico del Ambiente (COA). La metodología aplicada consta de dos etapas; en primer lugar, el trabajo en campo, que incluye la inspección técnica y toma de muestras. En segundo lugar, es el trabajo de laboratorio que comprende procesamiento de datos de caudales, análisis de laboratorio, constando como resultados de la eficiencia de cada parámetro:  $DBO_5$ : 63.94%, DQO: 64.21%, sólidos disueltos: 51.30%, sólidos suspendidos: 71.02%, amonio: 38.23%, fosfatos: 27.75% y nitratos: 85.54%. La calidad de agua de salida de la PTAR se encuentra por debajo de los límites permisibles estipulados por el Código Orgánico del Ambiente, esto permite comprobar la eficiencia de la PTAR.

**Palabras clave:** Eficiencia, agua residual, parámetros, Código Orgánico del Ambiente.

## **ABSTRACT**

Wastewater is discharged to a wastewater treatment plant (WWTP) in the parish of Santa Ana, Laurel community. The malfunctioning of this activity can cause a negative impact or a significant risk to health due to water pollution. The objective of this research project is to analyze the efficiency of the wastewater treatment plant according to the Organic Environmental Code (COA by its Spanish acronym). The methodology applied consists of two stages: first, the fieldwork, which includes technical inspection, topographic survey, and sampling; and second, the cabinet work, which includes processing of flow data, and laboratory analysis, with the following results for the efficiency of each parameter: BOD<sub>5</sub>: 63.94%, COD: 64.21%, dissolved solids: 51.30%, suspended solids: 71.02%, ammonium: 38.23%, phosphates: 27.75%, and nitrates: 85.54%. The quality of water leaving the WWTP is below the permissible limits stipulated by the Organic Environmental Code, which allows us to verify the efficiency of the WWTP.

**Keywords:** efficiency, wastewater, parameters, Organic Code of the Environment

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
LISTA DE ECUACIONES	xiii
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1    Objetivos	2
1.1.1.    Objetivo General.	2
1.1.2.    Objetivos específicos.	2
CAPÍTULO II	3
2. MARCO TEORICO	3
2.1    Aguas residuales	3
2.1.1    Aguas residuales domesticas rurales	3
2.2    Características del agua residual	3
2.2.1 Parámetros físicos	4
a.    Temperatura	4
b.    Turbiedad	4
c.    Olor	4
d.    Solidos	4
2.2.2 Parámetros químicos	4
a.    Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	4
b.    Demanda Química de Oxígeno (DQO)	5
c.    pH:	5
d.    Fósforo	5
e.    Nitrógeno	5
f.    Metales pesados	5
2.2.3 Parámetros biológicos	5
a.    Bacterias:	5
b.    Virus	6

c.	Algas	6
2.3	Tratamiento de aguas residuales rurales.	6
2.3.1	Tratamiento preliminar.	7
2.3.2	Tratamiento primario.	7
2.3.3	Tratamiento secundario.	7
2.3.4	Tratamiento terciario.	7
2.4	Eficiencia de una PTAR	8
2.5	Agua y saneamiento en zonas rurales en el Ecuador	8
2.5.1	Agua segura	8
2.5.2	Saneamiento y calidad de agua	8
2.6	Marco legal	9
2.6.1	Código Orgánico del Ambiente	9
2.6.2	Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento Del Agua	10
2.6.3	Reglamento Al Código Orgánico del Ambiente	10
	<i>(Código Orgánico Del Ambiental, 2017)</i>	10
	CAPÍTULO III	11
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1	Sitio de estudio	11
3.2	Descripción de la parroquia Santa Ana	11
a.	Materiales de campo	12
b.	Materiales de laboratorio	12
c.	Descripción de la planta de la planta de tratamiento	12
3.3	Metodología	13
3.4	Trabajo de campo	14
3.4.1	Localización del área de estudio	14
3.4.2	Inspección técnica	15
3.4.3	Muestreo	15
a.	Lugar de la toma de muestra	15
b.	Tiempo de muestreo.	16
c.	Técnica.	16
3.4.4	Medición de caudales de entrada y salida	17
3.5	Trabajo de laboratorio	17
3.5.1	Caracterización de las aguas residuales	17
3.5.2	Análisis de resultados	19
a.	Análisis estadístico descriptivo	19
3.6	Eficiencia de Remoción de contaminantes	19
	CAPÍTULO IV	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21

4.1	Descripción del proceso operacional de la planta	21
4.1.1	Pretratamiento	21
a.	Lecho de secado de arenas.	22
4.1.2	Tratamiento primario	23
4.1.3	Tratamiento secundario	23
4.2	Caracterización de las aguas residuales	25
4.2.1	Aforo de entrada	25
4.2.2	Aforo de salida	26
4.2.3	Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	27
4.2.4	Análisis de la Demanda Química de Oxígeno	28
4.2.5	Análisis de Sólidos Disueltos	29
4.2.6	Análisis de Sólidos Suspendidos	30
4.2.7	Análisis de Amonio	31
4.2.8	Análisis de Fosfatos	32
4.2.9	Análisis de Nitratos	33
4.3	Datos Atípicos	34
4.4	Análisis estadístico de los parámetros de calidad de agua	37
4.5	Remoción de contaminantes	38
	CAPÍTULO V	40
5	CONCLUSIONES	40
6	RECOMENDACIONES	41
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
	ANEXOS	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la PTAR.....	11
Figura 2: Esquema sobre el proceso metodológico. ....	13
Figura 3: Localización del área de estudio. ....	14
Figura 4: Primer punto de muestreo.....	15
Figura 5: Segundo punto de muestreo. ....	15
Figura 6: Esquema sobre el proceso de la planta de tratamiento. ....	21
Figura 7: Desarenador de la PTAR “Laureles” de la parroquia Santa Ana.....	22
Figura 8: Fosa de lodos de la PTAR “Laureles” de la parroquia Santa Ana.....	22
Figura 9: Fosa de secado de la PTAR “Laureles” de la parroquia Santa Ana.....	22
Figura 10: Fosa séptica de la PTAR “Laureles” de la parroquia Santa Ana.....	23
Figura 11: Filtro anaerobio de la PTAR “Laureles” de la parroquia Santa Ana.....	24
Figura 12: Interior del filtro anaerobio.....	24
Figura 13: Resultados de los caudales diarios de entrada.....	25
Figura 14: Resultados de los caudales diarios de entrada.....	26
Figura 15: Resultado de entrada y salida del parámetro $DBO_5$ .....	27
Figura 16: Resultado de entrada y salida del parámetro DQO.....	28
Figura 17: Resultado de entrada y salida de sólidos disueltos.....	30
Figura 18: Resultado de entrada y salida de sólidos suspendidos.....	31
Figura 19: Resultado de entrada y salida del parámetro Amonio.....	32
Figura 20: Resultado de entrada y salida del parámetro Fosfato.....	33
Figura 21: Resultado de entrada y salida del parámetro Nitratos.....	34
Figura 22: Caracterización de parámetros.....	39

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1:Características del agua residual. ....	3
Tabla 2:Porcentaje de población agua segura y sus componentes. ....	8
Tabla 3:Porcentaje de población manejo básico y sus componentes. ....	9
Tabla 4:Coordenadas en WGS84 de la ubicación de la PTAR. ....	14
Tabla 5:Cronograma tiempo de muestreo. ....	16
Tabla 6:Métodos y técnicas del laboratorio para el análisis de muestras.....	18
Tabla 7:Parámetros In Situ.....	18
Tabla 8:Anexo del libro VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente (Norma de Calidad Ambiental y de descarga De Efluentes al Recurso Agua). ....	20
Tabla 9:Caudales de ingreso de la PTAR. ....	25
Tabla 10:Caudales de salida de la PTAR.....	26
Tabla 11:Resultados de entrada y salida de la $DBO_5$ .....	27
Tabla 12:Resultados de entrada y salida de la DQO. ....	28
Tabla 13: Relación $DBO_5/DQO$ .....	29
Tabla 14:Resultados de entrada y salida de solidos disueltos. ....	29
Tabla 15:Resultados de entrada y salida de sólidos suspendidos. ....	30
Tabla 16:Resultados de entrada y salida del amonio.....	31
Tabla 17:Resultados de entrada y salida de fosfatos.....	32
Tabla 18:Resultdos de entrada y salida de nitratos.....	34
Tabla 19:Datos atípicos de entrada y salida de los parámetros: $DBO_5$ , $DQO$ , $SD$ , $SS$ , $NH_4$ , $PO_4$ y $NO_3$ . ....	35
Tabla 20:Resultados estadísticos de los distintos parámetros del caudal de entrada.....	37
Tabla 21:Remoción de contaminantes de la PTAR "Laureles".....	39

## LISTA DE ANEXOS

Anexos 1: Resultado de análisis de laboratorio de la PTAR “Laureles”	- 69 -
Anexos 2: Resultados de los parámetros in situ del afluente de la PTAR “Laureles”	- 71 -
Anexos 3: Resultados de los parámetros in situ del efluente de la PTAR “Laureles”	- 72 -
Anexos 4: Resultados del parámetro $DBO_5$ de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 73 -
Anexos 5: Resultados de entrada, salida y su límite permisible del parámetro $DBO_5$ .	- 73 -
Anexos 6: Resultados del parámetro DQO de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 74 -
Anexos 7:Resultados del parámetro sólidos disueltos de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 75 -
Anexos 8:Resultados del parámetro sólidos suspendidos de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 76 -
Anexos 9: Resultados del parámetro amonio de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 77 -
Anexos 10: Resultados del parámetro fosfato de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 78 -
Anexos 11: Resultados del parámetro nitrato de entrada y salida de la PTAR "Laureles"	- 79 -
Anexos 12: Resultados de los caudales de entrada de la PTAR "Laureles"	- 80 -
Anexos 13: Resultados de los caudales de salida de la PTAR "Laureles"	- 81 -
Anexos 14: Toma de muestras de la PTAR "Laureles"	- 82 -
Anexos 15: Desembocadura de la PTAR "Laureles"	- 83 -
Anexos 16: Filtro Anaerobio de la PTAR "Laureles"	- 84 -
Anexos 17: Interior del filtro anaerobio de la PTAR "Laureles"	- 85 -
Anexos 18: Caja de entrada de la PTAR "Laureles"	- 85 -
Anexos 19: Muestras de aguas residual	- 86 -
Anexos 20: Levantamiento topográfico de la PTAR "Laureles"	- 87 -

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Método Volumétrico.....	17
Ecuación 2: Remoción de contaminantes. ....	19
Ecuación 3: Eficiencia de remoción $DBO_5$ . ....	27
Ecuación 4: Eficiencia de remoción DQO. ....	28
Ecuación 5: Eficiencia de remoción solidos disueltos. ....	30
Ecuación 6: Eficiencia de remoción solidos disueltos. ....	31
Ecuación 7: Eficiencia de remoción amonio.....	32
Ecuación 8: Eficiencia de remoción fosfatos. ....	33

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos hídricos que enfrentamos a nivel global es dotar de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la población, debido, por un lado, al crecimiento demográfico acelerado y por otro, a los problemas técnicos, que trae en sí. Se estima que solo el 0.02% de la población mundial se halla disponible para el uso humano y de esta cifra solo el 40% de los habitantes a nivel mundial tiene acceso a una buena calidad. Contar con estos servicios es un elemento importante en la calidad de vida y desarrollo de las familias (Jackson et al., 2016).

En Ecuador se estima que el 57% de los hogares del país cuentan con saneamiento ambiental, que es mínimo comparado con agua potable. Donde se clasifica de la siguiente manera; 73% son hogares urbanos y 27% son hogares rurales. De igual manera por falta de este servicio una parte de los centros poblados descargan sus aguas a las vertientes naturales, contaminando las aguas, que son utilizadas para bebida y riego de producción agrícola y por consecuencia los pobladores padecen distintas enfermedades como: diarreas, vómito y en el peor de los casos hasta la muerte que según la OMS estima es un valor de 85% (Molina et al., 2018).

En el caso de Cuenca, la zona urbana es un área favorecida ya que existe alto nivel de cobertura de servicio básico de saneamiento y posee un sistema centralizado nominada Ucubamba, sin embargo, suministrar un tratamiento de aguas residuales eficiente y confiable en las áreas rurales es un desafío ya que por sus recursos limitados y falta de apoyo del GAD municipal existe escasez. En las áreas rurales de Cuenca están implementadas 32 plantas de tratamiento de aguas residuales, demostrando la falta de saneamiento existente. La zona de estudio Santa Ana consta de 2 plantas de tratamiento “Laurel” y “El Cementerio”, las plantas de tratamiento mencionadas abarcan una población de 401, asume que por malas conexiones o conexiones clandestinas se encuentran excediendo su límite de capacidad ya que existe un aumento poblacional de Santa Ana (ETAPA EP, 2021).

El uso incorrecto de las aguas residuales puede provocar graves problemas ambientales y sanitarios alterando el equilibrio de ecosistemas si las aguas no son almacenadas correctamente y tratadas de la manera adecuada antes de devolverlas a su medio. El principal problema ambiental provocado por la ineficiencia de tratamientos de aguas residuales procedentes de zonas pobladas va relacionado con la eutrofización, toxicidad, disminución de la biodiversidad, pérdida de la calidad de agua y calidad del suelo (J. García, 2018).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General.**

- Analizar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residuales “Laurel” ubicado en la parroquia Santa Ana, estipulado conforme a la normativa técnica del reglamento de los límites permisibles de aguas residuales.

### **1.1.2. Objetivos específicos.**

- Caracterizar las aguas residuales mediante análisis de los parámetros: físicos, químicos y caudales para establecer su situación actual.
- Describir el proceso operacional de planta de tratamiento de las aguas residuales el “Laurel” mediante revisión bibliográfica para identificar cada unidad de proceso.
- Determinar eficiencia en la remoción de contaminantes de acuerdo con las características de la PTAR mediante la medida de parámetros de calidad de agua.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 Aguas residuales

Son aguas que han sido alteradas por actividades humanas y que por su nivel alto de contaminación demandan de un tratamiento de descontaminación previo a su disposición final o previo a ser vertidas en un medio natural (Cabrera & Zevallos, 2019). Las aguas residuales se componen de material orgánico biodegradable, material inorgánico, sólidos suspendidos y patógenos entre otros (Pulla & Tapia, 2018).

##### 2.1.1 Aguas residuales domesticas rurales

Según (Carhuas, 2019), las aguas residuales domesticas son el resultado de la producción de actividades cotidianas de la población, por ende, poseen gran material orgánico, grasas y detergentes. Eventualmente la producción per cápita de las aguas residuales rurales es de 150 (L/Hab) que derivan de actividades como: higienizar, lavado de alimentos, lavado de ropa, etc.

#### 2.2 Características del agua residual

Es el conjunto de parámetros los cuales son necesarios para el diseño o control de una PTAR. Varios de estos parámetros tienen relación entre sí, por lo que la interpretación de los análisis debe considerar todos los parámetros paralelamente (Alvis, 2015). En las aguas residuales se encuentra presente distintos parámetros que se clasifican según su naturalidad en físicos, químicos y biológicos (Hernández, 2016). En la tabla 1 se demuestra los distintos parámetros clasificados según su naturalidad.

Tabla 1:Características del agua residual.

Físico	Químico	Biológico
Temperatura	DBO <sub>5</sub>	Bacterias
Turbiedad	DQO	Virus
Olor	pH	Algas
Sólidos Totales	Nutrientes	

Fuente: (Hernández, 2016).

Elaborado: Autor propio.

### 2.2.1 Parámetros físicos

#### a. *Temperatura*

La temperatura del agua residual varía según su ubicación geográfica, pero aproximadamente el valor promedio se sitúa entre 10 y 21°C. (Metcalf. & Eddy., 1995). Este es un parámetro importante en la PTAR, ya que tiene influencia sobre los procesos de cada uno de sus tratamientos. Este parámetro físico está relacionado con la actividad biológica, así como con la cantidad de gases presentes en el agua residual. Este parámetro debe ser tomado in situ para no cambiar su resultado final (Hernández, 2016).

#### b. *Turbiedad*

Es un parámetro que mide la propiedad de transmisión de luz del agua residual, para medir la turbiedad se compara la intensidad de la luz dispersa de una muestra versus la intensidad registrada en detención (Metcalf. & Eddy., 1995). La turbiedad es ocasionada cuando se encuentra diversidad de sólidos suspendidos con distintos tamaños y distintos materiales como: arcilla, materia orgánica e inorgánica y microorganismos (Muñoz, 2008).

#### c. *Olor*

Es un indicador de la planta de tratamiento de aguas residuales que valora la calidad del recurso y determina la posible fuente de contaminación ya que mediante la degradación biológica bajo condiciones anaeróbicas son liberados una variedad de gases como: sulfuro de hidrógeno, sulfato de sodio y magnesio, fenoles entre otros; por lo general posteriormente al proceso biológico presenta un olor inofensivo para después liberar olores fétidos (Muñoz, 2008).

#### d. *Sólidos*

Los sólidos son la materia restante que permanece como residuo del proceso de secado y evaporado a temperatura de 103 °C, los sólidos se encuentran en estado disuelto, suspendido y coloidal (Villanueva & Yance, 2017).

### 2.2.2 Parámetros químicos

#### a. *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)*

La demanda biológica de oxígeno se define a la cantidad de oxígeno que los microorganismos como: hongos, bacterias y plancton consumen mediante la degradación de la materia orgánica biodegradable. Cuando es elevado el número de materia orgánica mayor es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para degradar u oxidar. Es un parámetro esencial que demuestra la calidad o estado de un medio como: lago, río, quebrada y lagunas. Esta se representa en mg/l (Galeano & Rojas, 2016). Este parámetro

es uno de los indicadores más significativos en la medida de contaminación de aguas residuales.

**b. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La DQO es la cantidad de oxígeno que se necesita para oxidar la materia orgánica mediante procesos químicos, necesita de condiciones determinadas como oxidantes, lapso y temperatura. Para la conversión se necesita de oxidantes como: sales inorgánicas o dicromato de potasio bajo condiciones ácidas (Galeano & Rojas, 2016).

**c. pH:**

Este es un parámetro el cual está relacionado con el crecimiento de los microorganismos en una planta de tratamiento ya que con un pH correcto tienden a un desarrollo en óptimas condiciones. Hay que tener en cuenta que este parámetro interfiere en procesos químicos que puede afectar a los procesos y resultados finales de la PTAR (Flores & Yáñez, 2016).

**d. Fósforo**

El fósforo en el agua residual se encuentra como fosfato y proviene de productos de limpieza generalmente. Este parámetro es esencial para el crecimiento de los microorganismos ya que es considerado como un macronutriente. Este elemento cuando se encuentra en concentración elevadas tiende a estimular el crecimiento de las algas induciendo a la eutrofización (Martínez, 2018).

**e. Nitrógeno**

De igual manera el nitrógeno es un nutriente o un bioestimulador, el cual es necesario para el crecimiento biológico al ser este un elemento nutritivo que es preciso para la síntesis de proteínas, si este compuesto está presente en mínimas cantidades será necesario añadirlo para hacer tratable el agua residual (Metcalf. & Eddy., 1995).

**f. Metales pesados**

Los metales son tóxicos y acumulables para la vida biológica ya que estos se absorben produciendo un daño en los microorganismos principalmente. Los metales pesados se clasifican en: plomo, mercurio, cadmio, zinc, cobre, manganeso y hierro. Si estos metales se llegaran a encontrarse en cantidades excesivas este interferiría con la reutilización del agua y el crecimiento de las algas (Metcalf. & Eddy., 1995).

● **2.2.3 Parámetros biológicos**

**a. Bacterias:**

Las bacterias desempeñan un papel importante en los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica en un agua residual. En las aguas residuales se

presentan de diferentes formas y realizan distintas funciones, es por eso, que es necesario conocer sus características, metabolismos y procesos de síntesis. Los coliformes son considerados como bacterias que por lo general se encuentran en mayor cantidad y son estimados como indicadores de la contaminación por desechos humanos (Metcalf. & Eddy., 1995).

**b. Virus**

Los virus son partículas parasíticas formadas de un cordón de material genético de ADN o RNA. Un virus tiene la capacidad de invadir una célula y reconducir la actividad celular produciendo nuevas partículas virales. Los virus liberados por los seres humanos constituyen peligro para la salud de las personas, así como el caso de coronavirus, pero no hay estudios que ha determinado que este virus exista en este medio ya que tiene un lapso de vida y el transporte de este es afectado por la distancia y el tiempo según lo determina (Hernández, 2016).

**c. Algas**

La presencia de algas en el agua residual significa que está funcionando de manera correcta la planta, pero el exceso de esta crea problemas como olor y color del agua. Para determinar la concentración de la cantidad de algas dentro del agua se realiza un recuento microscópico. Las algas absorben nutrientes que provienen de la descomposición de la materia orgánica (Villanueva & Yance, 2017).

### **2.3 Tratamiento de aguas residuales rurales.**

El tratamiento que se realiza en las aguas residuales es un mecanismo técnico que abarca procesos físicos, químicos y biológicos, métodos que interactúan entre sí permitiendo el saneamiento de las aguas residuales provenientes del uso humano (Cabrera & Zevallos, 2019). Para (García, 2018), el objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales es remover los contaminantes existentes previo a la descarga directa en fuentes hídricas o en cuerpos de agua natural. Con la finalidad de eliminar todos los contaminantes presentes en el agua, es importante realizar estudios previos de caracterización del agua residual donde se determina los tipos de contaminantes dominantes con lo cual se selecciona el tratamiento óptimo para la remoción, garantizando de esta manera la vida útil de la planta de tratamiento de agua residual.

La manutención de la planta de tratamiento de aguas residuales rurales es simple, por lo general la comunidad e instituciones locales se encargan de la limpieza y acicalado. La institución encargada debe preparar programas para que la población esté capacitada para el cuidado y limpieza de la planta (Cargua, 2009).

- **2.3.1 Tratamiento preliminar.**

Es un proceso el cual utiliza sistematizaciones físicas y mecánicas que permiten retirar sólidos grandes o voluminosos del agua residual los cuales pueden obstruir o causar daño a las bombas y canales de la planta (García, 2018). Por lo general estos sólidos de gran tamaño se tratan de trapos, hojas, arenas o grasas que llegan mediante la tubería de entrada. El tratamiento preliminar se involucra con la reducción de los sólidos en suspensión, desechos sólidos de gran tamaño (basura), aceites y grasas.

**2.3.2 Tratamiento primario.**

El siguiente proceso en una planta de tratamiento de aguas residuales se encarga de eliminar los sobrantes que traspasaron el pretratamiento como lo son: sólidos suspendidos, materia orgánica y patógenos, mediante la aplicación de tratamientos con métodos físicos o biológicos. Por lo general trabajan con la gravedad, ya que el peso específico del agua es menor al de los sólidos y tiende depositarse al fondo, además los de menos peso específico tienden a flotar. Los tanques se utilizan previos al tratamiento biológico para reducir la carga de materia ya que los tanques sépticos remueven 60% de los sólidos suspendidos, un 35% de  $DBO_5$  y un 10% del fósforo.

**2.3.3 Tratamiento secundario.**

El tratamiento secundario consiste en remover la demanda biológica de oxígeno soluble y sólido sedimentables por procesos biológicos mediante microorganismos que son los encargados de degradar los contaminantes orgánicos. Los tratamientos secundarios utilizan procesos con: filtros aerobios y anaerobios, sistemas de lagunas y sedimentación. El tratamiento secundario se encarga de remover un 85% de la demanda biológica de oxígeno y los sólidos sedimentables aparte otros contaminantes como demanda química de oxígeno, nitrógeno, fósforo y metales pesados no se remueve en cantidades significativas (Hernández, 2016).

**2.3.4 Tratamiento terciario.**

El tratamiento terciario es considerado como un tratamiento final el cual consiste en eliminar los compuestos como: patógenos (coliformes fecales), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y sólidos suspendidos restantes del proceso secundario, mediante el proceso de la desinfección que permite conseguir una alta calidad físico - química y biológica del agua obteniendo, así como resultado la reutilización del agua tratada. En el sector rural en este proceso se utiliza en escasas plantas de tratamiento el hipoclorito de Calcio como producto

de desinfección ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) Este producto es una pastilla que al contacto con el agua es corrosiva (García, 2018).

## 2.4 Eficiencia de una PTAR

Este término hace referencia que una planta de aguas residuales está operando en su 100% con adecuados niveles de operación y mantenimiento. El líquido tratado tendrá condiciones de calidad fisicoquímicas y bacteriológicas que convertirá el agua en una sustancia apta para reusó sin causar riesgos a la salud o contaminación al medio donde se deposita el líquido (Díaz et al., 2019).

## 2.5 Agua y saneamiento en zonas rurales en el Ecuador

### • 2.5.1 Agua segura

Según lo determina la (Constitución de La República Del Ecuador, 2008) “**El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable**” por esta razón debe estar disponible en cantidades suficientes y continuamente con el propósito del consumo de la población en distintas actividades. Para adquirir una buena calidad de agua se requiere de componentes que la forjen en ser agua segura como lo son, suficiencia, excelente calidad y cercanía de la fuente para obtenerla. En relación con la suficiencia y cercanía de la fuente existe una cobertura grande el 70,1% de la población a nivel país que cuenta con agua segura, pero referente en calidad la problemática ya no es de acceso si no de eficacia (Molina et al., 2018). Se presenta a continuación la tabla 2 los porcentajes de población de agua segura y sus componentes.

Tabla 2: Porcentaje de población agua segura y sus componentes.

<b>Componentes</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Nacional</b>
<b>Agua Segura</b>	79.10%	51.40%	70,10%
<b>Suficiencia</b>	97,00%	89,80%	94.70%
<b>Calidad</b>	84,60%	68,20%	79,30%
<b>Cercanía</b>	99,70%	90,80%	96,90%

Fuente: (Molina et al., 2018)

Elaborado: Autor propio.

### • 2.5.2 Saneamiento y calidad de agua

En el ámbito relacionado con el saneamiento se elaboró un proyecto denominado Plan Nacional para el Buen Vivir del Ecuador con la finalidad de conseguir que el 95% de los

hogares en el área rural cuenten con el servicio de eliminación de excretas, este proyecto requiere de componentes como: instalaciones renovadas, uso propio del servicio higiénico y tratamiento seguro de las aguas residuales, el último componente no contiene información ya que no se ha realizado estudios hasta el momento (Molina et al., 2018). En la tabla 3 se investigó los porcentajes de población, manejo básico y sus componentes.

Tabla 3: Porcentaje de población manejo básico y sus componentes.

<b>Componentes</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Nacional</b>
<b><i>Manejo Básico</i></b>	98.90%	86.80%	85.90%
<b><i>Uso en exclusividad</i></b>	88.90%	82.40%	86,80%
<b><i>Instalación mejorada</i></b>	98.60%	90.10%	95,90%

Fuente: (Molina et al., 2018)

Elaborado: Autor propio.

## **2.6 Marco legal**

### **2.6.1 Código Orgánico del Ambiente**

(Código Orgánico Del Ambiental, 2018)

**Art. 196.-** *“Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre.”*

**Art. 208.-** *“Obligatoriedad del monitoreo. La Autoridad Ambiental Competente efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo”.*

**Art. 209.-** *“Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos”.*

*“Los análisis se realizan en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación.”*

Conviene subrayar que a pesar de que el año 2018 ingreso en vigencia el COA, el primer cuerpo legal ambiental de Ecuador. Para su aplicación es necesario la norma complementaria el TULSMA ya que el COA no regula de manera completa la disposición de la ley referida. Por consiguiente, se usa la tabla de limites permisibles del TULSMA.

### **2.6.2 Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento Del Agua**

*(Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento Del Agua, 2015)*

**Art. 89.-** *“Autorización del uso o aprovechamiento productivo de aguas residuales. - Se podrán otorgar autorizaciones para el uso o aprovechamiento productivo de aguas residuales tratadas, siempre y cuando éstas cumplan los parámetros de calidad establecidos por la ARCA con las entidades con competencia en el ámbito de tratamiento de aguas residuales en función del uso a que se pretendan destinar”.**“En ningún caso se podrán destinar las aguas residuales para consumo humano”.*

*“De conformidad con lo establecido en el artículo 38 de la Ley, la Autoridad de Demarcación Hidrográfica no expedirá autorización de uso y aprovechamiento productivo de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan los parámetros en la normativa para cada uso”.*

### **2.6.3 Reglamento Al Código Orgánico del Ambiente**

*(Código Orgánico Del Ambiental, 2017)*

**Art. 759.-** *“Descargas. - No se podrán descargar aguas residuales operacionales que no cumplan lo establecido en las normas nacionales que regulan los límites permisibles de descarga, y los convenios internacionales. Las aguas de lastre deberán ser descargadas tomándose como referencia lo establecido en el Convenio sobre la Gestión de Aguas de Lastre y Sedimentos”.*

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sitio de estudio

La planta de tratamiento de aguas residuales “Laureles” se encuentra en la comunidad Laureles ubicada exactamente a 1.2 km de distancia al parque central de la parroquia Santa Ana del cantón Cuenca, vía San Bartolomé. El área de la PTAR Laureles es de  $160m^2$ , no posee vía de acceso y está rodeada por 84 residencias donde habitan exactamente 335 habitantes. A continuación, en la figura 1 se indica la ubicación de la zona de estudio.

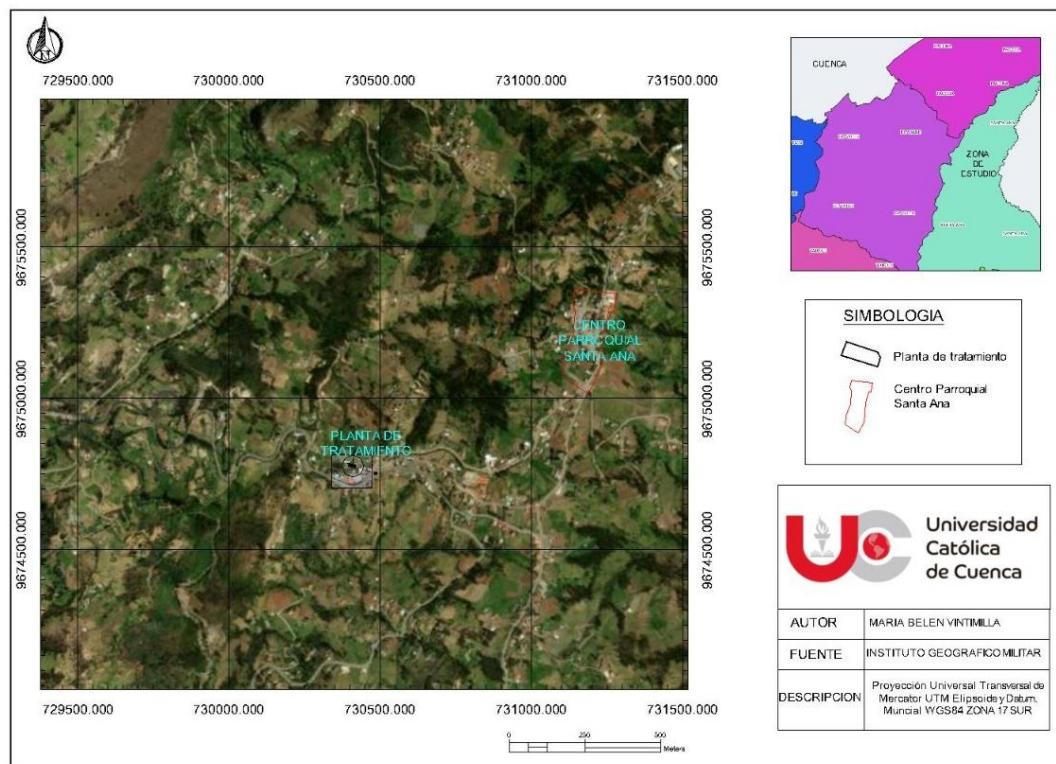


Figura 1: Mapa de ubicación de la PTAR.

Elaborado: Autor propio.

#### 3.2 Descripción de la parroquia Santa Ana

La parroquia Santa Ana perteneciente a la provincia del Azuay abarca una extensión de 4.495,31 ha. y una población de 5.366 habitantes, se encuentra limitada con las parroquias de El Valle, Paccha, Quingeo y Zhidmad. Santa Ana posee un clima semi húmedo con un promedio anual de precipitaciones entre 200 a 500 mm., los meses de febrero a mayo se presenta la época lluviosa y los meses de julio y agosto los meses más cálidos. La temperatura varía entre  $12^{\circ}$  a  $20^{\circ}$  °C, pero hay temporadas donde puede llegar a una temperatura máxima de  $30^{\circ}$  °C y una mínima de  $6^{\circ}$  °C (GAD Parroquial Santa Ana, 2019).

La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP) es la empresa encargada de proveer los servicios básicos en 17 comunidades, el 92% de la localidad cuenta con la dotación de agua, pero existe insuficiencia respecto a la continuidad y la calidad. La cobertura del servicio de alcantarillado es mínima (28%), la comunidad restante que no posee alcantarillado utiliza pozos sépticos (72%).

- **Materiales**

Para el presente estudio se han manejado los siguientes materiales según lo recomienda Norma Técnica Ecuatoriana, (NTE INEN 2179:2013).

**a. *Materiales de campo***

- Guantes
- Mascarilla desechable
- Hielo
- Marcador
- Cinta Adhesiva
- Ficha de campo
- Refrigerador de campo
- Botellas ámbar
- Multiparamétrico
- Agua destilada

**b. *Materiales de laboratorio***

- Pipetas 10 ml.
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitación de 500 ml.
- Pera de succión
- Agua destilada
- Reactivos
- Incubadora
- Espectrofotómetro
- Espirométrico

**c. *Descripción de la planta de la planta de tratamiento***

- Tesis
- Drone
- Computadora

### 3.3 Metodología

El proceso investigativo desarrollado en el presente estudio es de tipo descriptivo, la metodología utilizada para caracterización y descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales se basa en métodos de análisis cuantitativos para determinación de la composición química del agua, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características física y biológicas del agua. Para (Martínez, 2018) este tipo de análisis son idóneos para la caracterización el agua residual, agregando que los métodos cuantitativos pueden ser volumétricos o fisicoquímicos.

En relación a la idea anterior cabe destacar cada fase y proceso llevado a cabo para la realización del proyecto y se subdivide en trabajo de campo el cual en primer lugar se realizó recorridos de campo, después se reconoció la zona de estudio aplicando el procedimiento o método de observación y finalmente se pudo determinar los problemas existentes y el escenario actual de la PTAR. El análisis procedente es la toma de muestras que según se utilizó la norma técnica INEN (NTE INEN 2179:2013).

Por otra parte, la etapa de laboratorio se aplicó la caracterización de las muestras de agua residuales, las cuales mediante el método cualitativo analiza las características fisicoquímicas. Con los resultados obtenidos procesar la información y obtener la eficiencia de remoción de los contaminantes y cálculo de caudales. Cabe considerar un esquema el cual describe cada fase del estudio según determina la metodología (Duarte, 2015): etapa de campo y etapa de laboratorio.

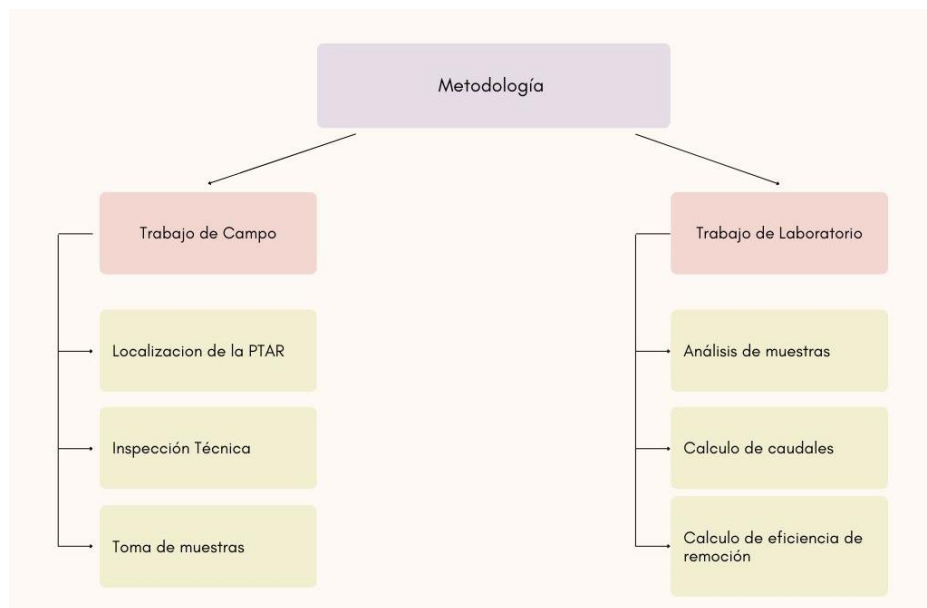


Figura 2:Esquema sobre el proceso metodológico.

Elaborado: Autor propio.

### 3.4 Trabajo de campo

- 3.4.1 Localización del área de estudio

Para la localización de la zona de estudio se delimitó por el área del proyecto durante el diagnóstico y se extiende estrictamente todos los procesos pertenecientes a la planta de tratamiento de aguas residuales. Se presenta en la figura 3 la localización del área y la tabla 4 las coordenadas tomadas mediante el estudio de campo.



Figura 3:Localización del área de estudio.

Elaborado: Autor propio.

Tabla 4:Coordenadas en WGS84 de la ubicación de la PTAR.

Punto	X	Y
1	730399,1	9674782,95
2	730416,05	9674777,31
3	730415,82	9674776,62
4	730417,19	9674774,83
5	730415,69	9674769,79
6	730396,42	9674775,1

Fuente: Estudio de campo

Elaborado: Autora propio.

- **3.4.2 Inspección técnica**

Se realizó recorrido de campo y se tomó en cuenta 2 etapas: la de observación y ejecución de evidencias fotográficas para así examinar el área de estudio y los componentes de la infraestructura de la PTAR, lo dicho hasta aquí se supone que manifiesta el estado actual de la PTAR y el proceso que realiza cada unidad de la planta de tratamiento.

- **3.4.3 Muestreo**

Para la toma de muestras se debe considerar varios puntos significativos para el muestreo de la calidad de agua tales como: lugar, tiempo y técnica (Cabrera & Zevallos, 2019).

**a. Lugar de la toma de muestra**

Según (INEN, 2013) para determinar el lugar de muestreo se debe considerar, de donde proviene la fuente de agua, en segundo se observa la accesibilidad de los puntos y por último que capte toda la muestra en el envase. Según lo analizado se resume que las aguas provienen de domicilios así que existe conexiones de tuberías hacia la planta de tratamiento y el primero punto de muestreo es la tubería del alcantarillado al inicio de la planta y el segundo punto es al final; así se establece una comparación para determinar la calidad de agua de la entrada y salida de la PTAR.



Figura 4:Primer punto de muestreo.



Figura 5:Segundo punto de muestreo.

**b. Tiempo de muestreo.**

En lo esencial verificado que la planta de tratamiento es de origen doméstico eso quiere decir que son usuarios de alcantarillado; se indicó que su jornada laboral inicia a las 6 de la mañana con actividades como una ducha o preparar su desayuno, por otro lado, al medio día preparan el almuerzo y en la noche de similar manera se prepara la cena, decretando así que las horas indicadas anteriormente, existen caudales pico de consumos. Con lo mencionado se designó el horario de la mañana ya que se tuvo presente el ritmo de vida de los habitantes, se inició la toma de muestra desde las 7:00 am de un lunes consecutivamente cada hora y culminó el mismo día a la 12:00 pm del mismo modo se procedió hacer los días restantes hasta concluir en el viernes. Según (INEN, 2013) surgiere un horario el cual la muestra sea analizada inmediatamente ya que los resultados podrían variar de no ser así.

Tabla 5: Cronograma tiempo de muestreo.

<b>Punto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Muestreo 1</b>	<b>Muestreo 2</b>	<b>Muestreo 3</b>	<b>Muestreo 4</b>	<b>Muestreo 5</b>
P1	Tubería de alcantarillado	18 de octubre	19 de octubre	20 de octubre	21 de octubre	22 de octubre
P2	Tubería final de la PTAR	18 de octubre	19 de octubre	20 de octubre	21 de octubre	22 de octubre

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado: Autor propio.

**c. Técnica.**

La técnica de muestreo compuesta se aprovechó concretamente para la eficiencia de la PTAR ya que nos indicó el promedio de las variaciones de la contaminación del agua (Reutelshofer & Guzmán, 2015). En primera instancia se tuvo presente portar el equipo de protección personal (guantes quirúrgicos, mascarilla, mandil y botas de caucho) y se procedió a conseguir la muestra mediante recipientes de vidrio esterilizado (ámbar 500 ml.) que se encuentra debidamente etiquetados, una vez llenados se procede a sellar herméticamente la muestra y debe ser refrigerada con una temperatura entre 2°C y 5°C y llevadas al laboratorio de CITT, es recomendable transportar las muestras de manera inmediata al laboratorio ya que son susceptibles a cambios para que estas sean analizadas el mismo día y no sufran alteraciones físicas, químicas y biológicas (INEN, 2013).

### **3.4.4 Medición de caudales de entrada y salida**

La medición de los caudales se llevó a cabo durante 5 días contiguos: lunes a viernes durante las horas de 7:00 am. a 12:00 pm. consecutivamente. Los caudales se calcularon por el método volumétrico que es ideal para pequeños caudales o corrientes mínimas (Alvarado, 2017).

Este método consiste en calcular el volumen del agua residual directa de la tubería de descarga de entrada y salida; inspeccionando los datos de volumen sobre el transcurso de tiempo para su respectivo cálculo. Para medir el volumen se utilizó un envase plástico de un galón y un cronómetro para contar el tiempo en que le toma llenarse el envase plástico. De la misma manera el caudal tiene que ver con el estilo de vida de la comunidad ya que en horas pico este tiende a subir (Alvarado, 2017).

$$Q = \frac{v}{t}$$

Ecuación 1: Método *Volumétrico*.

Donde:

Q: Caudal (l/s)

v: Volumen del recipiente (L)

t: Tiempo de rellenado del envase (s)

## **3.5 Trabajo de laboratorio**

### **3.5.1 Caracterización de las aguas residuales**

La caracterización de los parámetros presentes en el agua residual por la PTAR "Laureles" se ejecutó mediante procedimientos realizados en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CITT), el cual se determinó distintos parámetros. Para cada parámetro se empleó una metodología y una técnica que depende netamente del laboratorio, continuación en la tabla 6:

Tabla 6: Métodos y técnicas del laboratorio para el análisis de muestras.

<b>Metodología referencial CIITT Universidad Católica de Cuenca</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Metodología</b>	<b>Técnica</b>
Demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ )	CIITT-PE-A010 Standard Methods, 5210 D	Respirometric
Demanda química de oxígeno (DQO)	CIITT-PI-A015 Standard Methods, 5220 D	Espectrofotometría
Sólidos disueltos	APHA 2540 C Standard Methods, 2540-C	Electrodo
Sólidos suspendidos	APHA 2540 C Standard Methods, 2540-D	Gravimetría
Amonio	Standard Methods, 10031	Espectrofotometría
Nitratos	Standard Methods 4500 - $NO_3$ -H	Espectrofotometría
Fosfatos	Standard Methods 4500 - P- F	Espectrofotometría

Fuente: Investigación de laboratorio

Elaborado: Autor propio.

Tabla 7: Parámetros In Situ.

<b>Parámetros In Situ tomado de la PTAR "Laurel"</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Técnica</b>
pH	Multiparamétrico
Temperatura	Multiparamétrico
Conductividad	Multiparamétrico

Fuente: Investigación de laboratorio

Elaborado: Autor propio.

### 3.5.2 Análisis de resultados

Posteriormente obtenido los resultados de los análisis de laboratorio se procede al análisis de los datos obtenidos que inicia con un análisis estadístico descriptivo. Con la finalidad de establecer una comparación entre los datos obtenidos. Esta información permitirá valorar si existe una variabilidad entre ellos (J. García, 2018).

#### a. Análisis estadístico descriptivo

Para el análisis de los datos obtenidos en la tabla 20: (DBO<sub>5</sub>, DQO, SD, SS, P, NT, NH<sub>4</sub>) se empleó las siguientes medidas de variabilidad: media, varianza, coeficiente de variación, máximo valor, mínimo valor. Los datos fueron representados en gráficas de Excel y boxplot de Jamovi (J. García, 2018).

Tiene como finalidad el estudio de la información conseguida en el campo que permitirá analizar los datos obtenidos a través de: valores de parámetros, caudales, ensayos para los límites máximos permisibles (LMP). El proceso de los valores obtenidos se desarrollará a través de Excel o Jamovi útiles para la contribución de este propósito investigativo (Cabrera & Zevallos, 2019).

### 3.6 Eficiencia de Remoción de contaminantes

Consta en el análisis y el proceso de datos obtenidos con la finalidad de establecer la eficiencia de remoción de cada contaminante analizado de la PTAR. Se establece la cantidad removida; se debe tener presente la relación que existe entre la carga que ingresa a la planta, correspondiente carga en el flujo de salida (Vega, 2012). Con cada dato obtenido de la remoción de los contaminantes será comparado con su Límite Máximo Permisible (LMP) (Martínez, 2018).

Para el cálculo de la eficiencia de remoción de la PTAR consta de la siguiente fórmula:

$$\text{Remoción (\%)} = \frac{(C_a - C_e)}{C_a} \times 100$$

Ecuación 2: Remoción de contaminantes.

Donde:

Ca: Concentración afluente

Ce: Concentración efluente

Obtenido los resultados del laboratorio se analizan y compara con los límites máximos permisibles presentados en la tabla 8.

Tabla 8: Anexo del libro VI del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente  
(Norma de Calidad Ambiental y de descarga De Efluentes al Recurso Agua).

<b>Parámetros</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible (LMP)</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/l	<b>100</b>
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<b>200</b>
Fósforo Total	P	mg/l	<b>10</b>
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	<b>30</b>
Sólidos Suspendidos Totales	SST <sub>5</sub>	mg/l	<b>130</b>
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> ) <sub>-2</sub>	mg/l	<b>1000</b>
Temperatura	C°	mg/l	<b>Condición natural ±3</b>

Fuente: (Acuerdo Ministerial No. 097-A, 2015)

Elaborado: Autor propio.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Descripción del proceso operacional de la planta

A partir de las visitas en campo y de la recolección de información se puede constatar que la planta opera bajo los siguientes procesos: desarenador, tanque séptico y filtro anaerobio.

- **Elaboración del grafico de la planta de tratamiento de aguas.**

Se realizó un diagrama de flujos de la planta de tratamientos para especificar la ubicación y descripción en la figura 6.

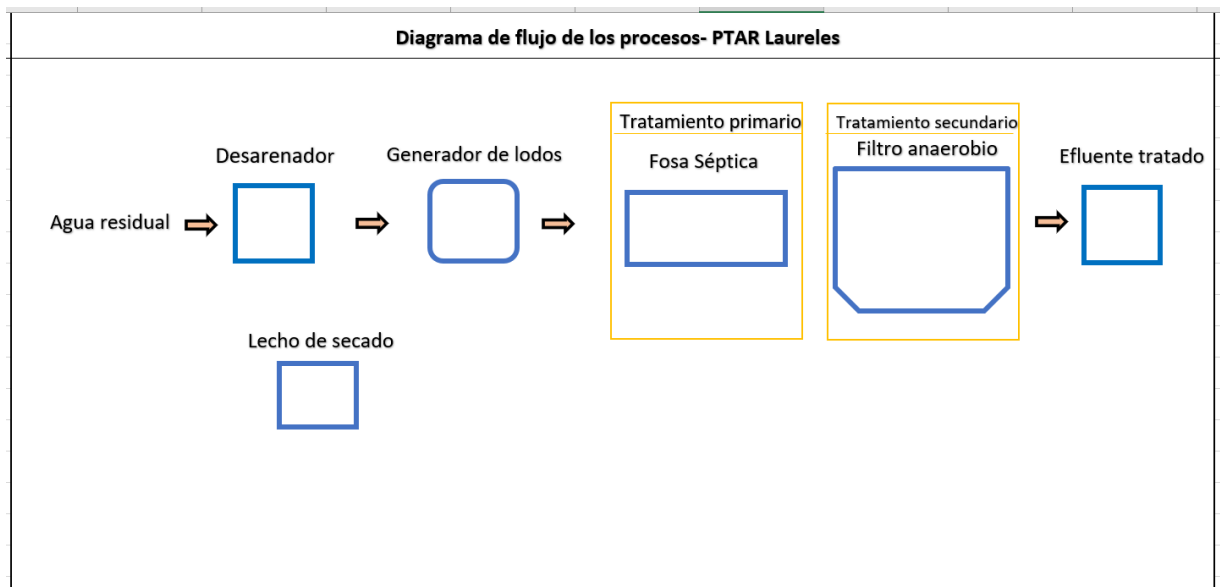


Figura 6:Esquema sobre el proceso de la planta de tratamiento.

Elaborado: Autor propio

#### 4.1.1 Pretratamiento

Para empezar, se localiza el pretratamiento y se localiza una estructura de hormigón armado con las dimensiones 2.10m. x 1.50m., la estructura fue diseñada para trabajar como desarenador convencional, pero según (Pulla & Tapia, 2018) por sus características y funcionalidad la estructura opera solamente como sedimentador, debido a la arena almacenada y agua residual causando mal olor. De acuerdo con (Galeano & Rojas, 2016) este compartimiento permite las descargas de tubería de alcantarillado (recibiendo, mezclando y homogeneizando) y tiene una forma rectangular a cielo abierto.

El cajón de llegada se encuentra un poco deteriorado con algunas roturas en las paredes. Además, la ausencia de rejillas permite el paso a la fosa de lodos como sólidos grandes, fundas

y envases plásticos. Un aspecto por recalcar es la carencia de un medidor de caudales. La empresa pública ETAPA realiza la limpieza de las arenas cada mes y se recoge un total de 2 palas de arena. Es esencial establecer procedimientos para el mantenimiento preventivo periódico del cajón, la remoción de sólidos gruesos y lodos.



Figura 7: Desarenador de la PTAR "Laureles" de la parroquia Santa Ana.



Figura 8: Fosa de lodos de la PTAR "Laureles" de la parroquia Santa Ana.

**a. Lecho de secado de arenas.**

A la par de la estructura de entrada se ubica un lecho de secado en forma de cajón de hormigón, en el cual se depositan las arenas que sedimentan en el pretratamiento. Este cajón no estaba destinado para uso de lecho de secado, pero la empresa ETAPA encontró como única opción para colocar los lodos (Pulla & Tapia, 2018).



Figura 9: Fosa de secado de la PTAR "Laureles" de la parroquia Santa Ana.

#### 4.1.2 Tratamiento primario

El tratamiento primario de la planta de tratamiento Laureles es la fosa séptica que posee las siguientes dimensiones 10.22m x 3.44m. Está subdividida en 2 cámaras, posee dos tapas de revisión y un ducto de ventilación; la primera origina la sedimentación y digestión anaerobia de lodos y la segunda cámara sedimentación de sólidos suspendidos pequeños que pasaron de la primera cámara, es necesaria una tercera cámara por su gran caudal además aumentaría la eficiencia de remoción. La estructura se encuentra en buenas condiciones ya que no posee grietas o roturas.



Figura 10:Fosa séptica de la PTAR “Laureles” de la parroquia Santa Ana.

#### 4.1.3 Tratamiento secundario

Por último, el tratamiento secundario denominado filtro anaerobio de flujo ascendente de material hormigón armado con las dimensiones 2.36m. x 1.50m. este sistema permite que las bacterias encargadas de degradación requieran una superficie a la cual fijarse (grava) y el flujo ascendente permite que no exista taponamiento en el sistema. En este caso por fallas técnicas no presenta las condiciones ideales para el crecimiento bacteriano por las siguientes razones:

- El proceso que llevan a cabo las bacterias es en ausencia de oxígeno, por lo que se debería poseer una tapa hermética la cual no permite el paso del oxígeno, pero por rotura de la parte superior de la estructura se cubrió con un plástico, lo que no cumple una conveniente impermeabilidad y permite el paso del aire.

- Déficit de mantenimiento y operación al ser limpiado con agua cada mes impidiendo así el crecimiento de microorganismos.
- La grava que posee el filtro está mal graduada siendo recomendable depositar grava del mismo tamaño (uniforme).

En la tesis de (Pulla & Tapia, 2018) indica que la capacidad para utilizar los compuestos orgánicos dependerá de la actividad microbiana de la biomasa presente en el sistema, la cual no es ideal para el crecimiento microbiano es limitado.



Figura 11: Filtro anaerobio de la PTAR "Laureles" de la parroquia Santa Ana.



Figura 12: Interior del filtro anaerobio.

## 4.2 Caracterización de las aguas residuales

### 4.2.1 Aforo de entrada

Los resultados obtenidos en la tabla 9 se caracterizan por poseer caudales máximos los días: jueves a las 11:00am. con un valor de 1.17 l/s y el viernes a las 12:00am con un caudal de 0.91 l/s, y caudales mínimos los días: lunes a las 12:00 am. con un valor de 0.30 y el miércoles a las 09:00 am con un caudal de 0.30 l/s. Según lo analizado se observa una variación de los caudales debido a la influencia de la calidad de vida de la población, sus jornadas diarias reflejan la cantidad de agua utilizada, asumiendo los caudales pico de consumo en las horas mencionadas.

No obstante dato que concuerdo con (Pulla & Tapia, 2018) menciona que existe un caudal que excede a los demás debido a la interferencia del agua por precipitaciones (caudal que ingresa el jueves a las 12:00 am), es decir en el alcantarillado existe un sistema combinado donde concurre una mezcla homogénea de aguas lluvias y aguas residuales, se debe colocar una estructura llamada aliviadero que controla este vertido excedente.

Tabla 9: Caudales de ingreso de la PTAR.

Caudal de entrada									
Día	Horario						Total Caudales Diarios		
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	Q. Promedio (l/s)	Q. Máximo (l/s)	Q. Mínimo (l/s)
Lunes	0,49	0,38	0,36	0,59	0,31	0,30	0,36	0,59	0,30
Martes	0,58	0,53	0,40	0,60	0,60	0,79	0,58	0,79	0,40
Miércoles	0,94	0,57	0,36	0,78	0,77	0,85	0,71	0,94	0,36
Jueves	0,41	0,53	0,89	0,62	1,17	1,03	0,78	1,17	0,41
Viernes	0,46	0,46	0,61	0,50	0,88	0,91	0,64	0,91	0,46
<b>Promedio caudal Semanal</b>							<b>0,61</b>	<b>0,88</b>	<b>0,38</b>

Elaborado: Autor propio.

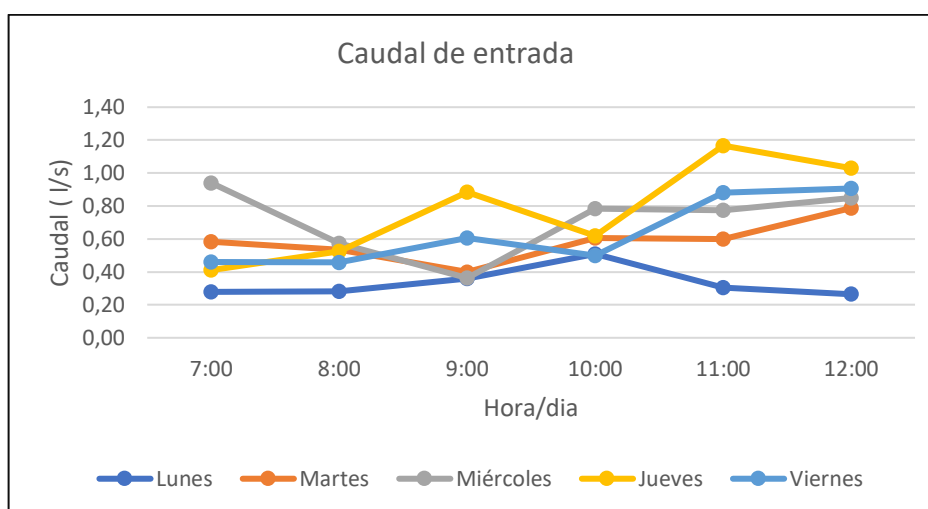


Figura 13: Resultados de los caudales diarios de entrada.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

#### 4.2.2 Aforo de salida

En la tabla 10 se observa los resultados de los caudales diarios de caudal de salida los cuales sus caudales máximos son el jueves a las 11:00 am con un valor de 0.93 l/s y el viernes a las 11:00 am con su valor de 0.73 l/s. De la misma manera se observa que la jornada con menor registro es el lunes a las 12:00am. con 0.26 y el miércoles a las 09:00 am. con un caudal de 0.27 l/s.

Cabe considerar por otra parte la relación entre el caudal de entrada y salida, revela que el caudal de entrada es mayor al caudal de salida con una mínima diferencia, esto se debe a que el caudal de salida pasa por el proceso de extracción de sólidos totales y lodos, además según (Bello, 2006) agrega que mediante el sistema anaerobio se produce la evaporación del agua residual mediante el proceso de nitrificación. (Azcona, 2011) refuta en su estudio que la velocidad que se halla no es constante ya que al salir el fluido del tanque el nivel disminuirá y afectará a la velocidad de descarga de salida.

Tabla 10:Caudales de salida de la PTAR.

Caudal de salida									
Día	Horario						Total Caudales Diarios		
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	Q. Promedio (l/s)	Q. Máximo (l/s)	Q. Mínimo (l/s)
Lunes	0,28	0,27	0,35	0,5	0,3	0,26	0,33	0,5	0,26
Martes	0,52	0,5	0,33	0,46	0,39	0,54	0,46	0,54	0,33
Miércoles	0,58	0,63	0,27	0,63	0,43	0,64	0,53	0,64	0,27
Jueves	0,34	0,44	0,48	0,75	0,93	0,82	0,63	0,93	0,34
Viernes	0,34	0,4	0,52	0,31	0,73	0,71	0,5	0,73	0,31
<b>Promedio Caudal Semanal</b>							<b>0,49</b>	<b>0,67</b>	<b>0,3</b>

Elaborado: Autor propio.

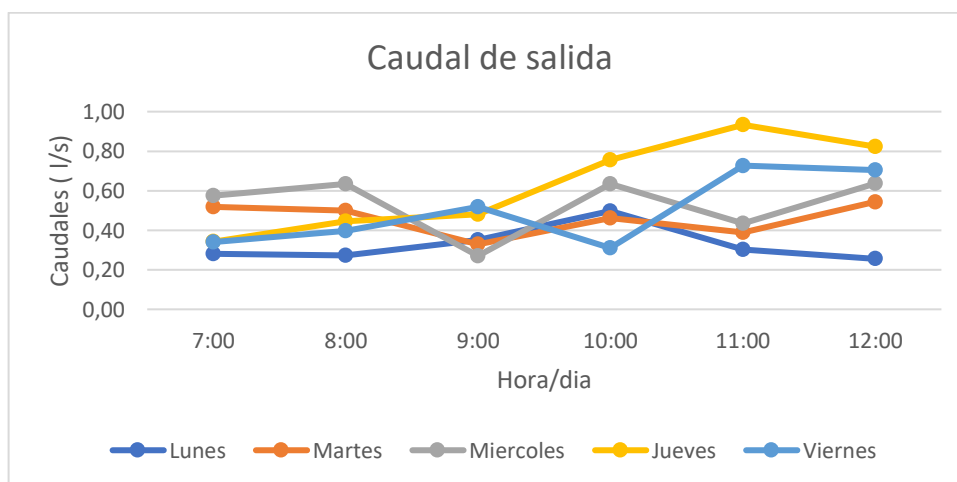


Figura 14:Resultados de los caudales diarios de entrada.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología.

### 4.2.3 Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la figura 11 se puede observar el parámetro  $DBO_5$  y sus concentraciones, en el ingreso se obtuvo un valor de 304 mg/l mientras que en la salida existe un valor de 109.6mg/l, se contrasta que existe una gran disminución de miligramos de oxígeno por litro de agua residual en relación del agua residual de entrada y salida. El  $DBO_5$  que ingresa por el caudal son generados por los desechos domésticos y desechos que trasplanta el agua de precipitación según objeto en el estudio de (Romero, 2014); puesto que la disminución que presenta la  $DBO_5$ , que surge de la planta de tratamiento es gracias al trabajo de sedimentación de sólidos en el filtro anaerobio de flujo ascendente (Ibarra, 2021).

Tabla 11: Resultados de entrada y salida de la  $DBO_5$ .

Demanda Bioquímica de Oxígeno									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
371	128	376	131	267	65	213	118	293	106

Elaborado: Autor propio.

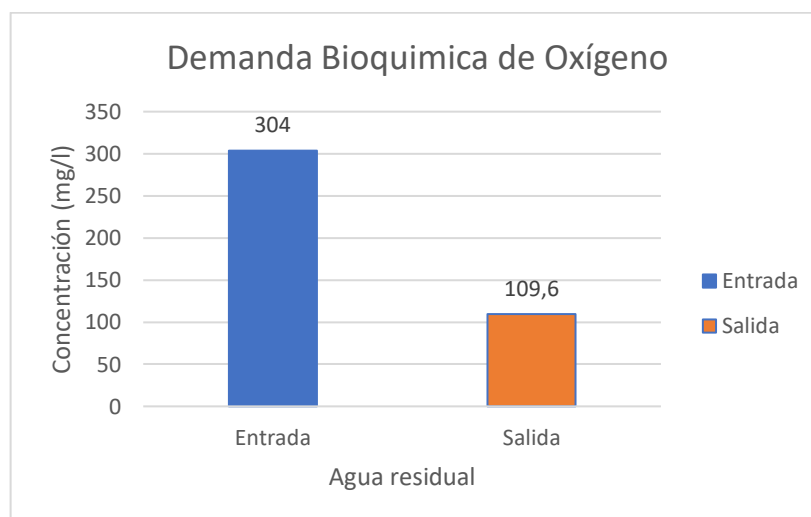


Figura 15: Resultado de entrada y salida del parámetro  $DBO_5$ .

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

- **Eficiencia de remoción Demanda Bioquímica de Oxígeno**

$$\% \text{ efi} = \frac{DBO5_{\text{afluente}} - DBO5_{\text{efluente}}}{DBO5_{\text{afluente}}} \rightarrow \% \text{ efi} = \frac{304 - 109,6}{304} * 100 = 63,94$$

Ecuación 3: Eficiencia de remoción  $DBO_5$ .

#### 4.2.4 Análisis de la Demanda Química de Oxígeno

Como se puede observar en la tabla 12 la concentración de DQO en la entrada del caudal es de 339.8 mg/l y su concentración en el caudal de salida es de 121.6 mg/l, existe disminución de este parámetro demostrando que el filtro anaerobio realiza su funcionalidad, pero no es su totalidad ya que, por falta de mantenimiento, su valor no se encuentra dentro de los límites permisibles. Según (Vargas, 2013) considera que la DQO que ingresa en la PTAR es un indicador de contaminantes orgánicos (desechos domésticos). Mientras que el DQO que fluye de la PTAR (Mercado et al., 2017) presenta valores altos por la acumulación de lodos en el filtro anaerobio, pero según nuestros resultados se agrega que ya por falta de mantenimiento y de condiciones idóneas, existe acumulación de lodos en el filtro anaerobio, sus valores no son altos.

Tabla 12: Resultados de entrada y salida de la DQO.

Demanda Química de Oxígeno									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
415	138	420	147	298	73	238	132	328	118

Elaborado: Autor propio.

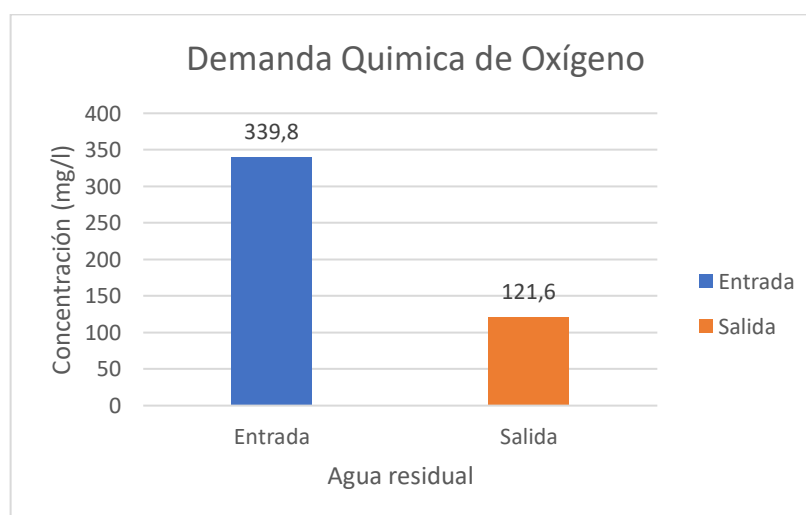


Figura 16: Resultado de entrada y salida del parámetro DQO.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

#### ● Eficiencia de remoción Demanda Química de Oxígeno

$$\% \text{ efi} = \frac{DQO_{\text{afluente}} - DQO_{\text{efluente}}}{DQO_{\text{afluente}}} \rightarrow \% \text{ efi} = \frac{339.8 - 121.6}{339.8} * 100 = 64.21\%$$

Ecuación 4: Eficiencia de remoción DQO.

- **Relación DBO<sub>5</sub>/DQO**

La relación que existe entre DBO<sub>5</sub>/ DQO se utiliza para saber que tanta biodegradabilidad posee esa agua residual y si el tratamiento biológico es necesario. Los resultados obtenidos del parámetro DBO<sub>5</sub> y DQO mediante la tabla 13, se demuestra la relación que existe para para determinar si necesita de un proceso biodegradable o no.

Tabla 13: Relación DBO<sub>5</sub>/DQO.

<b>RELACIÓN DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	
<b>DBO<sub>5</sub></b>	304
<b>DQO</b>	339,8
<b>TOTAL</b>	0,9

Elaborado: Autor propio.

Según datos obtenidos se verificó que el DBO<sub>5</sub> es de 304 mg/l y el DQO es de 339.8 mg/l obteniendo así un resultado de 0.9, empleando las palabras de (Macías, 2020) que ordinariamente si se encuentra entre los valores de 0.2 y 0.4 son moderadamente biodegradables y si es mayor a 0.4 se entiende que es un vertimiento muy biodegradable y eso requiere de un tratamiento biológico, como se obtuvo un valor de mayor al mencionado quiere decir que el tratamiento biológico utilizado en la planta es eficiente para la eliminación de los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO. Mientras más alta sea la relación existe mayor biodegradabilidad.

#### 4.2.5 Análisis de Sólidos Disueltos

En la tabla 14 se puede observar los valores obtenidos de sólidos disueltos, en el afluente se posee un valor de 417.8 ppm y en el efluente con un valor de 203.2 ppm, al respecto conviene decir que los valores elevados del afluente se deben a sedimentos de escorrentía, sedimentos de las tuberías, fertilizantes y desechos humanos según el estudio de (Román, 2018). El valor de salida se encuentra elevado ya que necesita de un tratamiento específico según (Elena & Pilar, 2017) indica que el uso de químicos como coagulantes accede remover una porción significativa de los sólidos disueltos.

Tabla 14: Resultados de entrada y salida de solidos disueltos.

<b>Sólidos Disueltos</b>									
<b>Lunes</b>		<b>Martes</b>		<b>Miércoles</b>		<b>Jueves</b>		<b>Viernes</b>	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
375	162	508	275	470	180	373	155	363	244

Elaborado: Autor propio.

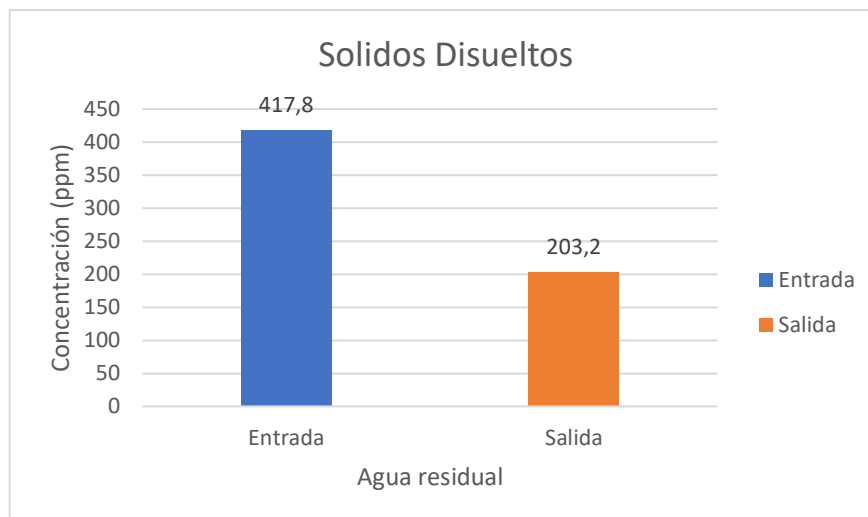


Figura 17: Resultado de entrada y salida de sólidos disueltos.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

- **Eficiencia de remoción Sólidos Disueltos**

$$\% \text{ efi} = \frac{SD_{\text{afluente}} - SD_{\text{efluente}}}{SD_{\text{afluente}}} \quad \rightarrow \quad \% \text{ efi} = \frac{417,8 - 203,2}{417,8} * 100 = 51,30$$

Ecuación 5: Eficiencia de remoción sólidos disueltos.

#### 4.2.6 Análisis de Sólidos Suspendidos

Se puede observar en la tabla 15 que el ingreso de sólidos suspendidos es de 98 ppm y la salida tiene una concentración de 28.40 ppm, son de naturaleza orgánica y se debe a los desechos humanos, restos de alimentos, sedimentos de las tuberías y fertilizantes según (Román, 2018) como la planta de tratamiento no posee rejillas o un desarenador los sólidos suspendidos siguen al proceso de sedimentación y son transportados a cuerpos hídricos ya que solo se trata una porción de este parámetro, a su vez reduce la eficacia de agentes desinfectantes del agua residual, por esta razón son conocidos como la turbidez del agua ya que interfieren en la protección de los microorganismos (Laws, 2003).

Tabla 15: Resultados de entrada y salida de sólidos suspendidos.

Sólidos Suspendidos									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
85	42	155	15	10	5	60	10	180	70

Elaborado: Autor propio.



Figura 18: Resultado de entrada y salida de sólidos suspendidos.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

- **Eficiencia de remoción Sólidos Suspendidos**

$$\% \text{ efi} = \frac{SS_{\text{afuente}} - SS_{\text{efluente}}}{SS_{\text{afuente}}} \rightarrow \% \text{ efi} = \frac{98 - 28,40}{98} * 100 = 71,02\%$$

Ecuación 6: Eficiencia de remoción sólidos disueltos.

#### 4.2.7 Análisis de Amonio

Se observa que el ingreso de amonio en la tabla 16 que posee un valor de 45.46 mg/l y la salida es de 28.08 mg/l, el valor de ingreso de amonio proviene de los desechos con presencia de nitrógeno como fertilizantes, detergentes y agua fecales; y el valor de salida disminuye por el proceso que realizan las bacterias en el filtro anaerobio, pero argumenta (Fernández et al., 2008) que con un medio aerobio o con borbotado de aire se inhibe el proceso el cual sucede el proceso de la hidrólisis enzimáticas indica que la aplicación de aire es eficaz para disminuir este parámetro.

Tabla 16: Resultados de entrada y salida del amonio.

Amonio									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
14,51	8,2	57,3	36,86	30,8	25,1	96,17	46,71	29,93	23,51

Elaborado: Autor propio.

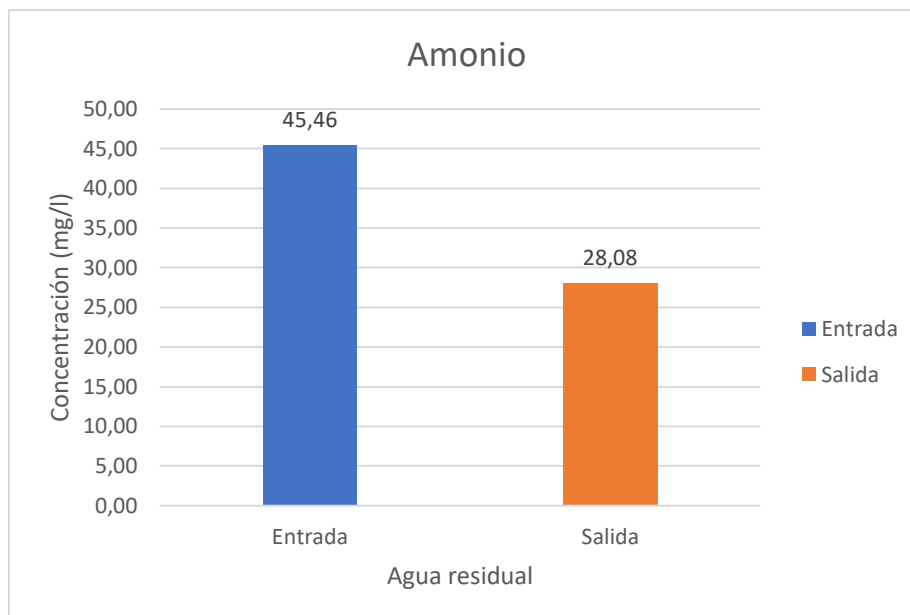


Figura 19: Resultado de entrada y salida del parámetro Amonio.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

- **Eficiencia de remoción Amonio**

$$\% \text{ efi} = \frac{\text{NH}_4\text{afluente} - \text{NH}_4\text{efluente}}{\text{NH}_4\text{afluente}} \rightarrow \% \text{ efi} = \frac{45.46 - 28.08}{45.46} * 100 = 38.23\%$$

Ecuación 7: Eficiencia de remoción amonio.

#### 4.2.8 Análisis de Fosfatos

Se puede observar en la tabla 17 que el ingreso del fosfato a la PTAR es de 6.16 mg/l y la salida de esta tiene una concentración de 4.45 mg/l, la concentración de fosfato proviene de los detergentes que se utilizan para diferentes formas de limpieza (Marrero et al., 2019). Mediante el proceso biológico los microorganismos necesitan de este nutriente entonces por eso en el caudal de salida existe una disminución, pero según (Marrero et al., 2019) es necesario de un proceso químico como la precipitación química para su eliminación total.

Tabla 17: Resultados de entrada y salida de fosfatos

Fosfatos									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
5,92	3,786	5,33	6,74	6,74	5,15	6,81	1,06	5,98	5,53

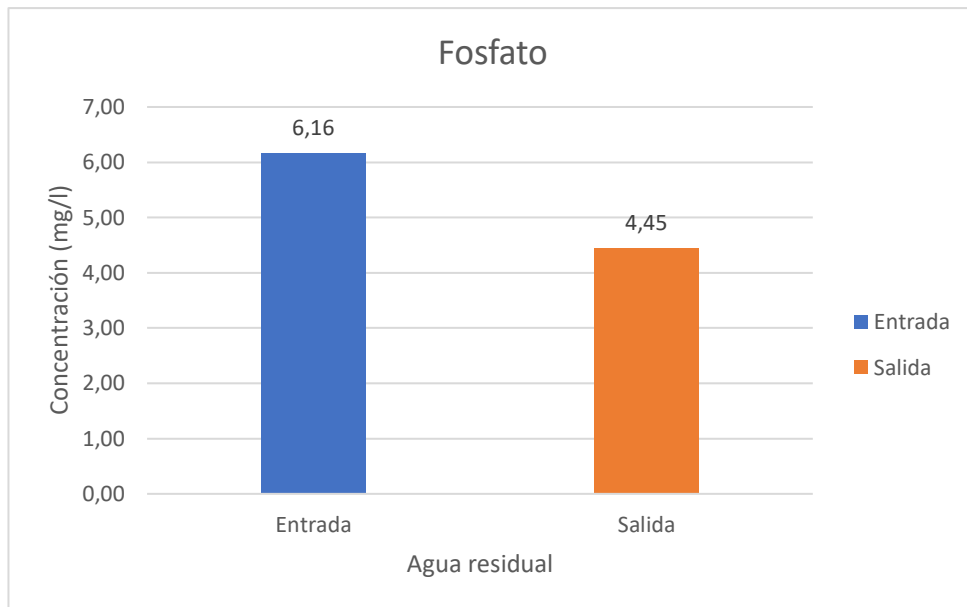


Figura 20: Resultado de entrada y salida del parámetro Fosfato.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

- **Eficiencia de remoción Fosfatos**

$$\% \text{ efi} = \frac{PO_{\text{afuente}} - PO_{\text{efluente}}}{PO_{\text{afuente}}} \% \rightarrow \text{efi} = \frac{6.16 - 4.45}{6.16} * 100 = 27.75\%$$

Ecuación 8: Eficiencia de remoción fosfatos.

#### 4.2.9 Análisis de Nitratos

Se observa la concentración de nitratos en la tabla 18, que ingresa a la PTAR es de 32.92 mg/l mientras lo que emerge de la PTAR es 4.76 mg/l, el nitrato que ingresa a la PTAR es derivado de la materia orgánica que se encuentra presente en los desechos higiénicos donde se encuentra presente compuestos nitrogenados (Marrero et al., 2019). Este parámetro sufre un proceso en el agua residual el cual se degrada creando amoníaco mediante bacterias las cuales al oxidarse dan origen a iones de nitrato terminando el proceso de nitrificación (Marrero et al., 2019).

Y existe su degradación ya que según (Fernández et al., 2008) indica en su estudio que el proceso ocurre de la siguiente manera mediante una reacción de descomposición anaerobia de la componente orgánica (desnitrificación) donde se toma oxígeno de los nitratos produciendo así nitrógeno gas que se elimina mediante fango que sedimenta con alta carga de materia orgánica oxidada por la reacción de descomposición anaerobia.

Tabla 18:Resultdos de entrada y salida de nitratos.

Nitratos									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
29,25	3,83	36,65	9,55	37,22	1,45	24,64	4,2	36,85	0

Elaborado: Autora.

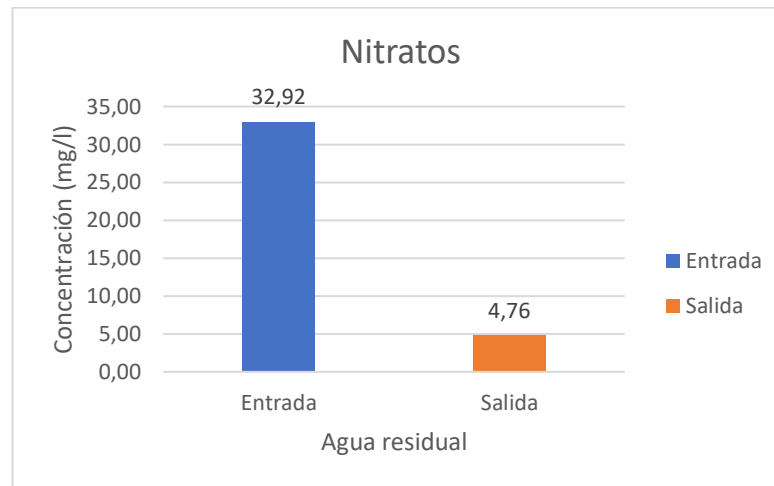


Figura 21:Resultado de entrada y salida del parámetro Nitratos.

Fuente: Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

- **Eficiencia de remoción Nitratos**

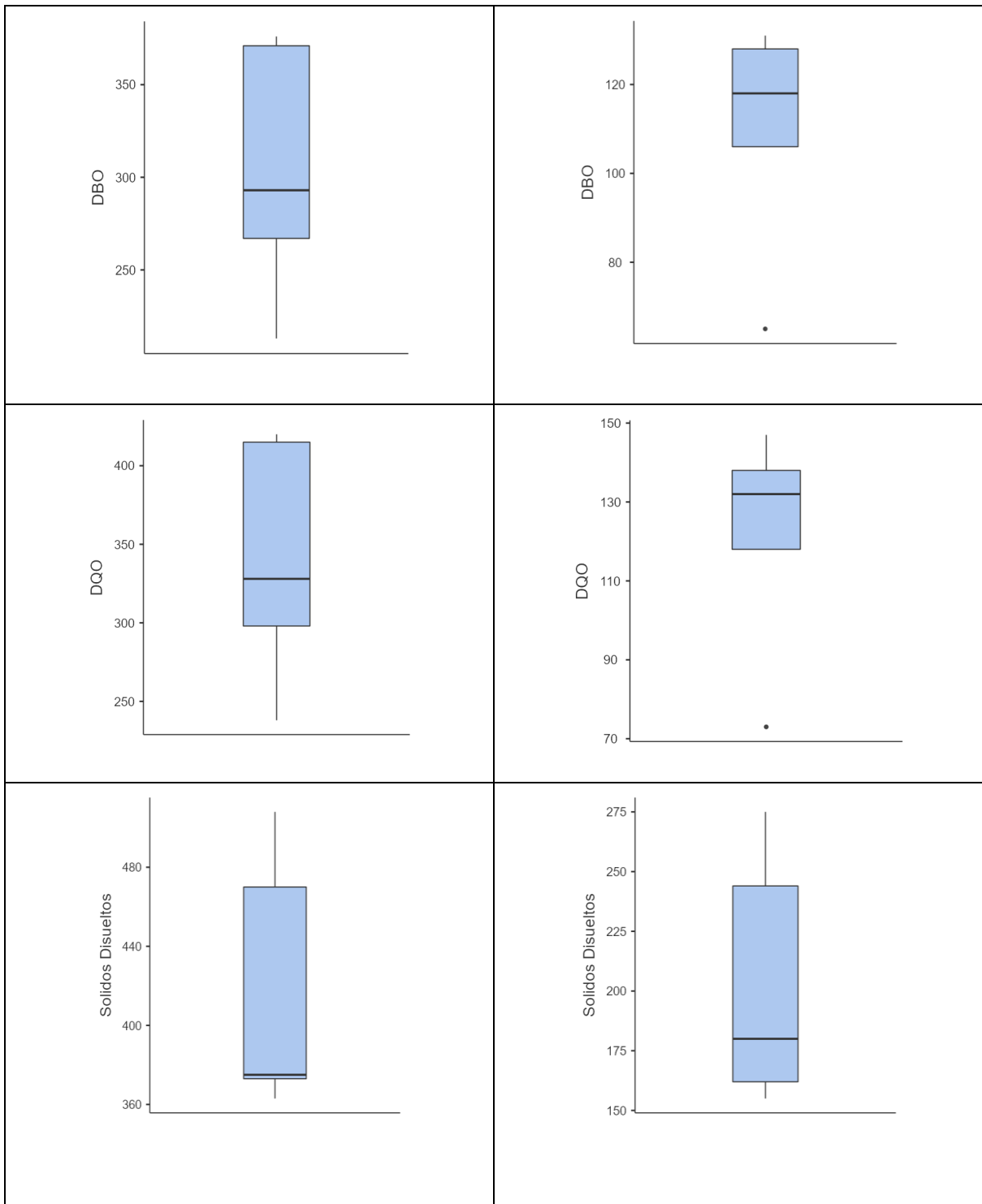
$$\% \text{ efi} = \frac{\text{NO}_{\text{afuente}} - \text{NO}_{\text{efluente}}}{\text{NO}_{\text{afuente}}} \rightarrow \% \text{ efi} = \frac{32,92 - 4,76}{32,92} * 100 = 85,54\%$$

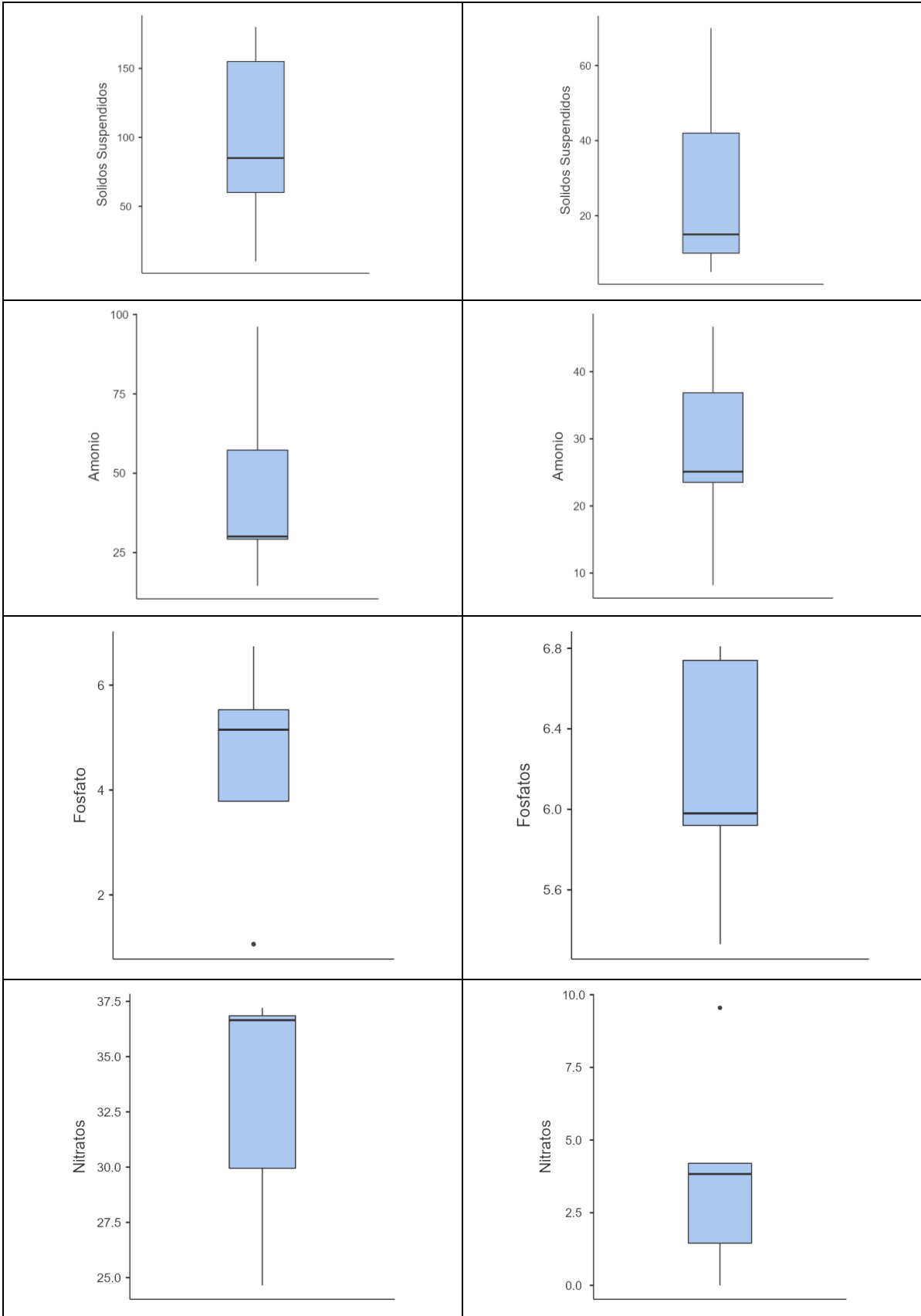
Ecuación 9: Eficiencia de remoción fosfatos.

### 4.3 Datos Atípicos

Mediante el análisis de datos atípicos graficados en boxplot se obtiene una validez estadística para trabajar con valores medios de los parámetros dados por el laboratorio. En tabla 19 se analiza los datos atípicos obtenidos y son los siguientes parámetros: DBO<sub>5</sub> de salida, DQO de salida, fosfatos de entrada y nitratos de salida esto se debe a valores extremos obtenidos en los análisis del laboratorio. Según (Franco, 2007) si existen valores extremos por debajo o encima de la caja es porque hay una mayor dispersión en el conjunto de datos, este tipo de datos se debe analizar de la mejor manera para poder tomar una decisión en para considerar si se usa la media de la dispersión o la mediana.

Tabla 19: Datos atípicos de entrada y salida de los parámetros:  $DBO_5$ , DQO, SD, SS,  $NH_4$ ,  $PO_4$  y  $NO_3$ .





Fuente: Investigación de laboratorio.

Elaborado: Autor propio.

#### 4.4 Análisis estadístico de los parámetros de calidad de agua

Se efectuó una estadística descriptiva (tabla 20) el cual contribuyó para describir y comprender los resultados obtenidos de las diferentes muestras compuestas del afluente para caracterizar las aguas residuales domésticas. Para comenzar el agua residual residencial se caracteriza por poseer una concentración promedio de materia orgánica ( $DBO_5$ ) con un valor de  $304 \pm 69.7$  mg/l según (Metcalf & Eddy 1995), por lo general sus valores oscilan entre 110 mg/l y 400 mg/l. El valor máximo con 376 mg/l no se encuentra dentro del rango de Límites máximo permisible de la descarga al sistema de alcantarillado público mientras que su valor mínimo si con 213 mg/l. El nivel de contaminación que se encuentra el  $DBO_5$  es agua moderadamente contaminada.

Depende de las actividades que se realiza en la zona para determinar su carga orgánica en este caso hay la existencia nula de lugares comerciales, solo consta de agua residual doméstica y de agricultura la cual manifiesta que su carga orgánica (DQO) es de  $340 \pm 78$  mg/l. (Pulla & Tapia, 2018) reportaron valores entre

Además, se caracteriza por poseer nutrientes y el valor promedio de fosfatos y nitratos que se obtuvo en la caracterización son los siguientes: 6.16 y 33.1 mg/l. Estas concentraciones se deben a los compuestos provenientes de la urea, heces de animales y compuestos químicos (Carrasquera et al., 2014).

Tabla 20: Resultados estadísticos de los distintos parámetros del caudal de entrada.

	$DBO_5$	DQO	Solidos Disueltos	Solidos Suspendidos	Amonio	Fosfatos	Nitratos
Mean	304	340	418	98.0	45.5	6.16	33.1
Std. error mean	31.2	34.9	29.8	31.1	14.4	0.277	2.50
Median	293	328	375	85	30.1	5.98	36.6
Standard deviation	69.7	78.0	66.5	69.5	32.3	0.620	5.59
Mínimum	213	238	363	10	14.5	5.33	24.6
Maximum	376	420	508	180	96.2	6.81	37.2

Fuente: Investigación de laboratorio.

Elaborado: Autor propio.

#### 4.5 Remoción de contaminantes

Mediante la tabla 21 se puede evidenciar que los siguientes parámetros son los que cumplen con la normativa del Acuerdo Ministerial No. 097-A, 2015: DQO, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, amonio, fosfatos y nitratos; que vendría a simbolizar el 85.71% de los parámetros que si cumplen; caso contrario de los parámetros que no cumplen es  $DBO_5$  este se haya fuera del límite permisible y posee una eficiencia del 63.94%, según el estudio de (Campos, 2022) posee un porcentaje de remoción del 85.08%, la eficiencia de remoción se debe en el filtro anaerobio comprueba que existe poca o nula acción en el sistema de tratamiento.

Con relación a porcentaje de remoción del  $DBO_5$  (Tilley et al., 2018) indica que cuando se reduce su eficiencia debe limpiarse colocando el sistema en reversa o al revolver y limpiar el material del filtro. En otro estudio realizado por (Llobregat & Armando, 2022) demuestra que el crecimiento excesivo de microorganismos causa taponamiento, de la misma forma, la creciente masa bacteriana se espesa demasiado, se quebrará y llegará a obstruir los poros.

Al respecto diversos autores señalan que cuando se trata de aguas residuales domésticas, deben tener valores de  $DBO_5$  que oscilen entre los 200 a 300mg/l mientras que (Gil, 2005) indica que debe estar dentro del rango de 100 a 400 mg/l, por otro lado, (Vicente, 2015) indica que el rango de 20 a 100 mg/l es clasificada como agua levemente contaminada. Frente a lo expuesto y según los datos obtenidos del parámetro que si supera. es un agua levemente contaminada.

Por último, según el estudio de (Alvis, 2015) en Colombia prevalece criterios de Decreto de 2015 según la resolución de 631 la cual pronuncia que los porcentajes de remoción de los siguientes parámetros debe cumplir un porcentaje de eficiencia del 80% para el vertimiento de agua residuales en cuerpos de agua. El único parámetro que cumple con el porcentaje son los nitratos ya que es el 85.54%.

Tabla 21: Remoción de contaminantes de la PTAR "Laureles".

Parámetros	Promedio		Parámetros		Cumple con la Norma		Porcentajes de remoción de contaminantes.
	Entrada	Salida	Unidad	TULAS	Si	No	
DBO <sub>5</sub>	304	109,6	mg/l	100		X	63,94%
DQO	339,8	121,6	mg/l	200	X		64,21%
Sólidos disueltos	417,8	203,2	ppm	1000	X		51,30%
Sólidos suspendidos	98	28,4	ppm	100	X		71,02%
Amonio	45,46	28,08	mg/l	30	X		38,23%
Fosfatos	6,16	4,45	mg/l	NA	X		27,75%
Nitratos	32,92	4,76	mg/l	10	X		85,54%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Autor propio.

Algo más que añadir se caracterizó por parámetros físicos y químicos y se obtuvo los siguientes resultados (figura 22) los cuales se tiene presente como parámetros físicos a: sólidos disueltos y sólidos suspendidos; mientras que como parámetros químicos a DBO<sub>5</sub>, DQO, amonio, fosfatos y nitratos. Las diferencias que existe son porque supera el límite máximo permisible ya que como se menciona es el parámetro DBO<sub>5</sub>. Según (Pulla & Tapia, 2018) que se maneja con un sistema de planta tratamiento similar indica se debe a la infraestructura, esto sumado a el hecho de que las actividades relacionadas al mantenimiento no son las esperadas cumplen con un alto porcentaje de cumplimiento por parámetros.

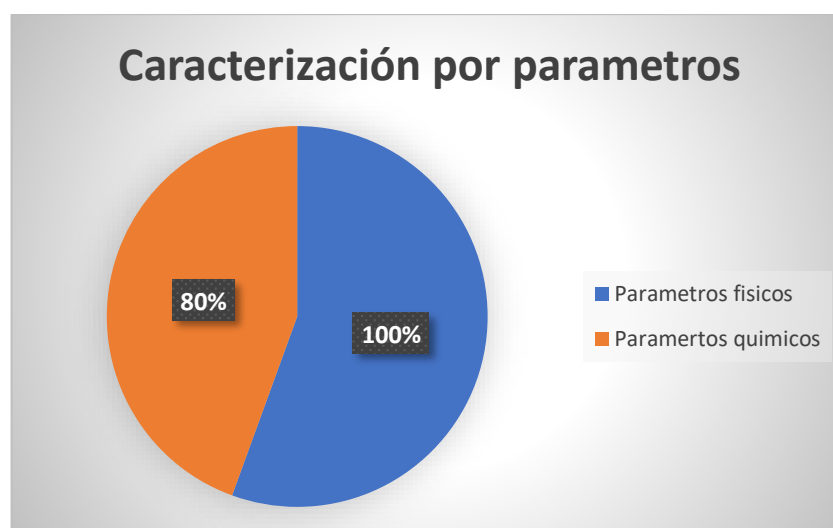


Figura 22: Caracterización de parámetros.

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES

- En cuanto a las evaluaciones elaboradas a la planta de tratamiento “Laureles” de Santa Ana se estableció lo siguiente: los caudales de entrada concurre un incremento en las horas pico mientras que el caudal de salida es constante; además en la caracterización de los parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitratos, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, amonio, fosfatos y nitratos se confirmó que si cumple con el Acuerdo Ministerial No. 097- A de la norma vigente del país a excepción del  $DBO_5$  la cual no cumple con las exigencias de descarga.
- En esta investigación se evidenció que la planta de tratamiento de aguas residuales posee el siguiente proceso depurativo: (1) Caja de entrada, (2) fosa séptica y (3) filtro anaerobio de flujo ascendente. Adicionalmente se considera el lecho de secado de lodos procedentes de los procesos de tratamiento con lo cual, este diseño es habitual en plantas de tratamiento de aguas residuales rurales.
- Se determinó que la PTAR remueve efectivamente los contaminantes esperados para un tratamiento primario y secundario obteniendo los siguientes resultados:  $DBO_5$ : 63.94%, DQO: 64.21%, sólidos disueltos: 51.30%, sólidos suspendidos: 71.02%, amonio: 38.23%, fosfatos: 27.75% y nitratos: 85.54% aportando así positivamente la calidad del agua a un cuerpo receptor.
- Es importante señalar la concentración de coliformes fecales en el afluente que posee un valor de  $1.60E+07$  NMP, como la planta de tratamiento de aguas residuales no abarca un tratamiento terciario la concentración del efluente de coliformes es mínima a comparación en el afluente. Es importante aclarar que la alternativa para la eliminación de coliformes y otros patógenos es el proceso de cloración.

## CAPÍTULO VI

### 6 RECOMENDACIONES

- Debido al diseño de la planta es importante elevar la eficiencia de remoción de la planta con la construcción de un tratamiento primario (rejas, desarenador) y una unidad terciaria para los parámetros de nitrógeno, fosforo y coliformes ya que estos no son removidos en su totalidad por la planta. Como tratamiento terciario puede utilizarse la fitorremediación o la cloración; ya que la fitorremediación aprovecha la capacidad de la planta para absorber y acumular metales pesados y algunos compuestos orgánicos.
- Dar una capacitación al personal encargado del mantenimiento de la planta, explicando cada proceso y en detalle el lugar de la toma de muestra para así determinar la eficiencia de cada proceso para mejoras de la planta.
- Se recomienda realizar un análisis de lodos y mejorar el lugar de disposición de este; además sería útil aplicar cal para así disminuir los olores y darles una disposición final como compost.
- Añadir un programa de muestreo permanente al sistema de tratamiento, la cual permitirá obtener una gran cantidad de información determinando la eficiencia de remoción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, E. (2017). *Manual de Medición de Caudales*. 24.  
<https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medición-de-caudales-ICC.pdf>
- Alvis, C. (2015). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del complejo urbanísticos Barcelona de Indias*.  
[https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/305/Alvis Yepes%2C Cristhian - 2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/305/Alvis_Yepes%2C_Cristhian_-_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aspajo, Lolo. (2018). *Evaluación de la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales respecto a los límites máximos permisibles de aguas residuales de los distritos de Elías Soplan Vargas y Soritor*.
- Azcona, Abel. (2011). *Estimación del caudal de descarga de un tanque abierto*.
- Bello, Anggie. (2006). *Evaluación de la problemática de remoción de fósforo y cloruros de los efluentes residuales de una empresa manufacturera de alimentos ubicada en el estado Aragua*.
- Cabrera, Alberto., & Zevallos, Alfredo. (2019). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jaén*.
- Campos, K. (2022). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, PH, T, aceites y grasas, en Sorochuco, Celendín, Cajamarca*.
- Carhuas, Wilmer. (2019). *Diseño y ejecución de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en zonas rurales*.
- Carrión, Daniela. (2016). *El tratamiento de aguas residuales y su influencia en el derecho a un ambiente sano de los ciudadanos que habitan en el entorno del río Machángara al sur del distrito metropolitano de Quito en el año 2014*.
- Código Orgánico del Ambiental*, 1 (2017) (testimony of Código Orgánico del Ambiental).
- Constitución de la República del Ecuador*, 1 (2008) (testimony of Constitución de la República del Ecuador).  
[https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf)
- Díaz, J. R., Lezama, J., Medina, A. E., & Chávez, G. (2019). Evaluación de la eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín. *Cajamarca*, 18, 61–68.  
<http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/252>

- Elena, Broncano., & Pilar, Rosario. (2017). *Eficiencia del Tropaeolum Tuberosum y la cáscara de Solunam Tuberosum como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos, en el río Lllallán, provincia de Caraz, Ancash-2016.*  
[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1976/T033\\_46281051\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1976/T033_46281051_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ETAPA EP. (2021). *Planta de tratamiento de aguas residuales.*  
<https://www.etapa.net.ec/informacion/saneamiento/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Fernández, Esther., Garrido, José., Coda, Francesc., Pujol, Ramon., & Coma, Sergi. (2008). *Eliminación del nitrógeno amoniacal en aguas residuales sanitarias.* 1–6.  
<https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/33/40/a40.pdf>
- Franco, V. (2007). Estadística Descriptiva para Ingeniería Ambiental con SPSS. In *Impresora Feriva* (Vol. 1, Issue 1).
- Flores, N., & Yáñez, A. (2016). *Depuración de material refractario de aguas residuales de una industria textil aplicando adsorción con carbón activado, a escala experimental.*  
<https://es.scribd.com/document/375860004/Tratamiento-de-Agua-Residual-Textil-a-Partir-de-Un-Metodo-Terciario-Carbon-Activado>
- GAD Parroquial Santa Ana. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Santa Ana.*  
[http://www.santana.gob.ec/images/cuentas2019/PDOT\\_SANTA\\_ANA\\_2019-2023.pdf](http://www.santana.gob.ec/images/cuentas2019/PDOT_SANTA_ANA_2019-2023.pdf)
- Galeano, Johana., & Rojas, D. (2016). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de agua residual por Zanjón de oxidación para el casco urbano del municipio de Vélez - Santander.*
- García, J. (2018). *Propuestas metodológicas de indicadores de evaluación de sustentabilidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas orientadas al sector rural.*  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19075/1/CD-8476.pdf>
- Gil, M. (2005). *Procesos de descontaminación de aguas : cálculos informatizados avanzados.* Thomson.
- Hernández, D. (2016). *Análisis de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales en el Coca para la empresa Vacuumtruck Servicies.*  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4691/1/58863\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4691/1/58863_1.pdf)
- Ibarra, D. (2021). *Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.*  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6182/1/T-UTEQ-127.pdf>

- INEN. (2013). *agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras*.  
<https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/n-te-inen-2169-agua.-calidad-del-agua.-muestreo.-manejo-y-conservaci3n-de-muestras.pdf?x42051>
- Jackson, D., Winkler, M., & Stenstrom, T. (2016). *Planificaci3n de la seguridad del saneamiento*.  
<https://www.who.int/home/cms-decommissioning>
- Laws, Jessica. (2003). *Evaluaci3n ambiental del sistema Toh3 en la remoci3n de Salmonella en aguas servidas dom3sticas*. [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11\\_08-30-51140061.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_08-30-51140061.pdf)
- Reglamento Ley Recursos H3dricos Usos y Aprovechamiento del Agua*, 1 (2015) (testimonio de la Ley Recursos H3dricos Usos Y Aprovechamiento del Agua).  
<http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf>
- Llobregat, Mar3a., & Armando, Jean. (2022). simulaci3n de procesos de tratamiento de aguas residuales con reactores anaerobios o biodiscos. *ingenier3a uc*.  
[https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/libros/documentos\\_nuevos/2.pd](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/libros/documentos_nuevos/2.pd)
- Mac3as, Astrid. (2020). *An3lisis del arranque, estabilizaci3n y operaci3n de una PTAR, evaluando el dise1o de los m3ltiples de distribuci3n del agua residual* [Medell3n, Colombia].  
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/16739>
- Marrero, Jerson., Rojas, Jorge., & Bobadilla, Jorge. (2019). Optimizaci3n de la remoci3n simult3nea de nitrato, nitrito, amonio y fosfato de aguas residuales municipales. *Scielo Per3*, 227(10), 1–10. <https://doi.org/10.1007/S11270-016-3066-X>
- Mart3nez, Jorge. (2018). *Estudio de la eficiencia de la planta de tratamiento y aguas residuales en el sector "Techo Propio 1" bajo la operaci3n y administraci3n de la eo-emapa-a*.  
<http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/923/1/martinez%20carrasco%20jorge%20andres.pdf>
- Medina, Walter. (2019). *Remoci3n de la demanda bioqu3mica de ox3geno (DBO5) en un reactor anaer3bico secuencial discontinuo tratando agua residual dom3stica*.  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2872/1/T-ULVR-2609.pdf>
- Mercado, Rodolfo., Verduguez, Jeannette., & Iriarte, Mercedes. (2017). Eficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales de ciudades intermedias y peque1as en Cochabamba. *muestreos puntuales 2012-2017*. 2017, 1–6.  
[https://www.academia.edu/37606589/eficiencia\\_de\\_plantas\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residua](https://www.academia.edu/37606589/eficiencia_de_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residua)

les\_de\_ciudades\_intermedias\_y\_pequeñas\_en\_cochabamba\_muestreos\_puntuales\_2012\_2017

- Metcalf & Eddy. 1995. INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES: Tratamiento, Vertido y Reutilización. 3 ed. Trillo, JD (trad.). Madrid, España, Mcgraw- Hill/interamericana de España, S.A. v.1, 504 p. Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene*. <https://www.unicef.org/ecuador/informes/agua-saneamiento-e-higiene>
- Muñoz, Amílcar. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/514/?sequence=1>
- Pulamarin, Luis. (2016). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de sus aguas residuales para la localidad de el Taxo perteneciente a la parroquia Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17258/1/CD-7762.pdf>
- Pulla, Paúl., & Tapia, Daniel. (2018). *Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31519>
- Reutelshofer, Tina., & Guzmán, Luis. (2015). *Guía para la toma de muestras de agua residual: Vol. I* (PERIAGUA, Ed.). [https://bivica.org/files/5376\\_aguas-residuales-muestra.pdf](https://bivica.org/files/5376_aguas-residuales-muestra.pdf)
- Román, Katherine. (2018). *Validación de métodos para determinación de pH, conductividad, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos disueltos en agua en el laboratorio ambiental environovalab*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15362/1/T-UCE-0017-0095-2018.pdf>
- Romero, Ana. (2014). *Evaluación de la calidad del agua del río Tomebamba mediante el índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf>
- Sisalema, J. (2016). *evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales "Ubillus", en la parroquia Pintag e implementación del sistema de gestión integrado*.
- Texto Unificado Legislación Secundaria. (2015). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Tilley, Elizabeth., Ulrich, Lukas., Luthi, Christoph., Reymond, Philippe., Schertenleib, Roland., & Zurbrugg, Christian. (2018). *Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente*. <https://sswm.info/es/gass->

perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/recoleccion-y-almacenamiento/filtro-anaerobio-de-flujo-ascendente

Vargas, Andrés. (2013). *Caso de estudio. Analizar la calidad de agua vertida en el efluente, por parte de la universidad Militar Nueva Granada.*

file:///C:/Users/talle/OneDrive/Escritorio/TESIS/analisis parametros.pdf

Vega, Marina. (2012). *Eficiencia en Plantas de Tratamiento de aguas residuales* (Girón, Víctor.).

<http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Agua%20y%20Saneamiento/Eficiencia%20en%20Plantas%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales.pdf>

Vicente, K. (2015). *Evaluación de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domesticas en las lagunas de estabilización de la ciudad de Uchiza.*

<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1042/CSA2015003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villamar, C., Vera, I., & de la Hoz, F. (2017). *Reuse and recycling of livestock and municipal wastewater in Chilean agriculture: a preliminary assessment. Agricultura Wáter Management (Submitted).*

Villanueva, I., & Yance, j. (2017). *Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termo tolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca.*

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3781/villanueva%20aliga%20-yance%20soto.pdf?sequence=1&isallowed=y>

## ANEXOS

### Anexos 1: Resultado de análisis de laboratorio de la PTAR "Laureles"

 Universidad Católica de Cuenca <b>CIITT- LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA- HYDROLAB</b>			
HACIENDA MIRACIELOS-RICAURTE			
<b>CODIGO:</b> UCC-LCAR-F05	<b>ELABORADO:</b> Ing. María Eugenia Quinteros Msc.	<b>ELABORADO Y REVISADO:</b> Ing. Carlos Matovelle B. Msc.	<b>Nº INFORME:</b> IN-CAR-032
<b>CODIGO MUESTRA:</b>	CAR001-CAR006	<b>FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:</b>	9/11/2021
<b>PROYECTO:</b>	Eficiencia de una planta de tratamiento de Aguas Residuales del Cantón Santa Ana	<b>SOLICITANTE:</b>	Belen Vintimilla
<b>UNIDAD ACADEMICA SOLICITANTE:</b>	Ingeniería Ambiental	<b>RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:</b>	Belen Vintimilla
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	Agua Residual	<b>MODO DE CONSERVACIÓN:</b>	Refrigeración
<b>FECHA DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS:</b>	18/10/21-22/10/21	<b>HORA DE RECOLECCIÓN:</b>	8:15
<b>FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:</b>	18/10/21-22/10/21	<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	8:30
<b>FECHA DE INICIO DE ENSAYOS</b>	18/10/2021	<b>FECHA DE FIN DE ENSAYOS:</b>	22/10/2021

Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA			
			Día	Resultados 21-050	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Método 5210 Literal D. Técnica: Respirométrica	mg/L	Día 2-Entrada	376	250 mg/L	0-700 mg/L
		mg/L	Día 3-Entrada	267		
		mg/L	Día 4-Entrada	213		
		mg/L	Día 5-Entrada	293		
		mg/L	Día 1-Salida	371	100 mg/L	
		mg/L	Día 2-Salida	131		
		mg/L	Día 3-Salida	65		
		mg/L	Día 4-Salida	118		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Método 5220 Literal D. Técnica: Espectrofotometría	mg/L	Día 2-Entrada	420	500 mg/L	20-1500 mg/L
		mg/L	Día 3-Entrada	298		
		mg/L	Día 4-Entrada	238		
		mg/L	Día 5-Entrada	328		
		mg/L	Día 1-Salida	415	250 mg/L	
		mg/L	Día 2-Salida	147		
		mg/L	Día 3-Salida	73		
		mg/L	Día 4-Salida	132		
Sólidos Disueltos	Técnica: Electrodo	ppm	Día 2-Entrada	508	No aplica	No aplica
		ppm	Día 3-Entrada	470		
		ppm	Día 4-Entrada	373		
		ppm	Día 5-Entrada	363		
		ppm	Día 1-Salida	375	No aplica	
		ppm	Día 2-Salida	275		
		ppm	Día 3-Salida	180		
		ppm	Día 4-Salida	155		
		mg/L	Día 5-Salida	244		
		mg/L	Día 2-Entrada	155		
		mg/L	Día 3-Entrada	10	200 mg/L	

Sólidos Suspendidos	Técnica: Gravitimetría	mg/L	Día 4-Entrada	60	100 mg/L	No aplica
		mg/L	Día 5-Entrada	180		
		mg/L	Día 1-Salida	85		
		mg/L	Día 2-Salida	15		
		mg/L	Día 3-Salida	5		
		mg/L	Día 4-Salida	10		
Amonio	Método del Salicilato 10031 Hach	mg/L	Día 2-Entrada	57,3	No aplica	0,4-50 mg/L NH3
		mg/L	Día 3-Entrada	30,08		
		mg/L	Día 4-Entrada	95,17		
		mg/L	Día 5-Entrada	29,23		
		mg/L	Día 1-Salida	14,51	No aplica	
		mg/L	Día 2-Salida	36,85		
		mg/L	Día 3-Salida	25,1		
		mg/L	Día 4-Salida	46,71		
Fosfatos	Método 4500 P Literal: E Técnica: Espectrofotometría	mg/L	Día 2-Entrada	5,04/5,62	No aplica	0,02-2,5 mg/L
		mg/L	Día 3-Entrada	8,52/4,96		
		mg/L	Día 4-Entrada	7,22/6,40		
		mg/L	Día 5-Entrada	5,42/6,54		
		mg/L	Día 1-Salida	5,46/6,38	No aplica	
		mg/L	Día 2-Salida	6,7/4,8		
		mg/L	Día 3-Salida	5,54/4,76		
		mg/L	Día 4-Salida	0,76/1,37		
Nitratos	Método 4500 NO3 Literal: E Técnica: Espectrofotometría	mg/L	Día 2-Entrada	35,3/38	No aplica	0,3-30 mg/L
		mg/L	Día 3-Entrada	30,13/44,3		
		mg/L	Día 4-Entrada	23,6/25,7		
		mg/L	Día 5-Entrada	36,7/37		
		mg/L	Día 1-Salida	30,3/28,2	10 mg/L (Nítritos + Nitratos)	
		mg/L	Día 2-Salida	10,7/8,4		
		mg/L	Día 3-Salida	1,9/1		
		mg/L	Día 4-Salida	3,4/5		
mg/L	Día 5-Salida	-1,9/-5,2				

<b>NOTAS:</b>	Entrada- Libro VI Anexo 1: Tabla 11-Limites de descarga al sistema de alcantarillado público. Salida-Libro VI Anexo 1: Tabla 12-Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

--

Coordinador de Laboratorio	Técnico Responsable

- **PARAMETROS INSITU**

*Anexos 2: Resultados de los parámetros insitu del afluente de la PTAR “Laureles”*

Afluente					
	Hora	pH	Temperatura° c	Conductividad uS/cm	Solidos Suspendidos (PPM)
Lunes	7:00	8,36	14	1030	581
	8:00	8,36	14,2	980	472
	9:00	8,38	15,1	1106	540
	10:00	8,39	16,2	1080	552
	11:00	8,08	17,4	1102	586
	12:00	8,01	18,3	1072	578
Martes	7:00	8,36	15,2	1090	576
	8:00	8,37	15,9	1140	571
	9:00	8,39	16,4	1104	551
	10:00	8,39	17,6	1078	536
	11:00	8,1	18,8	953	476
	12:00	8,01	20	1062	531
Miércoles	7:00	8,28	13,2	802	510
	8:00	8,43	17,6	1029	514
	9:00	8,42	17,6	1180	587
	10:00	8,25	19,3	870	434
	11:00	7,82	20,5	784	393
	12:00	7,74	21,8	726	363
Jueves	7:00	8,3	13,5	720	425
	8:00	8,25	14,5	750	350
	9:00	8,24	16,5	902	390
	10:00	8,24	18,7	907	452
	11:00	8,17	18,8	647	323
	12:00	8,19	18,3	722	364
Viernes	7:00	8	15,8	1045	505
	8:00	8,01	16,5	902	511
	9:00	8,01	18,3	1051	525
	10:00	7,95	18,9	700	346
	11:00	7,9	19,2	901	450
	12:00	7,86	22,1	689	343

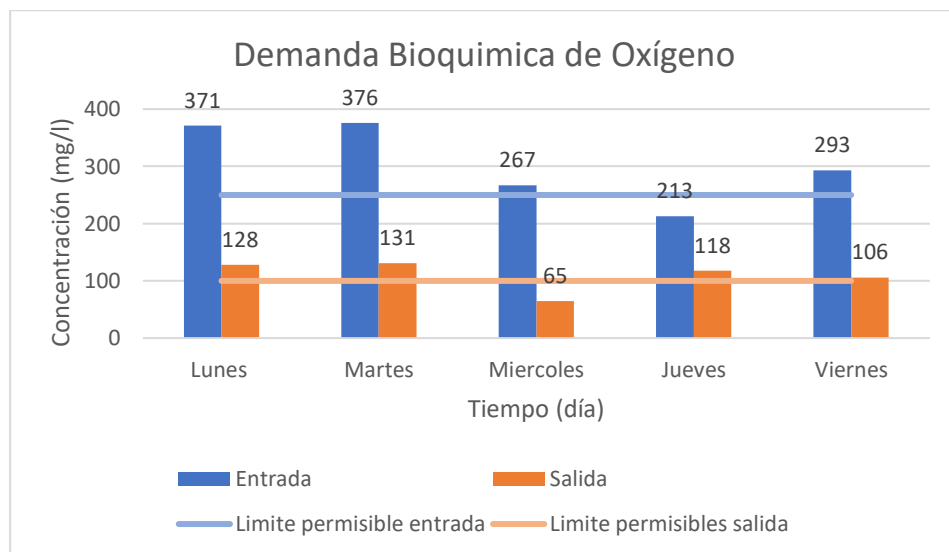
Anexos 3: Resultados de los parametros insitu del efluente de la PTAR "Laureles"

Efluente					
	Hora	pH	Temperatura° c	Conductividad uS/cm	Solidos suspendidos (PPM)
Lunes	7:00	7,1	14,2	390	205
	8:00	7,5	14,25	480	220
	9:00	7,3	15,12	472	215
	10:00	7,45	16,21	435	236
	11:00	7,06	17,43	480	246
	12:00	7,74	18,32	460	270
Martes	7:00	7,02	15,26	450	232
	8:00	7,4	15,92	437	249
	9:00	7,45	16,42	445	254
	10:00	7,32	17,63	442	225
	11:00	7,55	18,81	395	250
	12:00	7,65	20,01	432	231
Miércoles	7:00	7,36	13,18	424	210
	8:00	7,41	17,5	449	222
	9:00	7,45	17,9	434	217
	10:00	7,32	19,5	440	219
	11:00	7,55	20,2	451	224
	12:00	7,28	20,9	430	216
Jueves	7:00	7,5	12,5	350	120
	8:00	7,45	13,2	320	180
	9:00	7	16,2	350	150
	10:00	7,74	17,8	375	187
	11:00	7,77	17	402	199
	12:00	7,15	17,2	380	180
Viernes	7:00	7,7	15,79	480	230
	8:00	7,2	16,6	410	211
	9:00	7,59	18,3	493	246
	10:00	7,61	18,8	490	246
	11:00	7,28	19	508	253
	12:00	7,3	22	485	220

Anexos 4: Resultados del parámetro  $DBO_5$  de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

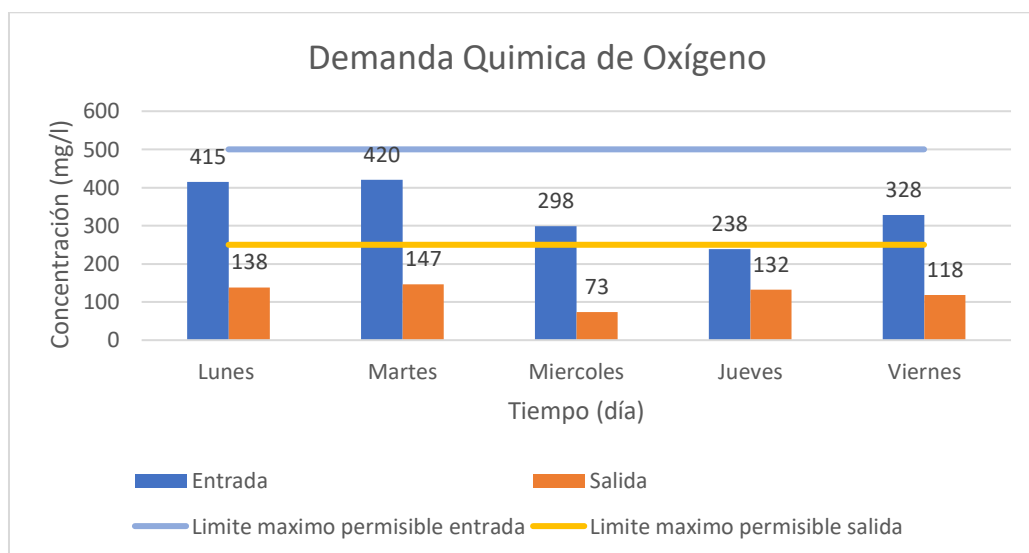
<b><math>DBO_5</math></b>				
	<b>Día</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidad</b>	<b>Limite permisible</b>
<b>Entrada</b>	Lunes	371	mg/l	250 mg/l
	Martes	376	mg/l	
	Miércoles	267	mg/l	
	Jueves	213	mg/l	
	Viernes	293	mg/l	
	Media	304	mg/l	
	D. estándar	69,72	mg/l	
	Variación	0,23	22,93%	
<b>Salida</b>	Lunes	128	mg/l	100 mg/l
	Martes	131	mg/l	
	Miércoles	65	mg/l	
	Jueves	118	mg/l	
	Viernes	106	mg/l	
	Media	109,6	mg/l	
	D. estándar	26,78	mg/l	
	Variación	0,24	24,44%	

Anexos 5: Resultados de entrada, salida y su límite permisible del parámetro  $DBO_5$ .



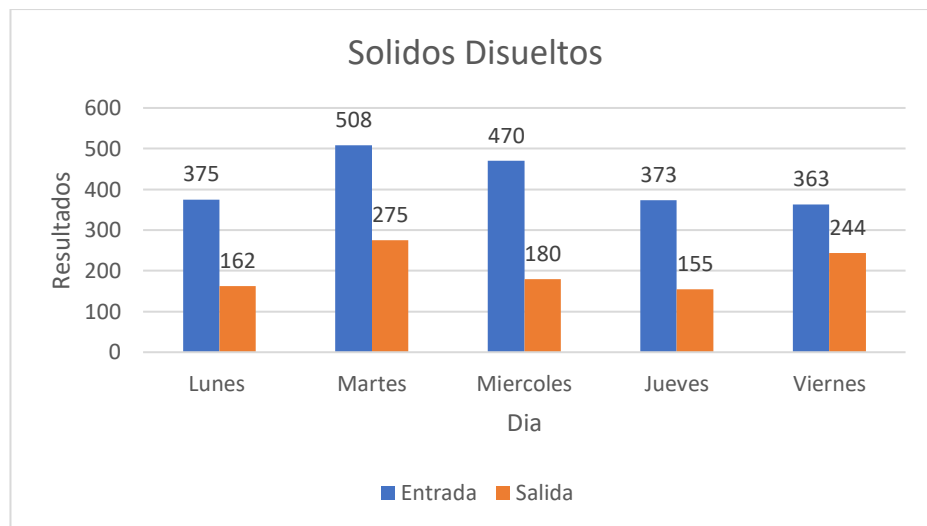
Anexos 6: Resultados del parámetro DQO de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

DQO				
	Día	Resultados	Unidad	Límite permisible
Entrada	Lunes	415	mg/l	500 mg/l
	Martes	420	mg/l	
	Miércoles	298	mg/l	
	Jueves	238	mg/l	
	Viernes	328	mg/l	
	Media	339,8	mg/l	
	D. Estándar	78,00		
	Variación	0,23	22,96%	
Salida	Lunes	138	mg/l	250 mg/l
	Martes	147	mg/l	
	Miércoles	73	mg/l	
	Jueves	132	mg/l	
	Viernes	118	mg/l	
	Media	121,6	mg/l	
	D. Estándar	29,14		
	Variación	0,24	23,97%	



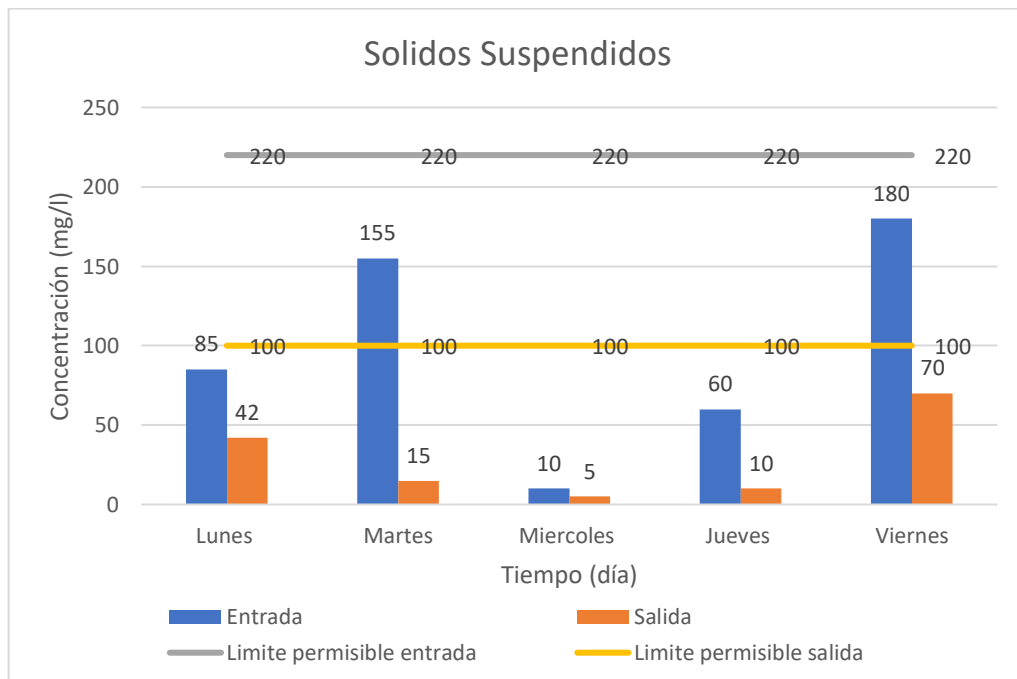
Anexos 7: Resultados del parámetro sólidos disueltos de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

Solidos Disueltos						
	Dia	Resultados	Máximo	Mínimo	Unidad	Límite permisible
<b>Entrada</b>	Lunes	375			ppm	NO APLICA
	Martes	508	508		ppm	
	Miércoles	470			ppm	
	Jueves	373			ppm	
	Viernes	363		363	ppm	
<b>Salida</b>	Lunes	162			ppm	NO APLICA
	Martes	275	275		ppm	
	Miércoles	180			ppm	
	Jueves	155		155	ppm	
	Viernes	244			ppm	



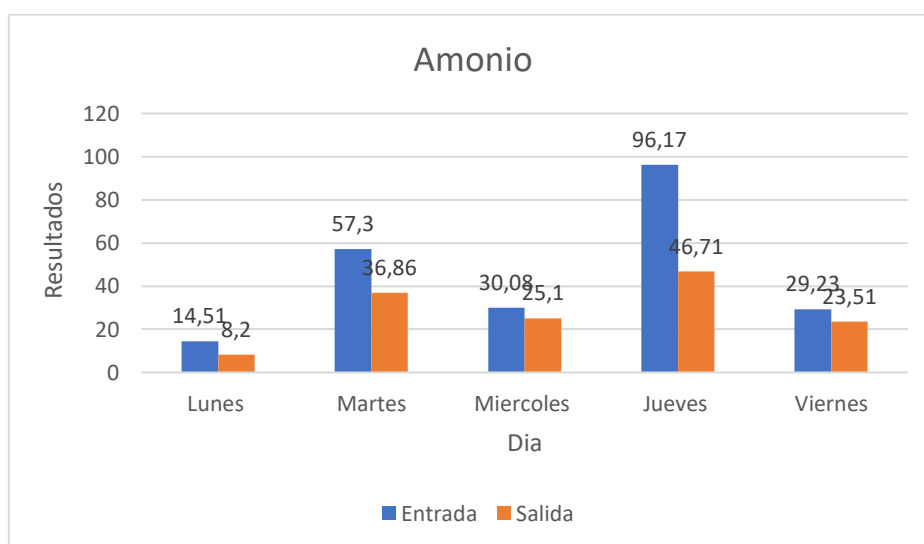
Anexos 8: Resultados del parámetro solidos suspendidos de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

Solidos Suspendidos				
	Dia	Resultados	Unidad	Limite permisible
Entrada	Lunes	85	ppm	220 mg/l
	Martes	155	ppm	
	Miércoles	10	ppm	
	Jueves	60	ppm	
	Viernes	180	ppm	
	Media	98	ppm	
	D. estándar	69,52		
	Variación	0,71	70,93%	
Salida	Lunes	42	ppm	100 mg/l
	Martes	15	ppm	
	Miércoles	5	ppm	
	Jueves	10	ppm	
	Viernes	70	ppm	
	Media	28,4	ppm	
	D. Estándar	27,30		
	Variación	0,96	96,13%	



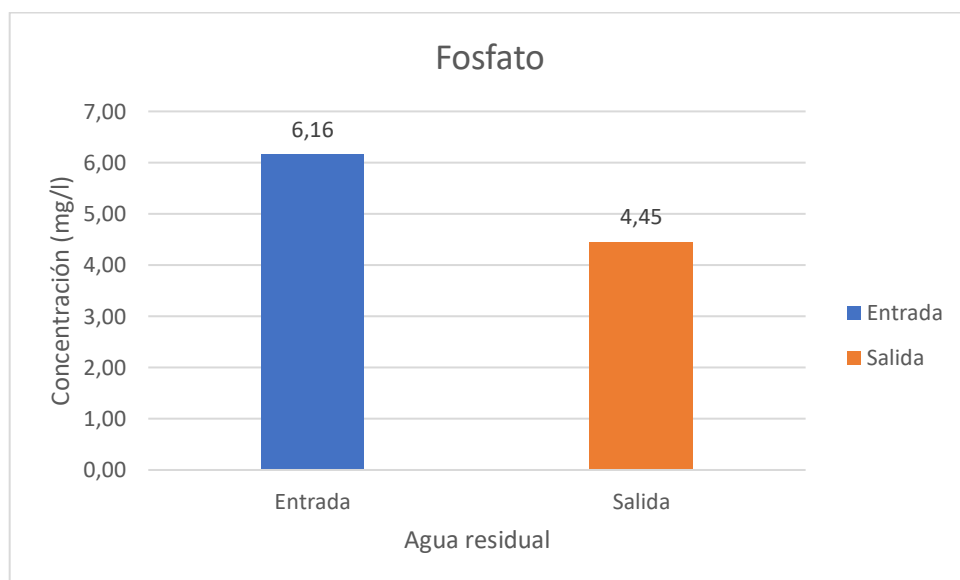
Anexos 9: Resultados del parámetro amonio de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

Amonio				
	Dia	Resultados	Unidad	Limite permisible
Entrada	Lunes	14,51	mg/l	NA.
	Martes	57,3	mg/l	
	Miércoles	30,08	mg/l	
	Jueves	96,17	mg/l	
	Viernes	29,23	mg/l	
	Media	45,46	mg/l	
	D. Estándar	32,29		
	Variación	0,71	71,02%	
Salida	Lunes	8,2	mg/l	NA.
	Martes	36,86	mg/l	
	Miércoles	25,1	mg/l	
	Jueves	46,71	mg/l	
	Viernes	23,51	mg/l	
	Media	28,08	mg/l	
	D. Estándar	14,57		
	Variación	0,52	51,90%	



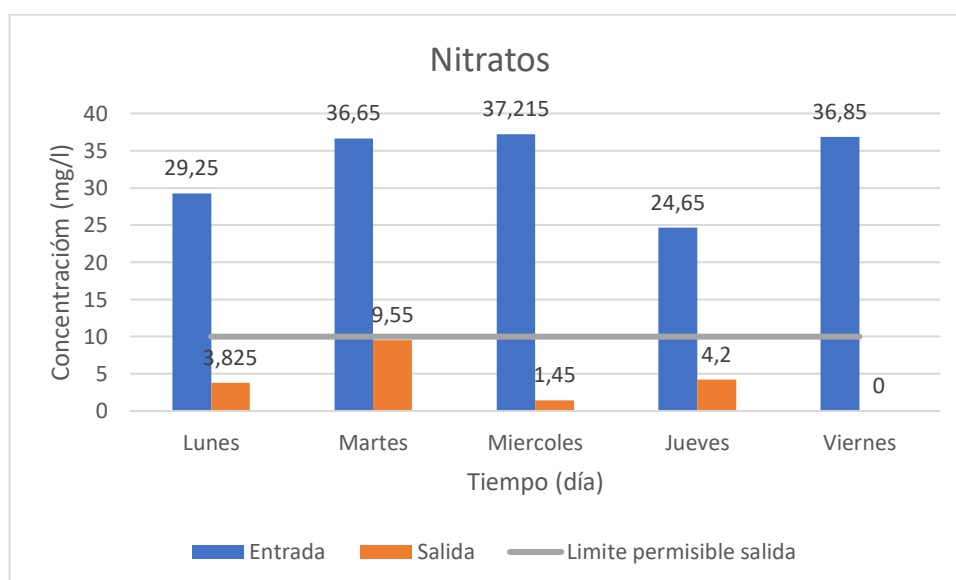
Anexos 10: Resultados del parámetro fosfato de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

Fosfatos							
	Día	Resultados	Resultados	Media	Unidad	Limite permisible	
Entrada	Lunes	5,46	6,38	5,92	mg/l	NA.	
	Martes	5,04	5,62	5,33	mg/l		
	Miércoles	8,52	4,96	6,74	mg/l		
	Jueves	7,22	6,4	6,81	mg/l		
	Viernes	5,42	6,54	5,98	mg/l		
				Media	6,16		
				D. estándar	0,62		
			Variación	0,10	10,07%		
Salida	Lunes	5,5	2,02	3,76	mg/l	NA.	
	Martes	6	7,48	6,74	mg/l		
	Miércoles	5,54	4,76	5,15	mg/l		
	Jueves	0,76	1,37	1,065	mg/l		
	Viernes	6,22	4,84	5,53	mg/l		
				Media	4,45		
				D. Estándar	2,17		
			Variación	0,49	48,77%		



Anexos 11: Resultados del parámetro nitrato de entrada y salida de la PTAR "Laureles"

Nitratos							
	Día	Resultados	Resultado	Media	Unidad	Limite permisible	
Entrada	Lunes	30,3	28,2	29,25	mg/l	NA.	
	Martes	35,3	38	36,65	mg/l		
	Miércoles	30,13	44,3	37,215	mg/l		
	Jueves	23,6	25,7	24,65	mg/l		
	Viernes	36,7	37	36,85	mg/l		
				Media	32,92		
				D. Estándar	5,69		
			Variación	0,17	17,29%		
Salida	Lunes	2,05	5,6	3,825	mg/l	NA.	
	Martes	10,7	8,4	9,55	mg/l		
	Miércoles	1,9	1	1,45	mg/l		
	Jueves	3,4	5	4,2	mg/l		
	Viernes	-1,9	-5,2	0	mg/l		
				Media	4,76		
				D. Estándar	3,42		
			Variación	0,72	71,90%		



Anexos 12: Resultados de los caudales de entrada de la PTAR "Laureles"

Caudal de entrada							
Lunes				Martes			
Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)	Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
7:00	3,78	13,6	0,28	7:00	3,78	6,5	0,58
8:00	3,78	13,35	0,28	8:00	3,78	7,08	0,53
9:00	3,78	10,47	0,36	9:00	3,78	9,45	0,40
10:00	3,78	7,43	0,51	10:00	3,78	6,25	0,60
11:00	3,78	12,38	0,31	11:00	3,78	6,3	0,60
12:00	3,78	14,3	0,26	12:00	3,78	4,8	0,79
Miércoles				Jueves			
Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)	Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
7:00	3,78	4,02	0,94	7:00	3,78	9,2	0,41
8:00	3,78	6,58	0,57	8:00	3,78	7,2	0,53
9:00	3,78	10,42	0,36	9:00	3,78	4,27	0,89
10:00	3,78	4,83	0,78	10:00	3,78	6,1	0,62
11:00	3,78	4,88	0,77	11:00	3,78	3,24	1,17
12:00	3,78	4,46	0,85	12:00	3,78	3,67	1,03
Viernes							
Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)				
7:00	3,78	8,2	0,46				
8:00	3,78	8,25	0,46				
9:00	3,78	6,23	0,61				
10:00	3,78	7,57	0,50				
11:00	3,78	4,29	0,88				
12:00	3,78	4,17	0,91				

Anexos 13: Resultados de los caudales de salida de la PTAR "Laureles"

Caudal de salida							
Lunes				Miércoles			
Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)	Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
7:00	3,78	13,45	0,28	7:00	3,78	6,57	0,58
8:00	3,78	13,9	0,27	8:00	4	6,3	0,63
9:00	3,78	10,8	0,35	9:00	3,78	13,98	0,27
10:00	3,78	7,6	0,50	10:00	3,78	5,97	0,63
11:00	3,78	12,5	0,30	11:00	3,78	8,71	0,43
12:00	3,78	14,8	0,26	12:00	3,78	5,94	0,64
Martes				Jueves			
Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)	Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
7:00	3,78	7,3	0,52	7:00	3,78	11,05	0,34
8:00	3,78	7,56	0,50	8:00	3,78	8,5	0,44
9:00	3,78	11,5	0,33	9:00	3,78	7,86	0,48
10:00	3,78	8,2	0,46	10:00	3,78	5,01	0,75
11:00	3,78	9,71	0,39	11:00	3,78	4,05	0,93
12:00	3,78	6,95	0,54	12:00	3,78	4,59	0,82
Viernes							
Hora	Volumen (l)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)				
7:00	3,78	11,1	0,34				
8:00	3,78	9,5	0,40				
9:00	3,78	7,3	0,52				
10:00	3,78	12,18	0,31				
11:00	3,78	5,2	0,73				
12:00	3,78	5,36	0,71				

Anexos 14: Toma de muestras de la PTAR "Laureles"



*Anexos 15: Desembocadura de la PTAR "Laureles"*



*Anexos 16: Filtro Anaerobio de la PTAR "Laureles"*



*Anexos 17: Interior del filtro anaerobio de la PTAR "Laureles"*



*Anexos 18: Caja de entrada de la PTAR "Laureles"*



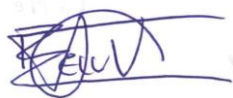
*Anexos 19: Muestras de aguas residual*



## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **María Belén Vintimilla Herbas** portador de la cédula de ciudadanía N.º **0104631072**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales “Laureles” ubicado en la parroquia Santa Ana del cantón Cuenca”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **28 de julio de 2022**



F: .....

María Belén Vintimilla Herbas

**0104631072**