



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA INDUSTRIA  
FARMACÉUTICA”.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Industrial

AUTORES: Rolando Antonio Calderón Chávez

Marlon Wilfrido Meza Castro

TUTOR: Ing. Virgilio Ordoñez Ramírez, PhD.

Guayaquil- Ecuador

Septiembre -2021

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Rolando Antonio Calderón Chávez con documento de identificación N° 0940696255 y Marlon Wilfrido Meza Castro con documento de identificación N° 0926261751; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 30 de septiembre del año 2021

Atentamente,



---

Rolando Antonio Calderón Chávez  
CI: 094069625



---

Marlon Wilfrido Meza Castro  
CI: 0926261751

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Rolando Antonio Calderón Chávez con documento de identificación No. 0940696255 y Marlon Wilfrido Meza Castro con documento de identificación No. 0926261751, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: Diseño de una propuesta para la optimización de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria farmacéutica, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de septiembre del año 2021

Atentamente,



Rolando Antonio Calderón Chávez

C.I. 0940696255



Marlon Wilfrido Meza Castro

C.I. 0926261751

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Virgilio Alonso Ordóñez Ramírez con documento de identificación N° 0909087850, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Diseño de una propuesta para la optimización de un sistema de tratamiento de aguas residuales en una industria farmacéutica, realizado por Rolando Antonio Calderón Chávez con documento de identificación N° 0940696255 y por Marlon Wilfrido Meza Castro con documento de identificación N° 0926261751, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 30 de septiembre del año 2021

Atentamente,



Ing. Virgilio Alonso Ordóñez Ramírez, PhD  
C.I. 0909087850

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer con profundo sentimiento a todas las personas que han estado conmigo apoyándome a lo largo de estos años en la Universidad Politécnica Salesiana.

En primer lugar agradecer al Dios todo poderoso que su voluntad se está cumpliendo tal como dice su palabra, a mi familia que estuvo siempre ahí en buenas y malas, empezando desde mis padres que en calidad de angelitos me guían desde el cielo, a mis hermanos, los mejores del mundo, al menos para mí, siempre apoyándonos el uno con el otro, a mis tíos y tías mi mayor agradecimiento por todo su apoyo y sus buenos consejos incrementando así mi moral, a todos mis compañeros de clase con los que socialicé a lo largo de esta carrera universitaria que a más de formarnos como ingenieros nos formamos como personas, considerándolos algunos de ellos ya como una familia.

Agradecer a todos mis docentes que he tenido durante toda mi vida académica, desde la escuela hasta la universidad, ya que, todos han aportado con lo más bonito que es la enseñanza.

Agradecer a la Cia. para la que trabajo que siempre ha aportado con algo positivo desde mis primeros años en esta prestigiosa carrera, “Ingeniería Industrial”, haciendo de mis clases teóricas lo más prácticas y entendibles posibles, gracias a las actividades que realizo diariamente entendiéndolo a la perfección cada detalle, cada fórmula, cada ejercicio de aplicación.

**Rolando Antonio Calderón Chávez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a Dios por toda la fortaleza que me ha dado, por ayudarme a superar todas las dificultades y adversidades que se me han presentado, y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A la memoria de mi papi Edgar quien Dios lo recogió en su seno antes de ver realizado este gran sueño.

Agradecer a todos mis docentes que he tenido durante toda mi vida académica, desde la escuela hasta la universidad, ya que, todos han aportado con lo más bonito que es la enseñanza.

Agradecer a la Cia. para la que trabajo que siempre ha aportado con algo positivo desde mis primeros años en esta prestigiosa carrera, “Ingeniería Industrial”, haciendo de mis clases teóricas lo más prácticas y entendibles posibles, gracias a las actividades que realizo diariamente entendiéndolo a la perfección cada detalle, cada fórmula, cada ejercicio de aplicación.

**Marlon Wilfrido Meza Castro**

## **DEDICATORIA**

Dedico con todo mi corazón mi tesis

- A mi hijo Marlito Bruno, quien es mi grande inspiración. Aunque aún él no sepa en este momento por tu corta edad es y será siempre lo más importante de mi vida.
- A mi papi Iván y mi mami Carmen por su gran ejemplo a seguir a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, me han inculcado buenos principios y valores.
- A mi mami Gladys por ser mi apoyo en todo momento, por depositar su entera confianza en mí.
- A mi esposa Ivette por haber compartido todos los momentos difíciles, por su apoyo incondicional en cada paso que he dado en el transcurso de mis estudios.
- A mis hermanos que a más que hermanos son mis verdaderos amigos
- Sin ellos jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora he obtenido

**Marlon Wilfrido Meza Castro**

## RESUMEN

La contaminación con mayor impacto al medio ambiente es la del agua sin lugar a duda y la ayuda del ser humano es fundamental, porque con los tratamientos del agua se la pueda volver a reutilizar y así llevar un equilibrio en el ecosistema, generando un impacto positivo tanto en las industrias como en el medio ambiente ya que esto permitirá reducir el consumo del recurso agua y desechar menos contaminantes al mismo.

Actualmente, todas las industrias farmacéuticas están enfocadas a tratar los efluentes de sus procesos antes de ser desechados, ya sea a un cuerpo de agua dulce o a un cuerpo de alcantarillado, mismo procedimiento que es supervisado por autoridades locales como Municipios descentralizados o gubernamentales como ministerios, en este caso el de medio ambiente. El presente proyecto estuvo enfocado en el diagnóstico inicial ambiental de la industria farmacéutica, estudio que fue realizado en conjunto con la gerencia de esta industria, y su apoyo en ciertos recursos técnicos y estructurales; Con base en los resultados obtenidos en la recolección de las aguas residuales de los procesos llevados a cabo dentro de esta, la información fue procesada, analizada y sustentada a través del trabajo de campo, observando y valorando la situación de la farmacéutica. El tiempo en el que se desarrolló el estudio fue de aproximadamente 6 meses, en la mayoría de estas industrias con procesos de bacterias aerobias existe una problemática de tratamientos en cuanto a los efluentes, dado que estos provienen de la fabricación de los antibióticos, en este caso como la Nitazoxanida, misma que demostraremos en este proyecto. Asimismo, este proyecto está basado en la adición de una etapa adicional a la planta de tratamientos de aguas residuales, dónde, se puede llegar a tratar solo este tipo de descargas a un mínimo costo y mejorando eficazmente el sistema implantado, por medio de un tratamiento aerobio llámese este de oxidación, el cual degrada hasta un 50% la materia orgánica contenida en cada descarga, y posteriormente continuar con el tratamiento actual con el que dispone la farmacéutica, el cual se encuentra operativo; demostrando así los resultados obtenidos. Con los datos obtenidos del estudio de las aguas se establecieron parámetros de control en el agua, además se establecieron los volúmenes de aguas potenciales a ser sometidos a tratamientos para su reutilización en áreas verdes y deportivas de la farmacéutica o algún otro fin productivo que no sea de consumo humano. Posteriormente, definidos los parámetros y la efectividad de la optimización implementada al tratamiento que reciben actualmente dichas aguas residuales, concluimos en que el sistema de oxidación proporciona la eficiencia suficiente para que su aplicación sea viable, con el consiguiente beneficio ambiental y económico al reducir sus niveles de contaminantes.



## ABSTRACT

The pollution with the greatest impact on the environment is that of water without a doubt and the help of the human being is essential, because with the treatments of the water it can be reused and thus bring a balance in the ecosystem, generating a positive impact both in industries and in the environment as this will reduce the consumption of the water resource and dispose of fewer pollutants to it.

Currently, all pharmaceutical industries are focused on treating the effluents from their processes before being disposed of, either to a body of fresh water or to a sewer system, the same procedure that is supervised by local authorities such as decentralized municipalities or government ministries, in this almost the environment. This project was focused on the initial environmental diagnosis of the pharmaceutical industry, a study that was carried out in conjunction with the management of this industry, and their support in certain technical and structural resources; Based on the results obtained in the collection of waste water from the processes carried out within it, the information was processed, analyzed and supported through field work, observing and evaluating the situation of the pharmaceutical company. The time in which the study was developed was approximately 6 months, in most of these industries with processes of aerobic bacteria there is a treatment problem in terms of effluents, since these come from the manufacture of antibiotics, in this case such as Nitazoxanide, which we will demonstrate in this project. Likewise, this project is based on the addition of an additional stage to the wastewater treatment plant, where only this type of discharge can be treated at a minimum cost and effectively improving the implanted system, by means of an aerobic treatment is called oxidation, which degrades up to 50% the organic matter contained in each discharge, and then continue with the current treatment available to the pharmaceutical company, which is operational; thus demonstrating the results obtained. With the data obtained from the study of the waters, control parameters were established in the water, in addition, the volumes of potential waters to be subjected to treatments were established for reuse in green and sports areas of the pharmaceutical company or some other productive purpose that is not for human consumption. Subsequently, defining the parameters and the effectiveness of the optimization implemented to the treatment that said wastewater currently receives, we conclude that the oxidation system provides sufficient efficiency for its application to be viable, with the consequent environmental and economic benefit by reducing its levels of pollutants.

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	VIII
<b>ABSTRACT</b> .....	IX
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	20
<b>1. CAPÍTULO I: EL PROBLEMA</b> .....	25
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	25
<b>1.2 Importancia y alcances</b> .....	25
<b>1.3 Delimitación</b> .....	27
<b>1.4 Objetivos</b> .....	27
<b>1.4.1 Objetivo General</b> .....	27
<b>1.4.2 Objetivos Específicos</b> .....	28
<b>2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	29
<b>2.1 Marco legal</b> .....	34
<b>2.1.1 Constitución de la República del Ecuador</b> .....	34
<b>2.1.2 Código Orgánico del Ambiente</b> .....	35
<b>2.1.3 Reglamento al código orgánico del ambiente</b> .....	36
<b>2.1.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua</b> 36	36
<b>2.1.5 Ley Orgánica de Salud</b> .....	37
<b>2.1.6 Acuerdo N° 061: reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria</b> .....	37
<b>2.1.7 Acuerdo N° 097-A: Anexos normativa, reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del MAE.</b> .....	40
<b>3. Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO.</b> .....	42
<b>3.1 Enfoque investigativo</b> .....	42
<b>3.1.1 Tipos de Investigación</b> .....	42
<b>3.2 Tipos de Métodos</b> .....	43
<b>3.2.1 Método Cualitativo</b> .....	43
<b>3.2.2 Método Analítico</b> .....	43
<b>3.3 Metodología</b> .....	44
<b>3.3.1 Variables</b> .....	44

3.3.2	Parámetros.....	44
3.3.3	Técnicas.....	45
3.3.4	Recolección de datos .....	45
3.4	Cálculos .....	49
3.4.1	Datos.....	49
3.4.2	Ecuación de cálculos de dimensionamiento de pozo anaerobio .....	49
4.	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b> .....	51
4.1	Datos básicos de la empresa.....	51
4.1.1	Antecedentes generales de la farmacéutica.....	51
4.1.2	Diagrama de Procesos de Sólidos Orales 2 de Nitazoxanida .....	51
4.2	Identificación de las fuentes de aguas residuales de la línea de Nitazoxanida .....	52
4.3	Descripción de las etapas del sistema actual de las aguas residuales .....	54
4.4	Diagnóstico de la situación actual por medio de monitoreos compuestos..	60
4.5	Propuesta de optimización para el tratamiento de aguas residuales de Nitazoxanida. ....	69
4.5.1	Cronograma de actividades.....	70
4.5.2	Toma de muestras experimentales diarias en sitio.....	71
4.5.3	Recolección de datos con el tratamiento de oxidación.....	74
4.5.4	Tablas de resultados de los análisis realizados a las muestras de efluentes con el sistema de oxidación .....	84
4.5.5	Gráficos comparativos de los parámetros de análisis por laboratorio del afluente y efluente.....	85
4.5.6	Cálculo de dimensionamiento de pozo anaerobio .....	90
4.6	Costos y beneficios de la propuesta de optimización para la farmacéutica	
	91	
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	93
6.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	93
7.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Recursos Hídricos por región del Ecuador. ....	22
<b>Figura 2.</b> Localización de la actual PTARI donde se propone construir el sistema anaerobio. ....	27
<b>Figura 3.</b> Tabla de análisis de campo de la PTAR. ....	43
<b>Figura 4.</b> Toma de muestra con Colimeter portátil (Modelo DR/890) ....	46
<b>Figura 5.</b> Diagrama de procesos de la línea de Nitazoxanida. ....	51
<b>Figura 6.</b> Diagrama de procesos de la línea de Nitazoxanida. ....	52
<b>Figura 7.</b> Diagrama de procesos de la planta de tratamiento a escala. ....	54
<b>Figura 8.</b> Proceso de dosificación de floculante. ....	55
<b>Figura 9.</b> Proceso de dosificación de coagulante. ....	55
<b>Figura 10.</b> Panel de operaciones del DAF y sus bandas de rodamiento para la mezcla de las aguas con lodos. ....	56
<b>Figura 11.</b> Piscina de digestores de lodo. ....	56
<b>Figura 12.</b> Aguas residuales en estanqueidad para efectivizar el proceso. ....	57
<b>Figura 13.</b> Reactor biológico procesando las aguas residuales. ....	57
<b>Figura 14.</b> Etapa clarificadora, bombas activadas extrayendo lodos. ....	58
<b>Figura 15.</b> Procedimiento final para la recolección del lodo seco y su disposición final. ....	59
<b>Figura 16.</b> Proceso clarificador de las aguas tratadas. ....	59
<b>Figura 17.</b> Colorímetro portátil DR/890 equipo utilizado en la experimentación. ....	60
<b>Figura 18.</b> Laguna de estabilización de desechos. ....	60
<b>Figura 19.</b> Piscinas de recepción y tratamiento a las aguas residuales provenientes de una industria farmacéutica. ....	61
<b>Figura 20.</b> Segundo punto de recepción de las aguas residuales. ....	61
<b>Figura 21.</b> Maquinaria reactor de tratamiento de aguas residuales con lodos activados. ....	62
<b>Figura 22.</b> Sistema de inyección de aire (aireación) de las aguas residuales posterior al tratamiento con lodos activos. ....	62
<b>Figura 23.</b> Sistema de aireación biodegrado de las aguas residuales. ....	63
<b>Figura 24.</b> Piscina de respaldo pretendida para usar en el tratamiento de oxidación. ....	63
<b>Figura 25.</b> Adaptación de tubería al sistema de aguas residuales para llenado de tanque y recolección de muestras. ....	64
<b>Figura 26.</b> Envase de almacenamiento para las pruebas y monitoreos. ....	64
<b>Figura 27.</b> Envase experimental para el tratamiento de oxidación. ....	65
<b>Figura 28.</b> Recolección de primera muestra de aguas residuales crudas. ....	65
<b>Figura 29.</b> Recolección de segunda muestra de aguas residuales crudas para análisis de laboratorio y evaluar condiciones del tratamiento. ....	66
<b>Figura 30.</b> Recolección de tercera muestra de aguas residuales. ....	66
<b>Figura 31.</b> Caracterización, distribución y análisis de muestras obtenidas. ....	67
<b>Figura 32.</b> Muestras obtenidas de aguas residuales crudas por un laboratorio acreditado para análisis químicos. ....	67
<b>Figura 33.</b> Termo reactor HACH DBR 200. ....	74
<b>Figura 34.</b> Certificaciones de Calibración y Mantenimiento del Termo reactor HACH DBR 200. ....	75
<b>Figura 35.</b> Equipo potenciómetro HACH portátil pocket pro+. ....	75
<b>Figura 36.</b> Certificación de calibración del equipo potenciómetro HACH. ....	76

<b>Figura 37.</b> Probeta PYREX graduada de 100mL de capacidad. ....	76
<b>Figura 38.</b> Oxímetro YSI 550 <sup>a</sup> utilizado para las mediciones del proyecto. ....	76
<b>Figura 39.</b> Oxímetro YSI 550 <sup>a</sup> graduado, certificación de mantenimiento y calibración emitida por un gestor autorizado. ....	77
<b>Figura 40.</b> Toma de muestra de agua cruda. ....	78
<b>Figura 41.</b> Análisis de Temperatura y oxígeno disuelto en piscina. ....	78
<b>Figura 42.</b> Análisis de pH en piscina de sub tratamiento de PTAR. ....	79
<b>Figura 43.</b> Soluciones utilizadas para la calibración de instrumentos de medición. ....	79
<b>Figura 44.</b> Realización de análisis de muestras de aguas residuales tratadas. ....	79
<b>Figura 45.</b> Muestras de viales de DQO blanco y positivo. ....	80
<b>Figura 46.</b> Configuración de termo reactor. ....	81
<b>Figura 47.</b> Procedimiento con el equipo colorímetro para la obtención de resultados del parámetro de DQO. ....	81
<b>Figura 48.</b> Recolección de datos cronológico de las aguas residuales por semana .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. ....	38
<b>Tabla 2.</b> Parámetros de monitoreo de las descargas industriales .....	45
<b>Tabla 3.</b> Análisis de campo de la toma de muestreos de la PTAR de la línea de Nitazoxanida .....	47
<b>Tabla 4.</b> Tabla de generación de aguas residuales anuales x m3. ....	49
<b>Tabla 5.</b> Tabla de generación de aguas residuales - Año 2020 .....	53
<b>Tabla 6.</b> Límites permisibles de descarga de agua al alcantarillado público para empresas farmacéuticas.....	53
<b>Tabla 7.</b> Diagnóstico de efluente de la PTAR actual – Junio 2021.....	68
<b>Tabla 8.</b> Diagnóstico de efluente de la PTAR actual – Julio 2021 .....	69
<b>Tabla 9.</b> Diagnóstico de efluente de la PTAR actual – Agosto 2021.....	69
<b>Tabla 10.</b> Cronograma de actividades para la propuesta de optimización de una planta de PTAR.....	70
<b>Tabla 11.</b> Análisis de campo del Afluente – Semana 1.....	71
<b>Tabla 12.</b> Datos de análisis del Reactor Biológico– Semana 1 .....	72
<b>Tabla 13.</b> Análisis de Campo del Efluente – Semana 1 .....	72
<b>Tabla 14.</b> Análisis de campo del sistema de oxidación – Semana 1 .....	72
<b>Tabla 15.</b> Análisis de campo del Afluente – Semana 4.....	73
<b>Tabla 16.</b> Análisis de campo del reactor biológico – semana 4 .....	73
<b>Tabla 17.</b> Análisis de campo del efluente – semana 4 .....	73
<b>Tabla 18.</b> Análisis de campo del sistema de oxidación – semana 4.....	74
<b>Tabla 19.</b> Informe de resultado de efluente de la farmacéutica con tratamiento de oxidación – junio 2021 .....	84
<b>Tabla 20.</b> Informe de resultado de efluente de la farmacéutica con tratamiento de oxidación – Julio 2021 .....	85
<b>Tabla 21.</b> Informe de resultado de efluente de la farmacéutica sin tratamiento de oxidación – agosto 2021.....	85
<b>Tabla 22.</b> Tabla comparativa de aceites y grasas de tres meses consecutivos .....	86
<b>Tabla 23.</b> Tabla comparativa de DBO de tres meses consecutivos.....	86
<b>Tabla 24.</b> Tabla comparativa de DQO de tres meses consecutivos .....	87
<b>Tabla 25.</b> Tabla comparativa de SST de tres meses consecutivos. ....	88
<b>Tabla 26.</b> Tabla de resultados comparativos de tensoactivos de tres meses consecutivos. ....	88
<b>Tabla 27.</b> Tabla de resultados comparativos de pH de tres meses consecutivos. ....	89
<b>Tabla 28.</b> Presupuesto para la construcción del sistema de oxidación.....	91
<b>Tabla 29.</b> Multas por infracciones incumplimientos a la descarga de efluentes al alcantarillado público .....	92

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Comparación de resultados obtenidos en el análisis de aceites y grasas. ....	86
<b>Gráfico 2.</b> Comparación de resultados obtenidos en el análisis de DBO.....	86
<b>Gráfico 3.</b> Comparación de resultados obtenidos en el análisis de DQO.. ....	87
<b>Gráfico 4.</b> Comparación de resultados obtenidos en el análisis de SST. ....	88
<b>Gráfico 5.</b> Comparación de resultados obtenidos en el análisis de Tensoactivos. ....	88
<b>Gráfico 6.</b> Comparación de resultados obtenidos en el análisis de potencial de Hidrogeno (pH). ....	89

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1.</b> Fórmula de Wilcoxon.....	47
<b>Ecuación 2.</b> Fórmula para la desviación estándar .....	48
<b>Ecuación 3.</b> Fórmula para el cálculo del volumen de un pozo anaerobio .....	49



## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Informe de ensayos del afluente realizado a la línea de Nitazoxanida - Resultados obtenidos de la caracterización de aguas residuales industriales de Junio-2021.
- Anexo 2.** Informe de ensayos del afluente realizado a la línea de Nitazoxanida - Resultados obtenidos de la caracterización de aguas residuales industriales de Julio-2021.
- Anexo 3.** Informe de ensayos del afluente realizado a la línea de Nitazoxanida - Resultados obtenidos de la caracterización de aguas residuales industriales de Agosto-2021.
- Anexo 4.** Informe de resultados de análisis de agua residual efluente de la PTAR del mes de junio 2021.
- Anexo 5.** Informe de resultados de análisis de agua residual efluente de la PTAR del mes de julio 2021.
- Anexo 6.** Informe de resultados de análisis de agua residual efluente de la PTAR del mes de agosto 2021.

## INDICE DE ABREVIATURAS

**°C:** Grado Centígrado  
**µm:** Micrómetros  
**AGM:** Aerobic granular mud (lodo granular activado).  
**AS:** Activated sludge (lodo activado).  
**BAF:** Biological aerated filter (filtro de aireación biológica)  
**cm<sup>3</sup>:** Centímetro Cúbico  
**COA:** Código Orgánico del Ambiente  
**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno  
**DQO:** Demanda Química de Oxígeno  
**EDAR:** Estación depuradora de agua residual.  
**EPS:** Economía popular y solidaria  
**g:** Gramos  
**GAD's:** Gobierno Autónomo Descentralizado  
**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** Peróxido de Hidrógeno  
**HRT:** Hydraulic retention time (tiempo de retención hidráulica)  
**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos  
**Kg:** Kilogramo  
**L:** Litro  
**m.s.n.m:** Metros Sobre el Nivel del Mar  
**m:** Metro  
**m<sup>2</sup>:** Metro Cuadrado  
**m<sup>3</sup>:** Metro Cúbico  
**MAE:** Ministerio del Ambiente del Ecuador  
**MB:** MicroBubbles (microburbujas)  
**mg:** Miligramo  
**mL:** Mililitro  
**N:** Nitrógeno  
**NH<sub>4</sub>-N:** Amonio  
**O<sub>2</sub>:** Oxígeno  
**O<sub>3</sub>:** Ozono  
**OD:** Oxígeno Disuelto  
**pH:** Potencial de Hidrógeno  
**PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales  
**SRT:** Solids retention time (tiempo de retención de sólidos)  
**SST:** Sólidos Suspendidos Totales en agua  
**ST:** Sólidos Totales  
**T:** Temperatura  
**UPS:** Universidad Politécnica Salesiana  
**UV:** Ultravioleta  
**SAAM:** Sustancias activas al azul de metileno

## INDICE DE TÉRMINOS

**Aerobio:** Organismo que necesita respirar oxígeno para vivir o desarrollarse.

**Afluente:** Corresponde a un curso de agua que desemboca en otro considerado como principal.

**Aguas residuales:** aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

**Anaerobio:** Organismo que es capaz de vivir o desarrollarse en un medio sin oxígeno.

**Clarificador:** Es la unidad en donde sedimentan los lodos provenientes del reactor.

**Contaminantes:** Un contaminante es una sustancia o energía introducida en el medio ambiente que tiene efectos no deseados o que afecta negativamente a la utilidad de un recurso.

**DAF:** Es una unidad de flotación que separa los lodos y las grasas del sistema.

**Digestor de Lodos:** Es el proceso de la Bio digestión de los lodos.

**Ecuualizador:** Es el que cumple la función de homogenizar el flujo de las aguas industriales que ingresan al tratamiento.

**Efluente:** Fluido que mana de una fuente.

**Lixiviados:** Líquido que percola a través de los residuos sólidos depositados y que extrae sólidos disueltos o suspendidos materiales a partir de ellos.

**Oxígeno disuelto:** Cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua

**Plantas de tratamiento:** Instalaciones intermedias construidas entre una industria o una ciudad (con sus aguas servidas domiciliarias) y un ambiente acuático receptor.

**Proceso de oxidación:** Fenómeno en el cual un elemento o compuesto se une con el oxígeno, aunque rigurosamente hablando, la oxidación como tal se refiere al proceso químico que implica la pérdida de electrones por parte de una molécula, átomo o ion.

**Reactor Biológico:** Es el proceso de la reducción de materia orgánica en el sistema.

**Sólidos Orales 2:** Área de Fabricación de sólidos orales, comprimidos, suspensión.

**Tensoactivos:** Son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases (detergentes).

## INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo y la disminución de los recursos naturales década tras década, el requerimiento del agua dulce va acrecentando de forma constante, y los recursos hídricos disponibles van decreciendo debido a múltiples factores tales como: polución, cambios climáticos y el abuso desmesurado de este. Por otra parte, mediante proyectos de optimización de recursos naturales, los habitantes pueden verse beneficiados mediante una adecuada gestión de las aguas remanentes en las actividades habituales.

El Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, resalta cuán indispensable es la implementación de planes de optimización de las aguas residuales en pro del beneficio colectivo, basándose en la estimación de que, en el mundo, alrededor del 80% y cifras superiores de aguas residuales se derraman a los ecosistemas, sin ningún tipo de tratamiento; Siendo las cifras aún más preocupantes en los países en desarrollo, donde los porcentajes superan el 95%. (Ryder, Guy Naciones Unidas, 2017)

Varios especialistas de recursos hídricos, indican que éste problema no es solo escasez física, sino de una defectuosa gestión, para fortalecer esta noción tan solo tendríamos que hacer memoria del avance del desarrollo humano, y su conexión con el agua; Este líquido vital juega uno de los roles más relevantes para el sustento de la vida cotidiana, su funcionalidad biológica la hace irremplazable para la creación y la subsistencia de la totalidad de los seres vivos y por si fuera poco, el agua también es un pilar del desarrollo. (Gabriela Monforte García, 2009)

Con el pasar del tiempo, y los cambios abruptos ambientales en el mundo se han transformado las pautas para una adecuada gestión de las aguas residuales comerciales e industriales, eso conlleva a que nos enfrentemos a una creciente demanda de estas, al ser consideradas como una fuente de agua segura; pasando del tradicional tratamiento y eliminación, a la adecuada reutilización, aprovechamiento y restitución de este recurso, ya no siendo consideradas a las aguas residuales como un problema que requería respuesta, sino considerada como una respuesta ante los constantes retos del mundo actual. (Ryder, Guy Naciones Unidas, 2017)

En la mayoría de las industrias, en la actualidad, han implementado Plantas de tratamiento de aguas residuales, dónde, se realizan varios métodos de tratamientos, ya sea para la reutilización del agua o simplemente para disminuir la carga contaminante en los vertimientos a los cuerpos de agua y/o alcantarillado público. Sin embargo, la eficiencia de estas no provee una garantía periódica, de tal forma que, demuestren el cumplimiento con los parámetros establecidos en la ley vigente, dando lugar a consecuencias ambientales desfavorables para la salud, calidad de vida humana y animal.

En la ciudad de Guayaquil, a pesar de su ubicación geográfica, existen industrias que descargan sus efluentes a cuerpos de agua; las aguas residuales industriales se

caracterizan por su alta concentración de partículas en suspensión (SST), materia orgánica, nutrientes, compuestos antropogénicos, tensoactivos y patógenos, que pueden causar eutrofización con daños a la vida acuática y la calidad de las fuentes hídricas.

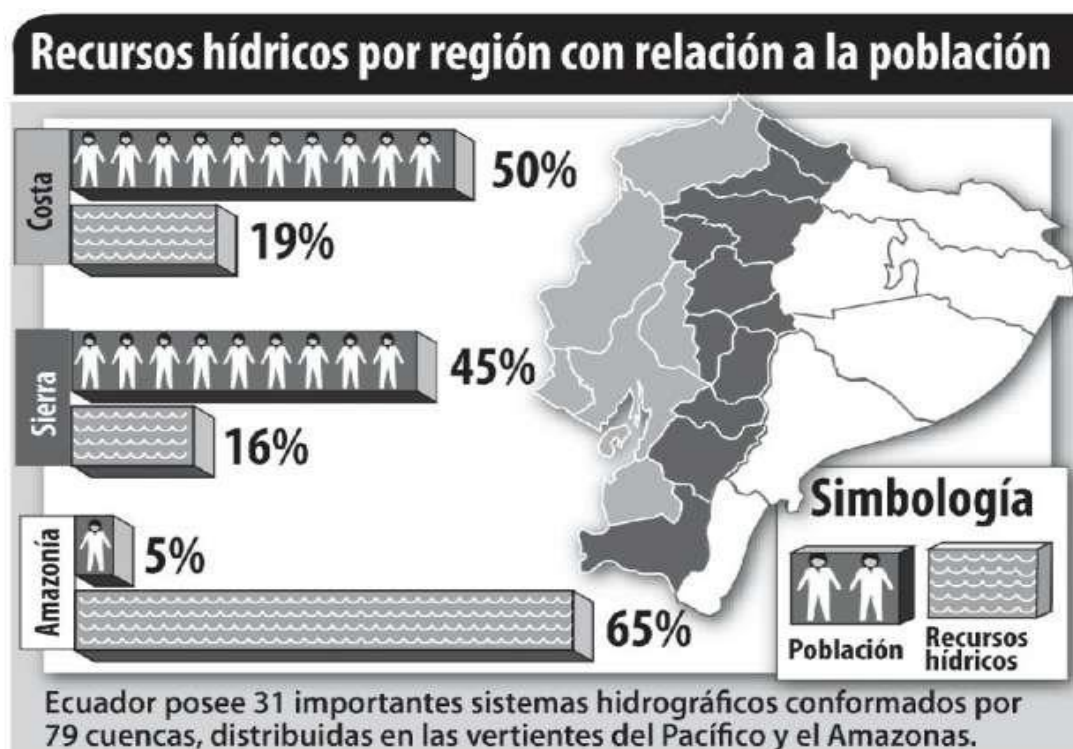
En el Ecuador, el 61,86% (133) de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales realizan tratamientos de sus aguas residuales, mientras que el 38,14% (82) no realizan dicho tratamiento; en los 133 GAD's Municipales se encuentran 421 plantas de tratamientos de aguas residuales, de las cuales 49,88% se encuentran en la Región Sierra, en la Región Costa el 30,64%, el 19% está en la Región Amazónica y el 0,48% restante se localiza en la Región Insular; de los 133 municipios que tratan el agua residual, 53 lo realizan de forma parcial y 82 no realizan ningún tipo de tratamiento, de éstos el 59,26% de los GAD Municipales disponen el agua residual no tratada en los ríos, el 25,19% en quebradas y el restante 15,56% se disponen en otros sitios. En la Región Insular el 100% del agua residual no tratada se dispone en otros sitios (mar). (INEC, Gestión de agua potable y saneamiento GAD's Municipales, 2015)

Según cifras del informe anual del INEC, en Ecuador en el año 2019, el 62,0% de municipios gestionaron la prestación de servicios de agua potable y saneamiento a través de unidades, departamentos o direcciones del propio GADM. Por otra parte, los sistemas de tratamiento de agua para consumo en el país, para el 2019, el 90,0% de los municipios contaron con uno o más de dichos sistemas. Sin embargo, el 82,3% de municipios cumplieron con la norma INEN 1108, la cual establece los requisitos de calidad del agua apta para consumo humano. De la misma manera, se investiga temas de saneamiento que prestan los municipios. En el 2019, el 70,1% de los GADM contaron con una o más plantas de tratamiento de agua residual a nivel urbano, mientras que el 26,3% no realizaron tratamiento alguno. (INEC, Gestión de agua potable y saneamiento GAD's Municipales Ecuador, 2019)

Entre las problemáticas identificadas en Ecuador, el 15% de las aguas residuales tienen un tratamiento adecuado previo a la descarga en ríos y quebradas. Sin embargo, esto es competencia de los municipios, los cuáles, aún no han logrado financiar el complementar la prestación de los servicios de agua y alcantarillado, y mucho menos, el tratamiento de aguas residuales. (Hora, 2017)

Asimismo, el presidente de la comisión agraria del congreso de Perú, realizó un reclamo a Ecuador por la contaminación de las aguas del río Puyango que llegan hasta el vecino país del sur, donde, en algunos poblados fronterizos se han suscitado casos de niños con complicaciones de la salud, debido a que el agua que consumen llega contaminada con metales pesados como el mercurio, aunque dicha aseveración descarta una demanda al país. En la figura 1, se puede visualizar como están distribuidos los recursos hídricos por región en relación con la población. En Ecuador, existen 31 importantes sistemas hidrográficos conformados por 79 cuencas, distribuidas en las verticales del Pacífico y el Amazonas. (Hora, 2017)

**Figura 1.** Recursos Hídricos por región del Ecuador.



**Fuente:** (Hora, 2017)

La eficiencia energética y de los recursos renovables es una de las actividades de mejora continua que toda industria aplica para ser más competitiva y amigable con el medio ambiente, siendo así un motivo muy innovador para poder ahorrar y optimizar; dada la situación, se propone a las industrias farmacéuticas dedicadas a la fabricación de antibióticos, implementar este tipo de diseño en una planta de tratamiento de agua.

El presente proyecto técnico propone el diseño de optimización de aguas tratadas mediante una laguna adicional para eventualidades como la fabricación y descarga de afluentes con nitazoxanida, en una empresa con sede en la ciudad de Guayaquil, durante el periodo de mayo a septiembre del 2021, para, evitar alteraciones relacionadas con las bacterias aerobias en el tratamiento del agua industrial, previo a la descarga al cuerpo de alcantarillado público.

El sistema seleccionado, por ser considerado el más eficiente para este tipo de tratamientos, es el aeróbico con lodos activados y digestión prolongada de lodos; en términos generales se lo puede resumir como un proceso acelerado de digestión de la materia orgánica que brinda el más cómodo manejo de lodos debido a su alta reducción en el digestor adicional. El sistema propuesto está basado en cuatro etapas que son: pretratamiento (homogenización), tratamiento primario (físico - químico), tratamiento secundario (biológico) y desinfección. (Montoya Rodríguez, 2017)

Una laguna de oxidación o estabilización es un reservorio de agua con poca profundidad, este tipo de tratamiento representa una ventaja en relación con los demás

sistemas de tratamiento: construcción sencilla, fácil operación y mantenimiento. (Inc., 1991)

El diseño correcto de un sistema de tratamiento de agua residuales, le permitirá beneficiarse en primera instancia a la organización de dicha empresa farmacéutica, ya que esta mejorará el rendimiento de la planta, ayudando así a cumplir con las normativas ambientales vigentes; otra área que será beneficiada serán los ecosistemas naturales y la humanidad, pues, al reducir la contaminación estamos contribuyendo a una mejora continua del medio ambiente.

Según la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua en su artículo 4 inciso b, indica que, el agua como recurso natural debe ser conservada y protegida mediante una gestión sostenible y sustentable, que garantice su permanencia y calidad; en el título 5 correspondiente a infracciones, sanciones y responsabilidades en el artículo 151, inciso b literal 9, se considera una infracción muy grave verter aguas contaminadas sin tratamiento o sustancias contaminantes en el dominio hídrico público, cuya sanción consiste en una multa de entre 51 a 150 salarios básicos unificados del trabajador en general. (Ecuador A. N., Ley Orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, 2014)

La elaboración del plan de manejo ambiental con sus respectivos programas se hizo ajustada a la legislación ambiental vigente en Ecuador. Según la reforma texto unificado legislación secundaria del medio ambiente, decreto Ejecutivo 3516, se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. (Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medioambiente Libro VI Decreto ejecutivo 3516, 2015)

Actualmente, existen varios tipos y diseños de planta de tratamiento de aguas residuales industriales; Sin embargo, hay pocas investigaciones respecto a las plantas farmacéuticas en lo que respecta a productos específicas como en este caso, el antibiótico “nitazoxanida”.

Por esto, la propuesta de diseño planteada en este proyecto técnico inicia con una inspección técnica exhaustiva al sistema de tratamiento del agua producto del uso industrial, para buscar formas de optimización de su operatividad, incluido el análisis de las aguas de tal manera que podamos saber cuáles serían las cantidades estimadas de materia orgánica e inorgánica (DQO, DBO5, aceites y grasas, tensoactivos) que tendríamos que remover para finalmente recibir el agua producto.

Con base en lo anterior, las opciones propuestas son aquellas que no se han contemplado o que presentan bajo nivel de complejidad para su implementación. Son principalmente estructuras de simple diseño y construcción o medidas emergentes en la operación del sistema. (Torres Poveda, 2016)

Para este proyecto técnico, se realiza una propuesta que permita la optimización del tratamiento del agua industrial usada en la fabricación de la nitazoxanida, que consiste en la reactivación de una piscina existente (tipo reservorio, pozo) adyacente, al equalizador homogeneizado para el vertimiento del agua residual, producto de la elaboración de este medicamento, con el objetivo de, producir un menor impacto negativo en las bacterias aerobias del reactor biológico y obtener un agua residual industrial amigable con el medio ambiente. Las medidas a proponer se enfocan en todos los tratamientos, ya que de su operación se ve involucrada la efectividad del tratamiento biológico. (Torres Poveda, 2016)

Se evaluará el funcionamiento adecuado de la propuesta de optimización planteada mediante un análisis de las aguas posterior a la implementación del plan de optimización, verificando el éxito de su aplicación en el sistema de tratamiento de aguas de esta empresa dedicada a la fabricación de medicamentos. Se elaborará un manual de operatividad y mantenimiento de la nueva piscina y se capacitarán a los trabajadores encargados del área con la finalidad de asegurar el cumplimiento de cada uno de los procesos necesarios para garantizar un agua industrial residual de calidad y con el menor impacto negativo ambiental.

En el capítulo I, se detalla los antecedentes del problema, su importancia, alcances, la delimitación espacial y temporal del presente trabajo y sus objetivos; en el capítulo II se detalla los fundamentos teóricos y marco legal sobre el cuál rige el presente proyecto técnico; Mientras que, en el capítulo III se detalla la metodología utilizada para la recolección de datos e interpretación de resultados del presente trabajo y, finalmente, en el capítulo IV podemos observar los resultados obtenidos de acuerdo a los límites permisibles en la legislación laboral.



## **1. CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

Los productos farmacéuticos son ahora considerados dentro de los contaminantes emergentes del agua a nivel mundial y reconocidos ahora como una preocupación, siendo identificadas una gran variedad de estos productos en aguas superficiales y subterráneas, donde las plantas de tratamiento forman parte importante del procedimiento, al ser considerados como la puerta de entrada de estos productos a las fuentes de aguas, ya que, muchos de estos no son verdaderamente eliminados en los procesos de tratamiento de aguas residuales. (Gil, Soto, Usma, & Gutierrez, 2012)

En la industria farmacéutica ecuatoriana se fabrican medicamentos para consumo humano tales como, analgésicos, metabólicos y antibióticos, estos últimos son usados como agentes antiparasitarios de amplio espectro con efectividad comprobada en infecciones por protozoos, bacterias y vermes; uno de ellos cuyo principio activo es llamado Nitaxozanida, tiene una pigmentación amarilla verdosa muy fuerte la cual es considerado un veneno para las plantas de tratamiento con bacterias. (Suárez & Gudiol, 2008)

El origen del problema se manifiesta en la demanda de producción de la nitazoxanida, que, generalmente se producen cuando existe una alta demanda temporal en el mercado y alta demanda continua, es decir, para mantener abastecidos a los centros de distribución, y estos a los consumidores de dicho producto; habitualmente en los procesos industriales para la fabricación de este producto las descargas de los remanentes del agua utilizada son denominadas altamente contaminantes. Una vez finalizado el proceso productivo se realizan las limpiezas correspondientes, para evitar contaminación cruzada de este y demás productos, de tal manera que el producto residuo en polvo es descartado; posteriormente con el lavado de equipos y área, el agua resultante es desechada como afluente eliminando toda bacteria aerobia, beneficiosa en el proceso del tratamiento actual para posterior reutilización del agua.

### **1.2 Importancia y alcances**

La nitazoxanida es un fármaco utilizado para el tratamiento de los protozoos y helmintos, con acción comprobada frente a distintos microorganismos, entre estos el *Cryptosporidium parvum*, la *Giardia lamblia* y otros como la, *E. hystolitica*, *T. vaginalis* y *Ascaris lumbricoides*; actúa sobre los protozoos y bacterias aerobias inhibiendo una enzima primordial en el metabolismo aerobio, llamada piruvato ferredoxin oxidoreductasa (PFOR); sin embargo, pueden existir otros procesos que aún no han podido ser descritos. (Pediatria., 2015)

El segundo proceso de tratamiento de aguas residuales es el tratamiento biológico, que se basa fundamentalmente en remover los agentes contaminantes a través de un proceso conocido como oxidación biológica de la materia orgánica, donde, el objetivo es remover los compuestos orgánicos biodegradables, un ejemplo de este es el de los

lodos activados, procedimiento usado por la empresa en la que se realiza el actual proyecto técnico, aunque existen muchos otros métodos; las bacterias aerobias son uno de los microorganismos utilizados en el tratamiento biológico de las aguas residuales industriales, junto con los hongos, protozoos y rotíferos, siendo, las bacterias los microorganismos que presentan la mayor concentración de la biomasa en los lodos activados; Por esta razón, sumada a la experiencia acumulada y su gran eficiencia removiendo materia orgánica en el tratamiento de las aguas residuales, es el método más utilizado. (Torres Andrade, 2014)

El principal inconveniente identificado es la eliminación directa del agua residual, usada en la fabricación de la nitazoxanida, ya que, esta va directo a la planta de tratamiento del agua industrial, al ser un fármaco que actúa frente a bacterias aerobias (Biomasa) y protozoos, se estarían eliminando estos microorganismos que son fundamentales del reactor biológico (la segunda etapa del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de esta empresa farmacéutica); Por lo tanto, al eliminar estos microorganismos, afecta la calidad del tratamiento de las aguas residuales generadas en la fabricación de otras líneas de medicamentos de la empresa.

La ley Orgánica de la Salud en su capítulo I, con respecto al agua de consumo humano en los artículos 96, 103 y 104, define la obligación del estado ecuatoriano en salvaguardar a la población con respecto a la calidad y consumo de agua potable, y a la no contaminación de las vertientes de agua. (Nacional, 2015)

Según el Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387, de fecha 4 de noviembre del 2015, en el apartado 3 correspondiente a principios básicos, numeral 3.3 detalla que para el control de la contaminación de los cuerpos de agua de cualquier tipo, de acuerdo a la actividad regulada, el Sujeto de Control debe entre otras realizar las siguientes actividades: desarrollo del Plan de Manejo Ambiental, en el que se incluya el tratamiento de sus efluentes previo a la descarga, actividades de control de la contaminación por escorrentía pluvial, y demás actividades que permitan prevenir y controlar posibles impactos ambientales. De tal manera, la Autoridad Ambiental podrá solicitar al regulado (empresa), el monitoreo de la calidad del cuerpo de agua, dónde se detalle los límites de descarga al sistema de alcantarillado público. (Ambiente, Acuerdo ministerial 097-A, Reforma libro VI del texto unificado de legislación secundaria , 2015)

El presente trabajo, beneficiará a la empresa farmacéutica, ya que, al optimizar el sistema de tratamiento de la planta, le permitirá cumplir con las normativas vigentes sobre el adecuado tratamiento de las aguas residuales industriales, cumpliendo con la norma ambiental vigente de acuerdo con la tabla de límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

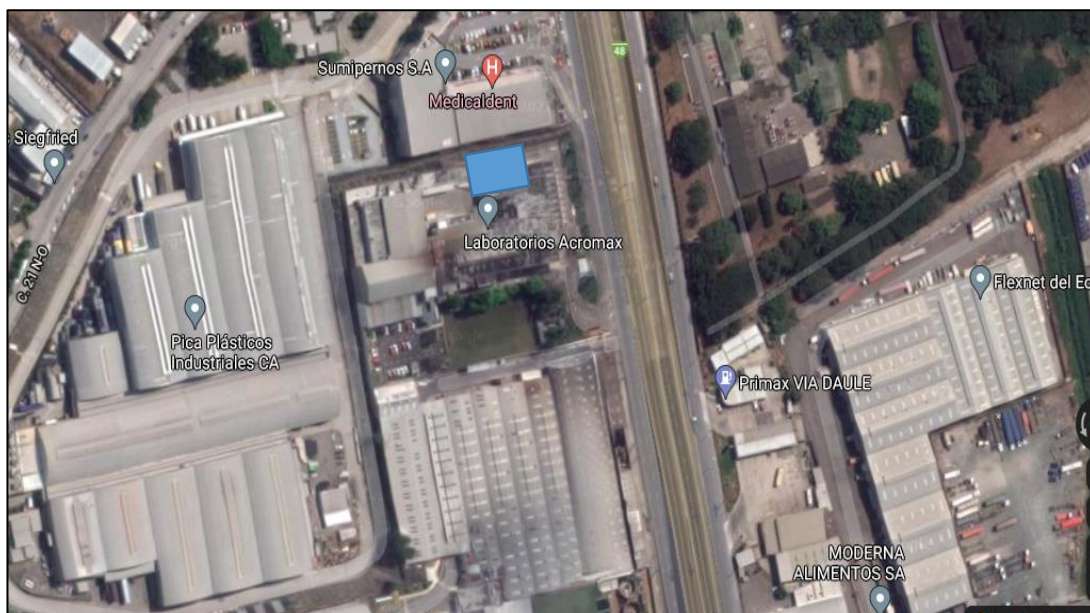
Las empresas que están conscientes de la necesidad de una administración responsable de los recursos naturales para la sostenibilidad de sus actividades manejan, de manera responsable, todos sus movimientos, minimizando aspectos ambientales

negativos que genera la producción industrial hacia su entorno. (Ordóñez Ramírez, 2020)

### 1.3 Delimitación

El presente proyecto técnico se realizará en una empresa Farmacéutica industrial. Este, se limita al diseño de una propuesta para la optimización de un sistema de tratamiento de aguas en una industria farmacéutica; Asimismo, el límite temporal para la realización de este proyecto técnico es de mayo a septiembre del presente año (2021), mientras que el límite espacial de la investigación está dado en las instalaciones de la empresa farmacéutica, que se encuentra ubicada en un sector industrial en la ciudad de Guayaquil, vía Daule como se muestra en la siguiente figura 2.

**Figura 2.** Localización de la actual PTARI donde se propone construir el sistema anaerobio.



**Fuente:** Google Maps.

Además, el proyecto técnico consta de delimitaciones académicas tales como:

- Medioambiente
- Expresión oral y escrita (Técnicas de investigación)
- Legislación laboral
- Contabilidad de costos
- Producción
- Distribución de procesos productivos

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales de una empresa farmacéutica, a través del uso de una estrategia que permita obtener aguas residuales industriales completamente reutilizables, siendo una alternativa

amigable con el medio ambiente, disminuyendo el impacto ambiental negativo y dando cumplimiento a la normativa ambiental vigente.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las fuentes de aguas residuales que alimentan al sistema de tratamiento.
- Describir las etapas que tiene el actual sistema de las aguas residuales de la empresa farmacéutica.
- Elaborar un diagnóstico de la situación actual del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la empresa farmacéutica por medio de un monitoreo compuesto.
- Definir propuesta de optimización para el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la empresa farmacéutica.
- Precisar el costo beneficio de la propuesta de optimización.

## 2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las plantas de tratamiento de las aguas residuales, cumplen un rol trascendental en el ciclo del agua, al generar una vertiente líquida con una condición apropiada para ser reintegrada al área natural, generando un efecto mínimo en la naturaleza y la salud de los humanos. (Duque Sarango, Heras Naranjo, Lojano Criollo, & Viloría, 2018)

En un artículo de revisión denominado “Aerobic wastewater treatment technologies: A mini review”, se expone que, para las aguas residuales industriales concentradas, el tratamiento aeróbico es un sustituto de los procesos de tratamiento anaeróbico más lentos. Debido a sus bajos costos de operación y mantenimiento, el uso del tratamiento aeróbico de aguas residuales como medio reductor está recibiendo cada vez más atención. Además, esto es muy fácil de obtener, con buena efectividad y capacidad para degradar contaminantes; en dicho artículo se revisó el uso de tecnologías aeróbicas de tratamiento de aguas residuales para eliminar los principales contaminantes presentes en las aguas residuales, concluyendo que los biorreactores de crecimiento suspendido son muy eficientes a bajas tasas de carga orgánica para el tratamiento de aguas residuales. La mayoría de los reactores de biopelículas tienen el mismo nivel de eliminación de DQO. (Mondal, Jana, & Kundu, 2017)

Sin embargo, han aparecido algunas nuevas tecnologías en el campo de tratamiento biológico de aguas residuales durante los últimos años, el tratamiento combinado de aguas residuales anaeróbicas y aeróbicas puede considerarse uno de ellos; en un estudio, se eligieron 7 pequeñas plantas de agua residual para su análisis, las cuales funcionaban con el principio de pretratamiento anaeróbico y postratamiento aeróbico; se considera por la experiencia que un sistema tan integrado parece ser una de las posibles formas de tratamiento de aguas residuales de pequeñas fuentes, para luchar contra las desventajas de ambos, presentando características como, alta eficiencia para la remoción de materia orgánica, requisitos energéticos específicos bajos, un tiempo de retención relativamente corto, debido al relativo pequeño volumen de los tanques, baja producción de biogás y baja producción específica de lodos en exceso; se pudo concluir que la tecnología de dos etapas correctamente operada es eficaz para la eliminación de la contaminación orgánica y los sólidos en suspensión, mientras que en condiciones óptimas, incluso la eliminación de nutrientes puede ser logrado, el consumo de energía disminuyó en aproximadamente 25- 40% en comparación con la pequeña EDAR que trabaja con aeróbicos, se redujo la producción de lodos específicos en un 40%, no presentando mayores problemas, sin embargo este tipo de tratamiento combinado presentó algunos problemas debido a la acumulación de sustancias que no deberían entrar a las EDAR's (grasas, aceites, disolventes, agentes de limpieza), la mayoría de las EDAR fueron eficientes en la eliminación de residuos orgánicos contaminantes sin operación profesional, que es uno de los requisitos más importantes para las pequeñas plantas, se confirmó la viabilidad de un sistema integrado sistema aerobio-anaerobio para el tratamiento de aguas residuales municipales, incluso en un país con un clima templado. (Predolin, 2019)

Además, para el tratamiento aeróbico del agua residual se han desarrollado nuevas y eficientes tecnologías, como las de AGS, que se creó como un mejor reemplazo para el AS y para superar los problemas de separación de lodo-agua en el tratamiento biológico de aguas residuales municipales e industriales; AGS consta de densos gránulos microbianos auto inmovilizados que tienen una estructura microbiana compacta, un alto contenido de biopolímeros y velocidades de sedimentación más altas. El crecimiento microbiano granular permite una separación efectiva de la biomasa y el agua, mayores concentraciones de biomasa en el biorreactor y nitrificación, desnitrificación y eliminación de fosfato simultáneas de las aguas residuales en un solo tanque de tratamiento. De esta manera, el proceso AGS minimiza la huella de tierra (50% -75% menos) y energía (30% -48% menos) de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en comparación con el proceso AS convencional. En los últimos 20 años, el proceso AGS se ha convertido en una solución biotecnológica madura desde las plantas de tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio hasta las plantas de tratamiento de aguas residuales a gran escala. Los otros beneficios del proceso AGS son la menor producción de lodo y la utilidad de los recursos del exceso de lodo. Los grupos microbianos predominantes y su metabolismo único contribuyen a reducir la producción de lodos en el proceso AGS. (Nancharaiah & Sarvajith, 2019)

La granulación aerobia se ha estudiado sólo recientemente y se ha dedicado un número limitado de estudios a los aspectos de identificación del proceso, como la fuente orgánica y otros factores que afectan a los gránulos de formación, sin embargo se han realizado estudios sobre los factores que pueden afectar a la formación de lodos granulares aeróbicos en el tratamiento de lixiviados, algunos factores como el esfuerzo cortante, el tiempo de sedimentación y el sitio de descarga del efluente tienen un efecto directo sobre la eficiencia del reactor de gránulos aeróbicos y otros factores como los iones metálicos divalentes, la concentración de oxígeno disuelto, la relación entre la altura y el diámetro del reactor y la temperatura que afecta el proceso de granulación. Si se proporcionan las condiciones adecuadas, el proceso de fango granulado aeróbico puede ser útil para el tratamiento de lixiviados. (Seid-Mohammadi, Asgarai, Ghorbanian, & Dargahi, 2020)

Mientras que, el pH ambiental, la temperatura y la fuerza iónica pueden inducir inestabilidad aerobia de los gránulos, se produce disolución de gránulos aerobios a valores de pH superiores a 10 y temperatura superior a 50, por esto, la alta salinidad, en comparación con otros parámetros como el pH operativo, no tiene un impacto significativo en la estabilidad de los gránulos aerobios; Mientras que, la alta salinidad (20 mg L<sup>-1</sup>) dio como resultado un aumento en la turbidez del sobrenadante que se puede producir por la estructura del gel granular más débil; según el impacto de la descarga de lodos en la estabilidad de los gránulos aeróbicos, se ha comprobado que el SRT largo de los lodos granulares induce la inestabilidad de los gránulos y se requiere una descarga de biomasa adecuada para tener biomasa granular estable,

también se propone que la tasa de carga orgánica sea uno de los factores que favorecen la rotura de los gránulos.

Los métodos tradicionalmente usados para el tratamiento de aguas residuales, son los estanques de estabilización de desechos son cuencas abiertas rodeadas por terraplenes de tierra y, a veces, totalmente o parcialmente revestidas con geotelas sintéticas o de hormigón, emplean procesos naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas, residuos sépticos y lodos, así como desechos animales o industriales; se pueden utilizar para tratar una variedad de aguas y corrientes de residuos, por lo que las entradas pueden incluir aguas residuales, residuos sépticos contenido de fosas de letrinas y / o lodos de otros procesos de tratamiento de aguas residuales, algunos sistemas también reciben lixiviados de vertederos, otros pueden recibir aguas residuales no tratadas que hayan pasado por un tratamiento preliminar (por ejemplo, cribado y eliminación de arenilla), o pueden recibir efluentes secundarios de algún otro proceso de tratamiento, como reactores anaeróbicos, lodos activados o filtros percoladores; los resultados de los sistemas de estanques de estabilización de desechos incluyen el efluente de tratamiento (líquido), lodos / sedimentos (sólidos) y biogás. El efluente líquido tratado de los PSA a menudo se descarga continuamente; Sin embargo, los operadores de algunos sistemas (especialmente en climas más fríos) pueden dejar de descargar durante meses a la vez, lo que permite que los estanques se llenen y descarguen una vez que la temperatura aumenta (este tiempo de retención adicional compensa la tasa más lenta de tratamiento durante los meses más fríos). (Mihelcic, y otros, 2017)

En las regiones rurales de América Latina, los sistemas de tratamiento de aguas residuales se basan en tecnologías convencionales como las fosas sépticas. Estos sistemas de tratamiento no soportan índices de biodegradabilidad inferiores a 0,4 medidos en forma de DBO / DQO, valores obtenidos cuando se encuentran contaminantes refractarios en el agua; que a su vez se asocian en la mayoría de los casos a la intrusión de aguas residuales industriales, en estos casos, los sistemas de tratamiento convencionales no cumplen con la normativa para la que fueron diseñados; y por tanto se pierde inversión pública para construirlos, en una investigación realizada en Ecuador se incrementó el índice de biodegradabilidad de este tipo de efluentes, utilizando aguas residuales domésticas mezcladas con lixiviados y efluentes industriales obtenidos del arroyo Chasinato en la provincia de Tungurahua, a este efluente se le aplicó un avanzado proceso de oxidación de Fenton modificado, que aumentó el índice de biodegradabilidad y evitó reducir el pH, ya que en grandes volúmenes esto es muy costoso. Las concentraciones óptimas de reactivos fueron  $\text{FeSO}_4 / \text{H}_2\text{O}_2 = 1$  y  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 / \text{H}_2\text{O}_2 = 2$ ; con la adición de 10 mg / L de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , lo que incrementó el índice de biodegradabilidad a un valor de 0,46, valor satisfactorio para ser tratado en sistemas convencionales como fosas sépticas; además de una reducción de DBO5 y DQO en eficiencias del 12,54%; 44,4% respectivamente. (Sanchez Proaño & García Gualoto, 2018)

El deterioro generalizado de nuestros sistemas de agua requiere nuevas tecnologías de tratamiento de aguas residuales para garantizar la protección del medio ambiente. Los tratamientos convencionales de aguas residuales no fueron diseñados y, por lo tanto, son ineficaces para eliminar contaminantes de preocupación emergente, dentro de los cuales se encuentran los productos farmacéuticos; los procesos de tratamiento capaces de descomponer este tipo de contaminantes pueden producir productos de transformación tóxicos más dañinos incluso que los productos químicos originales; se realizó un trabajo de investigación, usando la ozonización fotocatalítica heterogénea, catalogándola como una opción prometedora con alta degradación y mineralización de compuestos orgánicos, el objetivo estuvo enfocado en revisar la reducción de la ecotoxicidad en el agua tratada por ozonización fotocatalítica heterogénea, los productos farmacéuticos fueron el principal grupo de productos químicos tratados, se pudo encontrar evidencia de que la ozonización fotocatalítica es un proceso eficiente para eliminar compuestos orgánicos persistentes mientras que, la mayoría de las veces, no aumenta la toxicidad del efluente, sugiriendo que los estudios futuros deben incorporar múltiples pruebas de toxicidad para producir una evaluación de ecotoxicidad más confiable e inclusiva del efluente tratado e investigar catalizadores inmovilizados y fuentes de radiación energéticamente eficientes (es decir, solar y LED) para aplicaciones industriales. (Lashuk & Yargeau, 2021)

Se realizó un estudio sobre el agua residual del proceso productivo de una industria de productos de limpieza y desinfectantes situada en Uberlândia, en Brasil, la cual se trató con ozonización convencional en pH 3, 7 y 10, ozonización catalítica homogénea en pH3 con Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> y Mn<sup>2+</sup> y también con ozonización catalítica heterogénea en pH10 utilizando carbón activado 1g/L y 2g/L. Los resultados que se obtuvieron se evaluaron en de acuerdo al porcentaje de remoción de los parámetros DQO y su color verdadero. El proceso que demostró ser el más eficiente tanto para la decoloración del agua residual como para la oxidación de la materia orgánica, fue el proceso oxidativo por ozonización catalítica homogénea, utilizando O<sub>3</sub>/pH3/Fe<sup>3+</sup>, la máxima eficiencia de remoción de DQO fue del 7,5% en 90 minutos de ozonización, posiblemente como consecuencia de la producción de sub-productos de la ozonización, la máxima remoción de color verdadero fue del 59% también en 90 minutos de ozonización. (Lopes, 2016)

Las tecnologías de tratamiento avanzadas para la eliminación de productos farmacéuticos y otros micro contaminantes orgánicos en las EDAR se dirigen principalmente a la eliminación de compuestos originales, no obstante, la eliminación de metabolitos que se originan en el metabolismo humano o microbiano durante el tratamiento biológico requiere una consideración similar, ya que algunos de ellos pueden estar presentes en altas concentraciones y contribuir a la toxicidad; se realizó un estudio con el objetivo de dilucidar la eliminación de metabolitos humanos y microbianos de productos farmacéuticos en función de la dosis de ozono específica.; la ozonización se realizó en cuatro sitios con dos plantas piloto y dos plantas a gran escala operadas aguas abajo de las plantas convencionales de lodos activados; la reactividad al ozono de todos los metabolitos (expresada como la dosis de ozono para



eliminar el 90% del compuesto / dosis de ozono decádico) fue menor que la de sus compuestos originales; la dosis de ozono decádico fue de 1,0, 1,3 y 1,1 mg O<sub>3</sub> / mg DOC para Epoxi-carbamazepina, Di-OH-carbamazepina y N-Desmetil tramadol, respectivamente. El 20-40% de los metabolitos restantes se eliminaron en un filtro de arena pulidora / BAC (carbón biológico activado); se observó una eliminación similar para la epoxi-carbamazepina, la di-OH-carbamazepina y el hidroxidi-clufenaco en un humedal artificial; sin embargo, el filtro de arena / antracita no tuvo ningún efecto; los cuatro metabolitos se eliminaron en un filtro GAC (carbón activado granulado). (Juárez, 2021)

El campo de la contaminación ambiental debido a la presencia de medicamentos, es un tema que se ha estudiado en múltiples ocasiones, aproximadamente el 50% del agua residual de las empresas farmacéuticas a nivel mundial son vertidas a los ecosistemas sin el respectivo tratamiento, generando la acumulación de estos, volviéndose tóxicos afectando a cualquier nivel de las cadenas tróficas, radicando ahí la importancia de su tratamiento adecuado; el inconveniente se genera cuando los tratamientos del agua residual disponibles se ven limitados por las diferentes propiedades y composiciones que presenta el agua residual de la industria farmacéutica, a esto se le suma que estos residuos son excesivamente resistentes a la degradación biológica y generalmente escapan intactos al tratamiento aplicado en las plantas de tratamiento convencionales; utilizando la técnica de ozonización, se eliminan restos de fármacos y se optimiza la bio-degradabilidad de las aguas residuales industriales farmacéuticas. (Urbina & Solano, 2020)

En un estudio denominado “Eliminación de productos farmacéuticos en agua mediante la introducción de microburbujas ozonizadas”, se aplicó microburbujas ozonizadas (O<sub>3</sub>-MB) para eliminar 39 fármacos en 10 clases terapéuticas (antivirales, antibacterianos, anticancerosos, psicotrópicos, antihipertensivos, analgésicos-antipiréticos, medios de contraste, broncodilatadores, antipluréticos y medicinas a base de hierbas) en agua y los resultados se compararon con los administrados por O<sub>3</sub> solo y los tratamientos combinados con UV, y / o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, o ambos. Los resultados resumidos indican claramente que los tratamientos basados en O<sub>3</sub>-MB mejoraron significativamente ( $P < 0.01$ ) las tasas de remoción en un 8-34% para O<sub>3</sub> solo, y se alcanzaron tasas de remoción de  $> 90%$  ( $> 80%$ ) para 33 (37) compuestos. La introducción de la tecnología MB fue indispensable para mejorar la degradación de famciclovir (antivírico), bicalutamida (anticanceroso), sulpirida (psicotrópico) y glucurónido de acetaminofén (analgésico-antipirético) en más del 96,0%. Las propiedades recalcitrantes de todos los compuestos de tipo de medio de contraste (iohexol, ioversol, iopromida, iomeprol y iopamidol) frente a O<sub>3</sub> y O<sub>3</sub>-MB mejoraron significativamente mediante el tratamiento combinado con UV, y las tasas de eliminación pasaron del 93,8% al 98,8% del 0% al 52,0%. indicando la efectividad del uso combinado de fotólisis más que la oxidación por radicales hidroxilos. La combinación de UV y / o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> con O<sub>3</sub>-MB aumentó la constante de velocidad de reacción en un promedio de 2.9 a 5.5 veces en relación con O<sub>3</sub> y O<sub>3</sub>-MB. Además, el

tratamiento con MB mejoró el consumo de O<sub>3</sub> hasta 2,8 veces más que los tratamientos con O<sub>3</sub>. Estos resultados indican que los tratamientos combinados de O<sub>3</sub>-MB con UV y / o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> podrían minimizar la carga contaminante ambiental de los productos farmacéuticos vertidos en los ríos. Hasta donde sabemos, esta es la primera investigación que mostró una mejora en las tasas de eliminación de múltiples productos farmacéuticos junto con el uso combinado de UV y / o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. (González)

## **2.1 Marco legal**

En los siguientes apartados del marco legal, podemos observar la normativa legal aplicable en el Ecuador, para cualquiera de los usos que se va a realizar al agua residual. Por lo que se debe tomar en cuenta, los límites máximos permisibles para cada situación y procesos que se van a llevar a cabo, y de la que debemos regirnos con las disposiciones que la norma emite para cada uso que se vaya a dar al agua residual tratada. Por esto, para el avance de nuestro proyecto técnico es necesario conocer la normativa ecuatoriana aplicable en el país con respecto a los vertidos industriales.

### **2.1.1 Constitución de la República del Ecuador**

Publicada en el Registro Oficial N° 499 de 20 de octubre del 2008.

La Constitución de la república indica en el título II. Derechos, en el capítulo II del buen vivir, en la Sección I de Agua y alimentación, en su artículo 12.- El derecho al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Mientras que, en la sección II sobre el ambiente Sano, en su artículo 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

También, en el artículo 15.- El estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

En la sección VII de salud, en su artículo 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Mientras que, en el título II: Derechos, en su capítulo sexto de derechos de libertad, en su art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: “El derecho a vivir en un ambiente

sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza

Asimismo, en su capítulo séptimo de Derechos de la naturaleza, en el art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependen de los sistemas naturales afectados.

En el título VI. Régimen de desarrollo. Capítulo V: Servicios estratégicos, servicios y empresas públicas que en el artículo 318.- El estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

Y, en su artículo 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

Por otra parte, en el título VII del régimen del buen vivir, en su capítulo primero de inclusión y equidad en la sección sexta de Agua, indica el art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua. (Ecuador C. d., 2018)

### **2.1.2 Código Orgánico del Ambiente**

Publicada en el Registro Oficial N° 983 de 12 de abril del 2017.

En el libro tercero de la calidad ambiental, en su capítulo V de calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos, en su 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 24 residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto.

Asimismo, 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. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia. (Ecuador A. N., Código Orgánico del Ambiente Registro Oficial Suplemento 983, 2017)

### **2.1.3 Reglamento al código orgánico del ambiente**

En el libro preliminar, en el título I, dónde,

En el Art 759. Descargas. - Se prohíbe la descarga de desechos a las playas, la franja adyacente de titularidad del Estado y el mar. 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.

### **2.1.4 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del agua**

Registro Oficial N° 305, Asamblea Nacional República del Ecuador, Quito, 6 de agosto del 2014

En el título II de recursos hídricos, en su capítulo I sobre definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos, en el artículo 12.- Protección, recuperación y conservación de fuentes. El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta ley, la Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, 25 serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales. El Estado en sus diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia. (Ecuador A. N., Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua, 2014)

Además, en su artículo 107.- Aprovechamiento industrial. Las aguas destinadas para el aprovechamiento industrial, una vez utilizadas, serán descargadas por el usuario, previo su tratamiento, cumpliendo con los parámetros técnicos que dicte la Autoridad Ambiental Nacional.

### **2.1.5 Ley Orgánica de Salud**

Registro Oficial N° 423, Congreso Nacional, 22 de diciembre del 2006, con última modificación el 18 de diciembre del 2015.

En el capítulo III de derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud, en su art. 7.- Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, los siguientes derechos: c) Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.

Asimismo, en su capítulo II de los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes, en su art. 102.- Es responsabilidad del Estado, a través de los municipios del país y en coordinación con las respectivas instituciones públicas, dotar a la población de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y otros de disposición de excretas y aguas servidas que no afecten a la salud individual, colectiva y al ambiente; así como de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Por otra parte, en el art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias. (Nacional, 2015)

### **2.1.6 Acuerdo N° 061: reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria**

En el acuerdo N° 061 del libro VI tiene como fin prevenir y controlar la contaminación ambiental, en lo referente al recurso hídrico, donde, el principio es salvaguardar la calidad de la misma para preservar los usos establecidos, ecosistemas y el medio ambiente en general. (Ambiente, Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria, 2015)

En su capítulo VIII Calidad de los componentes bióticos y abióticos. Sección I. disposiciones generales, en el artículo 196. De las autorizaciones de emisión, descarga y vertidos. - No se autorizarán descargas ya sean aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual, no pueda soportar la descarga; es decir, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico. La determinación de la capacidad de carga del cuerpo hídrico será establecida por la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional.

Asimismo, en la sección III Calidad de componentes Abióticos. Parágrafo I. Del agua, en su artículo 209. De la calidad del agua. - Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se realizará con procedimientos analíticos, muestreos y

monitoreos de descarga, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el capítulo III de este proyecto técnico.

Mientras que, en el artículo 210. Prohibición. - De conformidad con la normativa legal vigente; b) se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación. (Ambiente, Acuerdo ministerial 097-A, Reforma libro VI del texto unificado de legislación secundaria , 2015)

También en el libro VI Anexo 1, de la presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Donde, los criterios generales de descarga de efluentes son:

- Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
- Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
- Descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Descarga a un cuerpo de agua marina.
- Permisos de descarga.
- Parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas.

**Tabla 1.** Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No Detectable
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1

Bario	Ba	mg/l	5.0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO <sub>3</sub>	mg/l	0.1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	1.0
Cobalto total	Co	mg/l	0.5
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0.1
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0.5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0.2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Fosfato total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25.0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10.0
Materia flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno total	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1600
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	mg/l	400

Sulfuros	S	mg/l	1.0
Temperatura	°C	mg/l	< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2.0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1.0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0.05
Organofosforados y carbamatados (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatados totales	mg/l	0.1
Vanadio	V	mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	10

**Fuente:** (Ambiente, Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria, 2015)

### **2.1.7 Acuerdo N° 097-A: Anexos normativa, reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del MAE.**

Registro Oficial N°387, Año III, Ministerio del Ambiente, 4 de noviembre del 2015. En el acuerdo N° 097-A del libro VI tiene como fin prevenir y controlar la contaminación ambiental, en lo referente al recurso hídrico.

En la Sección V. Desarrollo, en el apartado 5.2. Criterios generales para la descarga de efluentes. Principios básicos para la descarga de efluentes. – De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta norma.

En el apartado 5.2.1.6. Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas.



En el apartado 5.2.3 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado, indica que: Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar al sistema de alcantarillado.

En el apartado 5.2.3.3 Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales.

Asimismo, en el apartado 5.2.3.4 La EPS podrá solicitar a la entidad ambiental de control, la autorización necesaria para que los regulados de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos por la presente norma.

Además, en el apartado 5.2.3.5 se indica que, las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la tabla de límites de descargas del sistema de alcantarillado público, en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

### **3. Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO.**

#### **3.1 Enfoque investigativo**

Para este proyecto técnico, que se basa en la propuesta de optimización de la planta de tratamiento de agua residual de la línea de suspensiones sólidas de Nitazoxanida, se va a dividir en dos fases, una científica y otra de campo, la primera fase científica se va a realizar de manera inicial con la investigación bibliográfica, analítica, descriptiva y de campo; Por otra parte, en la segunda fase se basará la recolección de datos mediante el empleo de métodos cualitativos y analíticos.

##### **3.1.1 Tipos de Investigación**

###### **3.1.1.1 Bibliográfica**

Durante la ejecución de este proyecto técnico, se utilizó el recurso bibliográfico a través de artículos científicos, libros físicos y online, de donde se analizó y obtuvieron diferentes estudios relacionados en el campo de la presente investigación los cuales aportaron conocimientos científicos y técnicos.

###### **3.1.1.2 Investigación analítica**

Para este proyecto técnico se utilizó como metodología la investigación analítica consiste en comparar variables entre grupos de estudios citados o en desarrollo para luego definir una de las hipótesis que el investigador trata de probar o confirmar.

La investigación es un proceso sistemático, organizado y objetivo destinado a responder a una pregunta problema de investigación. La unidad básica del proceso investigativo es el proyecto técnico, documento que recoge de manera pormenorizada la organización que se ha dado a esta actividad y la forma en que se ejecutará la misma, por lo que representa una guía para el equipo de trabajo durante el desarrollo de la investigación. (Lam Díaz, 2005)

Se recolectó información del periodo del 2021, de las mediciones y monitoreos, de ciertos parámetros importantes para el análisis y desarrollo del proyecto técnico. Estos, fueron realizados diariamente por la Industria Farmacéutica y en comparativa los analizados que se realizaron por parte nuestra con un laboratorio acreditado, con el fin de, cotejar el afluente y efluente, luego del tratamiento de oxidación de la propuesta de mejora que se detalla en este proyecto técnico. Además, estos resultados se evaluaron los análisis cuantitativo y cualitativo, para obtener más datos concurremos a técnicas de investigación descriptivas, de campo, toma de muestras y experimentación.

###### **3.1.1.3 Investigación Descriptiva**

Esta investigación es de tipo descriptiva, por lo que se apega sobre las realidades, dónde, lo importante es la manera de interpretación correcta, puesto que es útil para evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales de una Farmacéutica y describir el proceso actual, evidenciando como las descargas de Nitazoxanida afecta a este, en base a recolección de datos del monitoreo de calidad de agua y de las diversas etapas del tratamiento. (Rodríguez Miguel, 2005)

### 3.1.1.4 Investigación de Campo

El presente proyecto tiene como objetivo, identificar, medir y evaluar los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales de una farmacéutica obteniendo datos relevantes, que nos permitan definir los parámetros y estándares de esta. Para de esta forma definir los puntos que generan mayor incidencia en la calidad final, y así poder implementar las adecuaciones del diseño del tratamiento propuesto, en base a esto verificar su eficacia y llevar un control sobre los parámetros a cumplir. En este caso, se realizarán análisis de campo mediante una tabla de recolección de datos, con el fin de llevar un control tanto del afluente como del efluente para definir la calidad de agua, como se muestra en la figura 3.

**Figura 3.** Tabla de análisis de campo de la PTAR

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES								
Semana:			Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
			Fecha					
AFLUENTE	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:
pH	N/A	≥6.5	≤8.5					
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1.5	≤2.5					
Temperatura	( °C )	25	35					
REACTOR BIOLÓGICO	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:
pH	N/A	≥6.5	≤8					
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1.5	≤2.5					
Temperatura	( °C )	25	35					
Índice V30	ml/L	150	500					
EFLUENTE	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:
pH	N/A	≥6	≤9					
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1	≤2					
Temperatura	( °C )	25	35					
DQO	mg/l	≤500						
SISTEMA OXIDACIÓN	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:
pH	N/A	≥6	≤10					
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥0	≤2					
Temperatura	( °C )	20	35					
DQO	mg/l	≤500						
Realizado por				R. Calderón				
Verificado por				M. Meza				

**Fuente:** Autores

## 3.2 Tipos de Métodos

### 3.2.1 Método Cualitativo

Aplicando el método cualitativo logramos recopilar la información necesaria para poder determinar desde donde radica el problema actual, este método está basado en el historial de resultados de mediciones de parámetros auditables de las afluentes y efluentes, y así comprobar cómo se comportaría una vez simulado el presente proyecto in situ.

### 3.2.2 Método Analítico

La experimentación directa del trabajo diario en la planta de tratamiento, nos brinda la facilidad de poder definir que alternativa es la más eficaz para tratar este tipo de aguas, por medio de un subsistema anaerobio. Este, dependerá de disponibilidad de infraestructura de la empresa farmacéutica, siendo así, podrían implementarse lagunas anaerobias, pozos anaerobios, hasta en algunos casos digestores facultativos

anaerobios. Para demostrar la eficacia de este método utilizado, se adjuntará como evidencia los resultados de la medición que se realice antes y después del tratamiento.

### **3.3 Metodología**

Se consideraron las siguientes variables para el desarrollo del presente proyecto para lograr efectividad al momento de recolectar la información respectiva.

#### **3.3.1 Variables**

Para este proyecto vamos a analizar dos tipos de variables entre ellas, las dependientes que constan de turbidez, demanda química de oxígeno y la demanda bioquímica de oxígeno, que se detalla a continuación:

- Turbidez final del agua tratada.
- DQO final.
- DBO<sub>5</sub> final

Para el segundo tipo de variables independientes se va a analizar la concentración de coagulantes químicos, el potencial de hidrógeno, tiempo de exposición a oxidación y su salinidad.

- Concentración de coagulantes químicos
- pH inicial
- Tiempo de exposición
- Salinidad

#### **3.3.2 Parámetros**

Para la evaluación y categorización de todos los parámetros considerados para el presente proyecto se coteja con el Texto Unificado de la Legislación Secundaria, Medio Ambiente, cuyos datos considerados son los siguientes. (Ecuador A. N., Registro Oficial Acuerdo ministerial N° 286, 2008)

- Nivel de turbidez final
- Nivel de DQO presente luego del tratamiento
- Nivel de DBO<sub>5</sub> luego del tratamiento
- Nivel de tensoactivos presente luego del tratamiento

En la tabla 2, se muestran los parámetros de monitoreo de las descargas industriales por actividad económica, en base a la legislación ecuatoriana aceptados por la autoridad ambiental, de los efluentes industriales que se pueden descargar al alcantarillado público.

**Tabla 2.** Parámetros de monitoreo de las descargas industriales

CIUU	ACTIVIDAD INDUSTRIAL	PARÁMETROS DE MONITOREO
2423	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	m3/d, DBO, DQO, SST, SAAM, Grasas y aceites, Fenoles, Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (CR), Mercurio (Hg), Zinc (Zn)

Fuente: Autores

### 3.3.2.1 Parámetros adicionales

Se tomó en consideración para el presente proyecto los siguientes parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totales y sólidos disueltos, donde se procedió con el análisis a través de un laboratorio acreditado para determinar el porcentaje de efectividad del proceso experimental en las aguas residuales de una industria farmacéutica.

### 3.3.3 Técnicas

Para el presente proyecto, se tomó en consideración una serie de procedimientos y técnicas, las cuales, se emplearon con la finalidad de obtener la mayor cantidad de datos y que estos sean íntegros y exactos, tanto como antes y después de la aplicación del tratamiento de la piscina de oxidación. Algunos de los métodos empleados para el presente proyecto se detallan con los siguientes pasos:

- Se recopiló la mayor información posible de diferentes medios con el fin de reforzar los resultados obtenidos.
- Se diseñó un proceso de oxidación en base a los estudios ya antes realizados.
- Se realizaron ensayos experimentales para evaluar y definir la mejor técnica y exposición que permite una eficaz remoción de contaminantes de la muestra.
- Se analizó y estableció la mejor muestra posterior al tratamiento para proceder a enviarla a un laboratorio certificado, y verificar un antes y después del tratamiento.

### 3.3.4 Recolección de datos

#### 3.3.4.1 Caracterización del agua residual

Para iniciar con la recolección de las muestras de las aguas residuales que fueron analizadas a lo largo del presente proyecto técnico, se necesitaron muestras de agua sin tratar (agua cruda), donde se recogieron 10 galones antes de ser descargadas a la planta de tratamiento, de manera posterior, se sometió la muestra a un proceso de oxidación, para determinar la disminución de la cantidad de DBO, DQO, A&G, y demás parámetros auditables por las entidades de gobierno, y con ello la reutilización de estas aguas residuales. Por ello, se envió a realizar un análisis compuesto por un laboratorio acreditado para su verificación.

Para la caracterización de las aguas residuales ya tratadas, se tomó en consideración las especificaciones establecidas para este tipo de análisis, para lo cual se utilizó 03 envases de vidrio las cuales contenían muestra de agua residual cruda, muestra de agua

residual tratada con planta de tratamiento y otra muestra de agua residual optimizada con el tratamiento de oxidación.

Se realizaron varios ensayos para determinar las condiciones óptimas para la efectividad del proceso, donde, fueron sometidas estas aguas residuales desde el inicio al final del ensayo. Para el respectivo análisis del parámetro de DQO, la muestra se calentó en un termo reactor, de manera posterior analizar mediante un instrumento de medición, en este caso, Colorímetro portátil (modelo DR/890), el cual arroja resultados en (mg/L), como se puede observar en la siguiente figura 4.

**Figura 4.** Toma de muestra con Colímetro portátil (Modelo DR/890)



**Fuente:** Autores

Asimismo, se tomaron registros de cada uno de las etapas del tratamiento de las aguas, los cuales fueron asentados en una hoja de Excel debidamente diseñada para el presente proyecto. En la tabla 3, se muestra una lista de chequeos para la respectiva inspección del tratamiento de las aguas residuales de la línea de producción de Nitazoxanida.

**Tabla 3.** Análisis de campo de la toma de muestreos de la PTAR de la línea de Nitazoxanida

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana:			Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	
			Fecha						
AFLUENTE	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	
pH	N/A	≥6.5	≤8.5						
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1.5	≤2.5						
Temperatura	( °C )	25	35						
REACTOR BIOLÓGICO	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	
pH	N/A	≥6.5	≤8						
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1.5	≤2.5						
Temperatura	( °C )	25	35						
Índice V30	ml/L	150	500						
EFLUENTE	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	
pH	N/A	≥6	≤9						
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1	≤2						
Temperatura	( °C )	25	35						
DQO	mg/l	≤500							
SISTEMA OXIDACIÓN	UND/ MED	MIN	MAX	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	HORA:	
pH	N/A	≥6	≤10						
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥0	≤2						
Temperatura	( °C )	20	35						
DQO	mg/l	≤500							
Realizado por				R. Calderón					
Verificado por				E.A					

**Fuente:** Autores

### 3.3.4.2 Prueba de Hipótesis (pH)

En la hipótesis nula ( $H_0$ ) se plantea que la media de los resultados obtenidos referente al pH, para comprobar la eficiencia en lo que respecta a la calidad del agua en las muestras analizadas, es 9, en cambio la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) revela que la media de los datos obtenidos referente al pH es menor a 9.

$$H_0: \mu \text{ pH} = 9$$

$$H_1: \mu \text{ pH} < 9$$

Debido al tamaño de la muestra ( $n=8$  réplicas) se usó la prueba T. Wilcoxon para el valor crítico para rechazar las hipótesis nulas ( $H_0$ ) planteadas a un nivel de significancia del 5%. Se esperaba rechazar la  $H_0$  para poder afirmar que luego del tratamiento de oxidación se pudo reducir los niveles de agentes tensoactivos, turbidez y pH por debajo de los límites máximos permisibles.

La fórmula de Wilcoxon que se aplicó al presente proyecto fue:

#### Ecuación 1. Fórmula de Wilcoxon

$$W^+ = \sum_{z_i > 0} R_i$$

Para la obtención de la desviación estándar se aplicó la siguiente fórmula, la cual nos permitirá obtener los datos a analizar.

**Ecuación 2.** Fórmula para la desviación estándar

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

$\bar{X}$  = promedio de los valores obtenidos

S = desviación estándar

n = número de muestras

### 3.3.4.3 Diseño Experimental

En el diseño experimental que se aplicó en este proyecto, se emplearon técnicas estadísticas que permitieron analizar las causas y efectos de la investigación experimental, donde actuaron variables de entrada que intervienen dentro de un proceso que permite analizar las variables de respuesta finales. Para cada una de las tres variables dependientes se realizaron réplicas de acuerdo al tiempo de estanqueidad necesario para el procedimiento de oxidación, lo que dio un total de 30 muestras en cada una de las experimentaciones.

Debido a los datos que se obtuvieron de dichas réplicas se pudo establecer el tiempo adecuado de oxidación y aireación de la planta de tratamiento, en este caso el nivel de turbidez y carga orgánica, descendió significativamente cada 07 días aproximadamente, por lo que en un margen de 15 días esta agua tratada puede servir para su reutilización. En este diseño de tratamiento para aguas residuales de una farmacéutica, se analizaron factores como el tiempo y cantidad de muestra analizada, para así determinar los efectos en cada una de las réplicas establecidas.

### 3.3.4.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron tabulados para elaborar cuadros y gráficos para el análisis estadístico descriptivo de los mismos (media, varianza y desviación estándar) los cuales dan una mejor visión de la situación del proceso del tratamiento de aguas residuales.

Posteriormente, se aplicó el análisis estadístico inferencial mediante prueba de hipótesis con respecto a los parámetros establecidos de turbidez, DQO y DBO<sub>5</sub>, para comprobar el tiempo de estanqueidad en las diferentes muestras de aguas residuales provenientes de la farmacéutica industrial.



### 3.4 Cálculos

#### 3.4.1 Datos

Se va tomar en cuenta para el diagnóstico y posterior análisis un historial del último año (2020) sobre la generación de aguas residuales, como se muestra en la tabla 4, dónde, se evidencian todas las áreas donde se puede medir y controlar la generación de aguas residuales, para este proyecto nos enfocaremos en el área de Sólidos Orales 2, donde se realiza el proceso de fabricación, posterior limpieza y generación de residuos líquidos con Nitazoxanida y con ello la disminución del impacto a nivel medioambiental.

**Tabla 4.** Tabla de generación de aguas residuales anuales x m3.

GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES ANUAL x m <sup>3</sup>													PROMEDIO
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Agua purificada Planta													
Agua blanda Planta													
Agua caliente Planta													
Áreas verdes sector cancha													
Cocina													
Control de Calidad													
Inyectables													
Lavandería													
Líquidos													
Sólidos Orales 2													
Pesada													
Parqueadero Principal													
Semisólidos													
Sólidos Orales 2													
Vestidores-Baños Bodega													
Vestidores-Baños													
Producción													
Total de consumo mensual													

Fuente: Autores

#### 3.4.2 Ecuación de cálculos de dimensionamiento de pozo anaerobio

Para el diseño de este tanque se ha aplicado un TRH de 6 horas (sugerido entre 4-8 horas). Por lo que, para el cálculo del volumen del tanque es necesario tener ciertos datos básicos como el caudal del agua residual y el tiempo de retención hidráulico estimado.

Dónde:

V= Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

Q= Caudal de agua residual (m<sup>3</sup>/día)

TRH= Tiempo de retención hidráulico

Por lo que la ecuación sería la siguiente:

**Ecuación 3.** Fórmula para el cálculo del volumen de un pozo anaerobio

$$V = Q * TRH$$

Se consideran las siguientes dimensiones, dónde, la altura mínima es de 2,5 m y, que la relación de largo/ancho es de 1:1. Por lo tanto, los tanques de oxidación se suelen construir de hormigón armado, la forma rectangular permite la construcción adosada de tanques aprovechando paredes comunes.

## 4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Datos básicos de la empresa

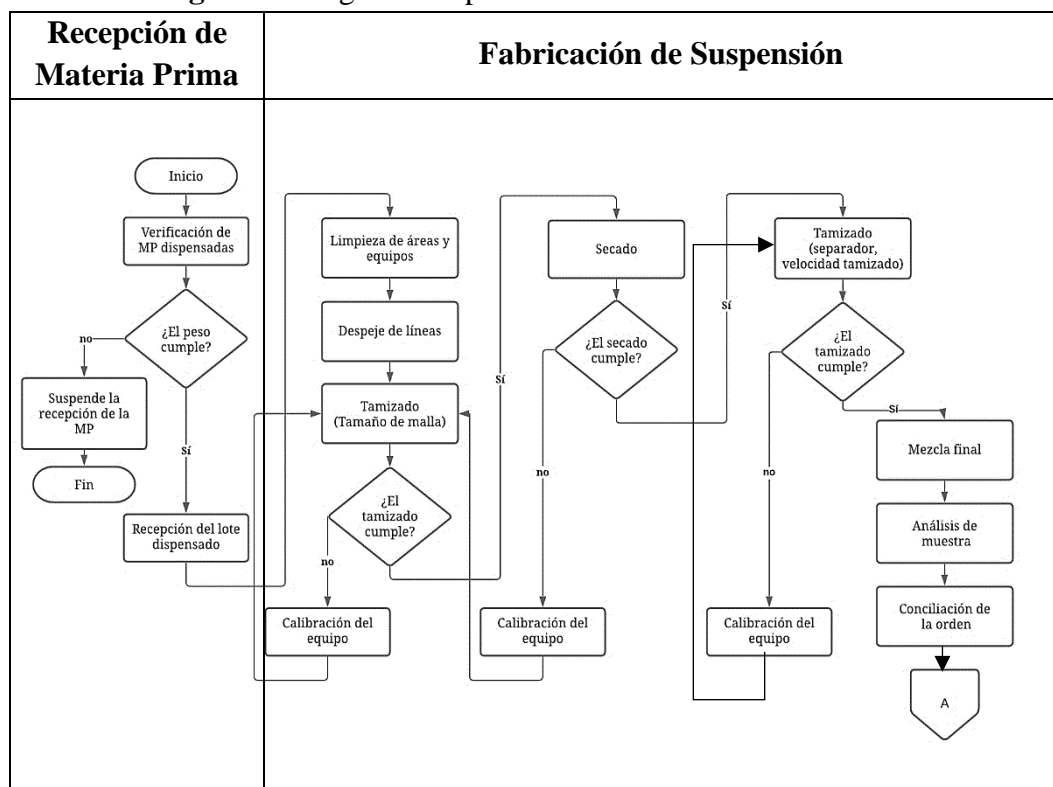
#### 4.1.1 Antecedentes generales de la farmacéutica.

La empresa farmacéutica está enfocada en la elaboración de fármacos de consumo masivo, por lo que el enfoque técnico para este proyecto técnico está basado en la línea de Nitazoxanida.

#### 4.1.2 Diagrama de Procesos de Sólidos Orales 2 de Nitazoxanida

Para la línea de producción de Nitazoxanida, se detallan los dos primeros procesos de recepción de materia prima, y la fabricación de la suspensión, mediante el diagrama de procesos que se muestra en la figura 5.

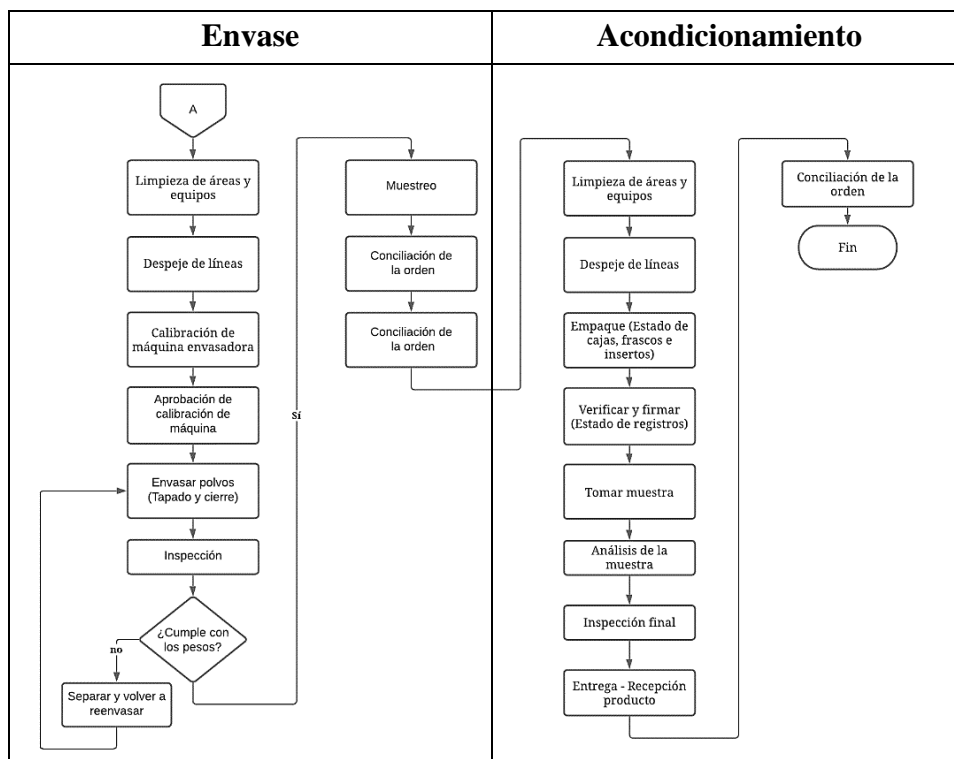
**Figura 5.** Diagrama de procesos de la línea de Nitazoxanida



**Fuente:** Autores

Para los siguientes dos procesos de envase y acondicionamiento final, se detallan en el diagrama de procesos que se muestra en la figura 6.

**Figura 6.** Diagrama de procesos de la línea de Nitazoxanida.



Fuente: Autores

#### 4.2 Identificación de las fuentes de aguas residuales de la línea de Nitazoxanida

Para la identificación de las fuentes de aguas residuales, se tomó en consideración los resultados mensuales de todos los procesos de producción, dónde, la línea de Nitazoxanida, identificada en la tabla como Sólidos Orales 2, muestra que existe una generación mensual promedio de 3,83 m<sup>3</sup>.

**Tabla 5.** Tabla de generación de aguas residuales - Año 2020

GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES ANUAL x m <sup>3</sup>													PROMEDIO
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Agua purificada Planta	181	343	344	310	523	557	462	339	351	320	348	208	357,17
Agua blanda Planta	366	293	236	139	196	217	218	382	190	150	192	177	229,67
Agua caliente Planta	15	103	100	59	104	108	141	137	146	126	125	84	104,00
Areas verdes sector cancha	3	10	6	3	5	11	0	0	0	0	0	0	3,17
Cocina	19	11	18	4	11	9	6	5	2	3	3	1	7,67
Control de Calidad	8	11	14	8	9	17	17	18	14	18	14	10	13,17
Inyectables	7	11	13	6	12	15	12	13	9	6	3	0	8,92
Lavandería	76	140	144	110	159	172	187	194	181	156	155	93	147,25
Líquidos	8	48	36	18	28	10	18	15	13	7	24	6	19,25
Sólidos Orales 2	7	4	5	3	5	4	4	4	4	2	3	1	3,83
Pesada	5	2	2	2	1	4	5	15	11	6	6	0	4,92
Parqueadero Principal	7	4	4	6	5	12	10	6	5	6	4	3	6,00
Semisólidos	11	41	27	26	19	0	1	1	0	0	0	0	10,50
Sólidos Orales 2	8	0	1	1	0	3	2	8	2	9	4	0	3,17
Vestidores-Baños Bodega	16	20	21	9	13	16	24	21	23	20	15	25	18,58
Vestidores-Baños Producción	67	49	60	37	58	50	65	86	63	56	46	37	56,17
Total de consumo mensual	804	1090	1031	741	1148	1205	1172	1244	1014	885	942	645	993,42

**Fuente:** Autores

En la tabla 6, se muestra los parámetros permisibles de la descarga del agua al alcantarillado público por actividad económica, auditables por las entidades del gobierno referente a medioambiente de acuerdo al libro VI de Tulsman.

**Tabla 6.** Límites permisibles de descarga de agua al alcantarillado público para empresas farmacéuticas.

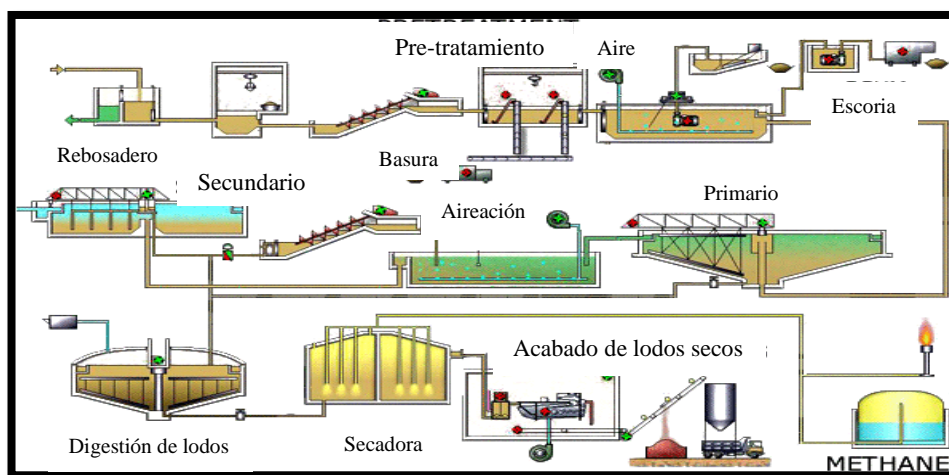
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 a 9
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Temperatura	°C	mg/l	< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2.0

**Fuente:** Autores

### 4.3 Descripción de las etapas del sistema actual de las aguas residuales

Para el tratamiento de aguas residuales, es importante cumplir con las especificaciones técnicas y de distribución para el tratamiento correcto de los afluentes (aguas crudas) y su debido proceso de tratamiento. En este proyecto nos enfocaremos en realizar un tratamiento extra al efluente para la adición del tratamiento de oxidación, con el fin de reutilizar las aguas tratadas por oxidación para el uso del riego general de la empresa. En la figura 7, se muestra un pequeño diagrama escala de la distribución de la planta de tratamientos de aguas residuales en general.

**Figura 7.** Diagrama de procesos de la planta de tratamiento a escala



**Fuente:** <http://www.ebcorpo.com/water-treatment-plants>

Actualmente existen 5 etapas en la PTAR de la empresa farmacéutica de estudio, específicamente para el caso de esta planta de tratamiento tenemos primero la piscina primaria o Ecuilizador, donde se reciben las aguas crudas del procesamiento de la Nita y demás productos de la farmacéutica, aquí se homogeniza todas las aguas que llegan con temperatura y pH fuera de rango.

En caso de que sea necesario, en este proceso se realiza el ajuste de los niveles de las boyas, a tal punto que, el nivel mínimo de agua permanezca por encima de los difusores de aire. Por lo que, este cuenta con un difusor de aire para la mezcla respectiva, luego se trasladan mediante tuberías al DAF donde previamente las aguas se le da un tratamiento físico - químico, adicionándole por medio de una bomba dosificadora los coagulantes y floculantes, y así los gránulos de lodos se compacten para que en el DAF se pueda hacer la separación respectiva de lodos y grasas, finas y gruesas.

Para el proceso de preparación y control de dosificación de coagulantes y floculantes, en la figura 8, se muestra el llenado alrededor del 50% del tanque de preparación de 110 L con agua potable, donde, se realiza una descarga lenta de 5mg aproximadamente de polímero catiónico sobre el tanque de preparación y se deja agitando por medio de

la aireación durante 10 minutos (no existe un valor exacto ya que esto depende del agua que este en el equalizador, a mayor turbiedad mayor consumo de químico).

Una vez transcurrido los 10 minutos, se procede a llenar el tanque en su totalidad, finalmente, para colocar el selector de la bomba sumergible en automático y/o conectar la bomba dosificadora, y posteriormente verificar que la dosificación se encuentre entre el 50% y 80% de capacidad.

**Figura 8.** Proceso de dosificación de floculante.



**Fuente:** Autores

En la figura 9, se puede apreciar que el procedimiento de la utilización del coagulante es parecido al anterior, pero, en este caso se realiza una descarga lenta de 4kg aproximadamente (8 jarras de 1L) de policloruro de aluminio sobre el tanque de preparación y se deja agitando por medio de la aireación durante 10 minutos (no existe un valor exacto ya que esto depende del agua que este en el equalizador, a mayor turbiedad mayor consumo de químico). Una vez transcurrido ese lapso se procede a llenar el tanque en su totalidad. Finalmente se coloca el selector de la bomba sumergible en automático y/o se conecta la bomba dosificadora, verificamos que la dosificación se encuentre entre el 50% y 80% de capacidad.

**Figura 9.** Proceso de dosificación de coagulante.



**Fuente:** Autores

Por otra parte, desde aquí se verifica el proceso por rebose, es decir, alimentando así los demás procesos gracias a la gravedad, ahora se puede verificar que el nivel de inundación de agua se encuentre entre 1 a 2 cm del rebose de lodo sobrenadante, de no ser así, se ajusta el bafle de rebose en la sección de clarificado modificando la altura de este para forzar inundación en el DAF.

Asimismo, verificamos que las válvulas de purga de fondo se abren con descarga hacia el digestor de lodos con la frecuencia determinada en el PLC. Esta descarga no es continua, como se muestra en la figura 10.

**Figura 10.** Panel de operaciones del DAF y sus bandas de rodamiento para la mezcla de las aguas con lodos.



**Fuente:** Autores

El siguiente proceso es cuando pasa al reactor biológico, donde gracias a las bacterias aerobias se degrada la materia orgánica. Por otra parte, la siguiente etapa como se muestra en la figura 11, que corresponde al digestor de lodos, aquí se verifica que las bajantes de aire no presenten ningún tipo de fuga, al momento que se encuentra pasando aire en el interior de estas, el nivel de lodos debe estar por debajo del rebose hacia el ecualizador para evitar saturación del sistema.

**Figura 11.** Piscina de digestores de lodo.





**Fuente:** Autores

Mientras que, para la efectiva remoción de los lodos, es necesario suspender el suministro de aire, cerrando la válvula, dar un tiempo aproximado de 45 minutos para asegurar sedimentación del lodo y posteriormente encender la bomba sumergible del Digestor de Lodos para bombear hacia los lechos de secado, posteriormente proceder a apagar la bomba y reiniciar suministro de aire abriendo la válvula, como se muestra en la figura 12.

**Figura 12.** Aguas residuales en estanqueidad para efectivizar el proceso.



**Fuente:** Autores

Luego del secado de los lodos, con ayuda de una pala, se almacena en fundas negras y lleva el registro de la cantidad de residuos, y su correcta disposición final. Se procede a pasar al siguiente proceso del Reactor biológico como se muestra en la figura 13, donde, se revisa que las bajantes de aire no presenten ningún tipo de fuga en el momento que se encuentre pasando aire en el interior de estas, también se asegura que el suministro de aire sea continuo. El aire debe asegurar movimiento del lodo suficiente para homogenizar mas no generar turbulencia en exceso.

**Figura 13.** Reactor biológico procesando las aguas residuales.



**Fuente:** Autores

La tonalidad adecuada del agua debe ser una café - chocolate, de presentarse esta coloración el sistema se encuentra funcionando correctamente. Si la tonalidad es gris, puede carecer de oxígeno disuelto el sistema, si por el contrario, la tonalidad del agua muestra tiene una tonalidad café - oscuro, es la característica de un sistema cargado de lodos, por lo que es necesario evaluar la biomasa presente, por medio de una prueba % VSS (Volumen de solidos sedimentables) con un cono Imhoff.

Asimismo, si los lodos en el cono Imhoff sedimentan un 60% en menos de 15 minutos es necesario realizar una purga, para realizar dicha purga se deberá previamente cerrar durante unos 30 minutos el suministro de aire del reactor para que así la biomasa muerta sedimente, luego se abrirá la llave de purga ubicada en la parte inferior del reactor. La purga aproximadamente dura 30 segundos o hasta que visualmente se compruebe que ya no está evacuando lodo, el sistema biológico requiere nutrientes para su correcto funcionamiento. Se deberá agregar 1 kg de UREA, como fuente de nitrógeno y 1 kg de fosfato diamónico (DAP), como fuente de fosforo al sistema siempre y cuando el reactor no esté estable (falta de biomasa).

En la etapa del clarificador como se muestra en la figura 14, con el paso de aire abierto, se verifica que los skimmers estén absorbiendo correctamente los sólidos, aceites y grasas de la superficie del clarificador hacia el reactor biológico mediante la tubería verde de 2". Con el paso de aire abierto, se verifica que la tubería de color verde de 6" retorne lodos sedimentados del clarificador hacia el reactor biológico. Tanto al inicio como al final del día se debe realizar una purga de los lodos del clarificador abriendo la llave de purga ubicada en la parte inferior del mismo. La purga aproximadamente dura 30 segundos o hasta que visualmente se compruebe que ya no está evacuando lodo.

**Figura 14.** Etapa clarificadora, bombas activadas extrayendo lodos.

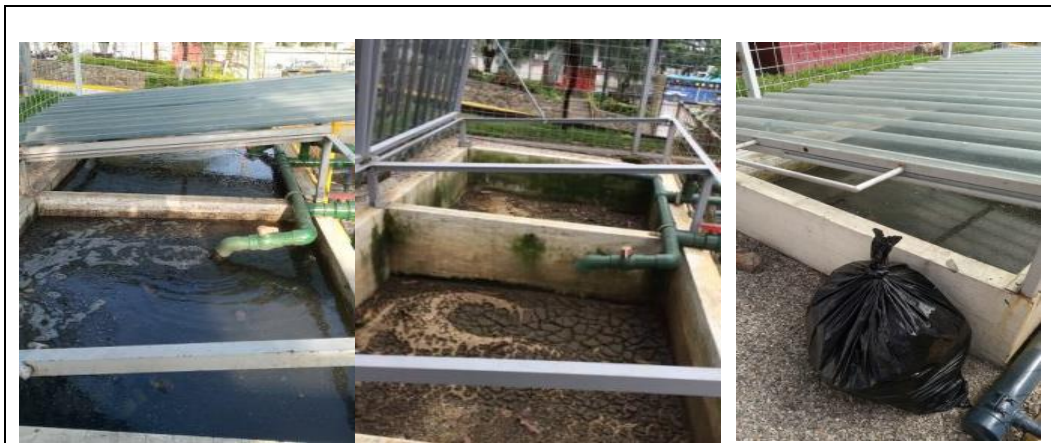


**Fuente:** Autores

Por otra parte, el procedimiento de secado y recolección de lodos, sirve para asegurar la sedimentación de los lodos del digester de lodos, por lo que se debe cerrar la válvula de aire de la bajante y posterior a eso, se deja que el lodo sedimente aproximadamente

por 45 minutos. Luego se procede a abrir las dos llaves de descarga del digestor a los deshidratadores, una de cada deshidratador. Inmediatamente, se enciende la bomba sumergible de descarga a los deshidratadores y llenar hasta el borde superior de los mismos; Una vez que ambos deshidratadores estén con la biomasa en estado sólido (lodo seco), se procederá a recogerlos con ayuda de una espátula y/o pala almacenándolos en una funda de color negro para que finalmente sean depositados en el basurero principal de la empresa, como se muestra en la figura 15.

**Figura 15.** Procedimiento final para la recolección del lodo seco y su disposición final.



**Fuente:** Autores

En la última etapa del clarificador, las aguas residuales que estén tratadas pasan por un último proceso de clarificado, donde, semanalmente se depositan en una caja de recepción 5 pastillas de cloro para eliminar microorganismos patógenos y así las aguas tratadas tengan un propósito de riego a las áreas verdes y deportivas de la empresa y así aprovechar parte de las aguas residuales tratadas, como se muestra en la figura 16.

**Figura 16.** Proceso clarificador de las aguas tratadas



**Fuente:** Autores



#### 4.4 Diagnóstico de la situación actual por medio de monitoreos compuestos

El diagnóstico de la situación actual la evaluaremos mediante monitoreos del afluente (aguas crudas sin tratamiento), para determinar la cantidad de DBO, DQO, A&G, y demás parámetros auditables por las entidades de gobierno, las cuales, no pueden ser descargadas al alcantarillado público sin previo tratamiento y mucho menos, ser reutilizadas para otros procesos dentro de la empresa. En la figura 17 se muestra, que el afluente en la primera semana es de 1278 mg/L.

**Figura 17.** Colorímetro portátil DR/890 equipo utilizado en la experimentación.



**Fuente:** Autores

En la figura 18, se muestra el primer punto de recepción de las aguas residuales provenientes de la empresa, se puede corroborar que las aguas mantienen una coloración amarilla – verdosa y que, estas no se encuentran en tratamiento.

**Figura 18.** Laguna de estabilización de desechos



**Fuente:** Autores

En la figura 19, se muestran las piscinas de recepción y tratamiento de las aguas residuales de sólidos orales 2, provenientes de la línea de producción de Nitazoxanida.

**Figura 19.** Piscinas de recepción y tratamiento a las aguas residuales provenientes de una industria farmacéutica.



**Fuente:** Autores

En la figura 20, se muestra el siguiente punto de recepción de aguas residuales para su posterior tratamiento, con coloración verdosa.

**Figura 20.** Segundo punto de recepción de las aguas residuales



**Fuente:** Autores



En la figura 21, se muestra la maquinaria del reactor utilizado para el tratamiento de las aguas crudas de la línea de Nitazoxanida.

**Figura 21.** Maquinaria reactor de tratamiento de aguas residuales con lodos activados.



**Fuente:** Autores

En la figura 22, se muestra el sistema de inyección utilizado para suministrar aire y con ello, estas aguas puedan ingresar al tratamiento de aguas residuales con lodos activos.

**Figura 22.** Sistema de inyección de aire (aireación) de las aguas residuales posterior al tratamiento con lodos activos.



**Fuente:** Autores

En la figura 23, se muestra el sistema de aireación, dónde, se realiza el biodegrado de las partículas tensoactivas y de otros químicos que pueden estar presentes en estas aguas residuales.

**Figura 23.** Sistema de aireación biodegrado de las aguas residuales.



**Fuente:** Autores

En la figura 24, se muestra una piscina de respaldo la cuál no se encuentra operativa, y que es el objeto de nuestro proyecto técnico, misma que se pretende proponer para el tratamiento de aguas residuales por oxidación.

**Figura 24.** Piscina de respaldo pretendida para usar en el tratamiento de oxidación.



**Fuente:** Autores



En la figura 25, se muestra una adaptación de la tubería que se dirige al sistema de aguas residuales, esto se realizó para el llenado del tanque, dónde, se procedió a recolectar las muestras para su posterior análisis.

**Figura 25.** Adaptación de tubería al sistema de aguas residuales para llenado de tanque y recolección de muestras.



**Fuente:** Autores

En la figura 26, se muestra el envase donde se almacena la muestra de agua residual. Con esto poder, realizar el proceso experimental de oxidación y la toma de muestras diarias para determinar que el proceso utilizado para este proyecto técnico es viable.

**Figura 26.** Envase de almacenamiento para las pruebas y monitoreos.



**Fuente:** Autores



En la figura 27, se muestra dónde se realiza la recolección de las aguas crudas para su evaluación y caracterización.

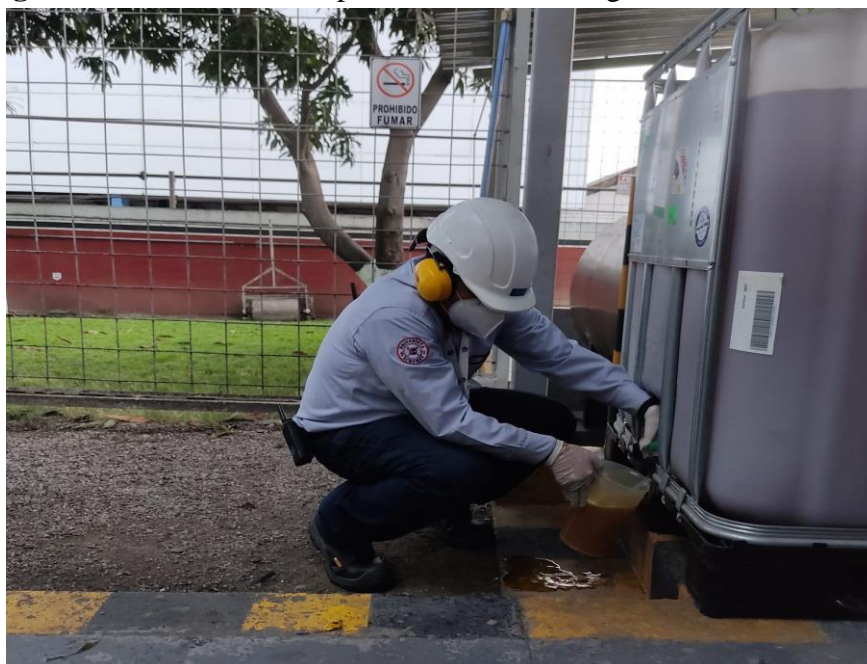
**Figura 27.** Envase experimental para el tratamiento de oxidación



**Fuente:** Autores

En la figura 28, se muestra como procedemos a realizar la recolección de una de las primeras muestras crudas para su análisis, de esta manera demostrar experimentalmente que el proyecto es realizado de manera íntegra.

**Figura 28.** Recolección de primera muestra de aguas residuales crudas.



**Fuente:** Autores

En la figura 29, se muestra la toma de la segunda muestra realizada por nosotros para ejemplificar y determinar, si la cantidad de la cantidad de DBO, DQO, A&G, y demás parámetros que van disminuyendo con el paso de los días.

**Figura 29.** Recolección de segunda muestra de aguas residuales crudas para análisis de laboratorio y evaluar condiciones del tratamiento.



**Fuente:** Autores

En la figura 30, se muestra la tercera toma de aguas residuales en el tanque experimental que se utilizó para el proceso de oxidación. Asimismo, determinar mediante el análisis compuesto que estas aguas se encuentran aptas para su reutilización.

**Figura 30.** Recolección de tercera muestra de aguas residuales.



**Fuente:** Autores

En la figura 31, se muestra el proceso de caracterización, distribución y análisis de muestras realizado a las tomas recolectadas para determinar., mediante el uso de la instrumentación.

**Figura 31.** Caracterización, distribución y análisis de muestras obtenidas.



**Fuente:** Autores

En la figura 32, se observa la distribución de las muestras afluentes, en envases estériles para su posterior análisis en un laboratorio acreditado.

**Figura 32.** Muestras obtenidas de aguas residuales crudas por un laboratorio acreditado para análisis químicos.



**Fuente:** Autores

Una vez realizada esta primera recolección de datos, procedimos a realizar una tabla comparativa para el diagnóstico inicial como se muestra en la tabla 7, donde, se puede observar el diagnóstico del efluente de la PTAR del mes de junio. La columna de ingreso corresponde al análisis de las aguas crudas, mientras que la columna de salida hace referencia del efluente de la PTAR actual. Se puede comprobar que el DBO, DQO y los tensoactivos se encuentran fuera de rango.

**Tabla 7.** Diagnóstico de efluente de la PTAR actual – Junio 2021

Diagnóstico de Efluente PTAR- (Junio 2021)						
Parámetros	INGRESO		SALIDA		PARÁMETROS	
	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades	U K=2	L.M.P
Aceites y Grasas	50	mg/l	35	mg/l	0,45	70,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1236	mgO <sub>2</sub> /l	800	mgO <sub>2</sub> /l	5,93	250,0
Demanda Química de Oxígeno	1812	mgO <sub>2</sub> /l	1342	mgO <sub>2</sub> /l	5,7	500,0
Sólidos Suspendidos Totales	0,18	mg/l	0,15	mg/l	2,8	220
Tensoactivos	203	mg/l	180	mg/l	0,05	2,0
Potencial de Hidrógeno, in situ	6,48	Unidades de pH	6,5	Unidades de pH	0,38	6-9

**Fuente:** Autores

En la tabla 8, se muestra el diagnóstico del efluente de la PTAR del mes de julio, donde, la columna de ingreso corresponde al análisis de las aguas crudas, mientras que



la columna de salida hace referencia del efluente de la PTAR actual. Se puede comprobar que el DBO, DQO y los tensoactivos continúan fuera de rango a pesar de haber variado.

**Tabla 8.** Diagnóstico de efluente de la PTAR actual – Julio 2021

Diagnóstico de Efluente PTAR- (Julio 2021)						
Parámetros	INGRESO		SALIDA		PARÀMETROS	
	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades	U K=2	L.M.P
Aceites y Grasas	50	mg/l	38	mg/l	0,45	70,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1059	mgO <sub>2</sub> /l	752	mgO <sub>2</sub> /l	18,46	250,0
Demanda Química de Oxígeno	1767	mgO <sub>2</sub> /l	1365	mgO <sub>2</sub> /l	13,63	500,0
Sólidos Suspendidos Totales	0,16	mg/l	0,12	mg/l	4,8	220,0
Tensoactivos	136	mg/l	125	mg/l	0,19	2,0
Potencial de Hidrógeno, in situ	6,43	Unidades de pH	6,2	Unidades de pH	0,36	6-9

**Fuente:** Autores

En la tabla 9, se muestra el diagnóstico del efluente de la PTAR del mes de agosto, dónde, la columna de ingreso corresponde al análisis de las aguas crudas, mientras que la columna de salida hace referencia al efluente de la PTAR actual. Se puede comprobar que el DBO, DQO y los tensoactivos se encuentran aún fuera de rango, a pesar de haber disminuido.

**Tabla 9.** Diagnóstico de efluente de la PTAR actual – Agosto 2021

Diagnóstico de Efluente PTAR- (Agosto 2021)						
Parámetros	INGRESO		SALIDA		PARÀMETROS	
	Resultado	Unidades	Resultado	Unidades	U K=2	L.M.P
Aceites y Grasas	32	mg/l	25	mg/l	0,45	70,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	987	mgO <sub>2</sub> /l	765	mgO <sub>2</sub> /l	4,04	250,0
Demanda Química de Oxígeno	1310	mgO <sub>2</sub> /l	1254	mgO <sub>2</sub> /l	5,64	500,0
Sólidos Suspendidos Totales	0,13	mg/l	0,09	mg/l	2	220
Tensoactivos	189	mg/l	167	mg/l	0,03	2,0
Potencial de Hidrógeno, in situ	7,01	Unidades de pH	7,1	nidades de p	0,38	6-9

**Fuente:** Autores

#### 4.5 Propuesta de optimización para el tratamiento de aguas residuales de Nitazoxanida.

La propuesta para la optimización de aguas residuales de la PTAR actual, se encuentra basada en la inyección de aire o también llamado proceso de oxidación, dónde, con



**Fuente:** Autores

#### 4.5.2 Toma de muestras experimentales diarias en sitio

Se realizaron tomas de muestras diarias experimentales con los instrumentos del laboratorio de la empresa farmacéutica, para corroborar que los niveles de carga orgánica se encuentren disminuyendo diariamente, y con esto comprobar que el tratamiento de oxidación es el idóneo para esta línea de sólidos orales. Las tomas de muestras estarán divididas en 04 procesos: Afluente (Aguas crudas), Reactor biológico (durante), Efluente (Lodos activos), y Sistema de oxidación (Oxidación). En las siguientes tablas se mostrarán los análisis de campo de la 1era semana y la 4ta semana del mes de Julio.

En la tabla 11, se muestra la toma de muestra del afluente (aguas crudas) que se realizó la primera semana del mes de julio.

**Tabla 11.** Análisis de campo del Afluente – Semana 1

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 05 Julio al 09 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	05-jul-2021	06-jul-2021	07-jul-2021	08-jul-2021	09-jul-2021
AFLUENTE	UND/ MED	MIN	MAX	HORA: 08h30	HORA: 08h30	HORA: 08h30	HORA: 08h30	HORA: 08h30	HORA: 08h30
pH	N/A	≥6.5	≤8.5	6,99	7,36	7,47	7,52	7,56	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1.5	≤2.5	1,6	1,57	1,53	1,56	1,59	
Temperatura	(°C)	25	35	29	27,8	27,9	28,9	29	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.

**Fuente:** Autores

En la tabla 12, se muestran los análisis de la toma de muestra del reactor biológico de la primera semana de Julio.

**Tabla 12.** Datos de análisis del Reactor Biológico– Semana 1

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 05 Julio al 09 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	05-jul-2021	06-jul-2021	07-jul-2021	08-jul-2021	09-jul-2021
REACTOR BIOLÓGICO	UND/ MED	MIN	MAX	HORA: 08h45	HORA: 08h45	HORA: 08h45	HORA: 08h45	HORA: 08h45	
pH	N/A	≥6,5	≤8	7	7,15	7,21	7,32	7,34	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1,5	≤2,5	1,66	1,66	1,65	1,69	1,66	
Temperatura	( °C )	25	35	27,9	27,9	28,2	28,6	29,2	
Índice V30	ml/L	150	500	240	220	200	190	180	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores

En la tabla 13, se observan los datos del análisis de campo del Efluente con el tratamiento de lodos activados de la primera semana de Julio.

**Tabla 13.** Análisis de Campo del Efluente – Semana 1

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 05 Julio al 09 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	05-jul-2021	06-jul-2021	07-jul-2021	08-jul-2021	09-jul-2021
EFLUENTE	UND/ MED	MIN	MAX	HORA: 09h00	HORA: 09h00	HORA: 09h00	HORA: 09h00	HORA: 09h00	
pH	N/A	≥6	≤9	7,12	7,2	7,22	7,3	7,36	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1	≤2	1,32	1,29	1,33	1,21	1,24	
Temperatura	( °C )	25	35	27,2	27,6	27,8	27,9	28,6	
DQO	mg/l	≤500		0	0	160	0	0	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores

En la tabla 14, se puede observar los datos del análisis de campo del sistema de oxidación experimental de la primera semana de Julio.

**Tabla 14.** Análisis de campo del sistema de oxidación – Semana 1

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 05 Julio al 09 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	05-jul-2021	06-jul-2021	07-jul-2021	08-jul-2021	09-jul-2021
SISTEMA OXIDACIÓN	UND/ MED	MIN	MAX	HORA: 09h15	HORA: 09h15	HORA: 09h15	HORA: 09h15	HORA: 09h15	
pH	N/A	≥6	≤10	7,98	8,36	8,16	8,23	8,19	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥0	≤2	1,03	0,73	0,17	0,36	0,44	
Temperatura	( °C )	20	35	22,9	23,1	23,16	23,3	22,8	
DQO	mg/l	≤500		0	0	0	1767	0	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores



En la tabla 15, se puede observar los datos del análisis de campo del afluente de la semana 4 del mes de Julio.

**Tabla 15.** Análisis de campo del Afluente – Semana 4

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 26 Julio al 30 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	26-jul-2021	27-jul-2021	28-jul-2021	29-jul-2021	30-jul-2021
AFLUENTE	MED	MIN	MAX	HORA: 09h00	HORA: 09h00	HORA: 09h00	HORA: 08h30	HORA: 08h30	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥0	≤2	1,03	0,93	0,86	0,366	0,55	
Temperatura	( °C)	20	35	21,98	22,03	22,15	22,09	21,96	
DQO	mg/l	≤500		1278	0	0	0	0	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores

En la tabla 16, se puede observar los datos del análisis de campo del reactor biológico de la semana 4 del mes de Julio.

**Tabla 16.** Análisis de campo del reactor biológico – semana 4

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 26 Julio al 30 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	26-jul-2021	27-jul-2021	28-jul-2021	29-jul-2021	30-jul-2021
REACTOR BIOLÓGICO	MED	MIN	MAX	HORA: 09h15	HORA: 09h15	HORA: 09h15	HORA: 08h45	HORA: 08h45	
pH	N/A	≥6.5	≤8	7,2	7,19	7,32	7,34	7,36	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1.5	≤2.5	1,66	1,65	1,7	1,67	1,6	
Temperatura	( °C)	25	35	28,6	28,2	28	28,4	27,9	
Indice V30	ml/L	150	500	240	230	220	200	200	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores

En la tabla 17, se puede observar el análisis de datos diarios del efluente de la semana 4 del mes de julio.

**Tabla 17.** Análisis de campo del efluente – semana 4

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 26 Julio al 30 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	26-jul-2021	27-jul-2021	28-jul-2021	29-jul-2021	30-jul-2021
EFLUENTE	MED	MIN	MAX	HORA: 09h30	HORA: 09h30	HORA: 09h30	HORA: 09h00	HORA: 09h00	
pH	N/A	≥6	≤9	7,32	7,27	7,3	7,4	7,42	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥1	≤2	1,36	1,2	1,82	1,29	1,32	
Temperatura	( °C)	25	35	27,9	27,8	27,5	27,7	28,6	
DQO	mg/l	≤500		0	0	110	0	0	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores

En la tabla 18, se muestran los resultados del análisis de campo del tratamiento de oxidación de la semana 4 del mes de julio.

**Tabla 18.** Análisis de campo del sistema de oxidación – semana 4.

ANÁLISIS DE CAMPO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES									
Semana: Del 26 Julio al 30 de Julio del 2021				Día	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
				FECHA	26-jul-2021	27-jul-2021	28-jul-2021	29-jul-2021	30-jul-2021
SISTEMA OXIDACIÓN	MED	MIN	MAX	HORA: 09h45	HORA: 09h45	HORA: 09h45	HORA: 09h15	HORA: 09h15	
pH	N/A	≥6	≤10	8,15	7,98	8,41	8,43	8,59	
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥0	≤2	1,03	0,93	0,86	0,366	0,55	
Temperatura	(°C)	20	35	21,98	22,03	22,15	22,09	21,96	
DQO	mg/l	≤500		1278	0	0	0	0	
Realizado por				R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	R.C.	
Verificado por				E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	E.A.	

**Fuente:** Autores

#### 4.5.3 Recolección de datos con el tratamiento de oxidación

En la figura 33, se muestra el termo reactor utilizado en el laboratorio para medir el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) presente en las muestras recolectadas.

**Figura 33.** Termo reactor HACH DBR 200



**Fuente:** Autores

En la figura 34, se muestra las etiquetas de las calibraciones y mantenimiento del termo reactor (HACH DBR 200), que sirve para el calentamiento de las muestras de análisis del proyecto técnico.

**Figura 34.** Certificaciones de Calibración y Mantenimiento del Termo reactor HACH DBR 200.



**Fuente:** Autores

En la figura 35, se muestra el equipo potenciómetro HACH portátil Pocket pro+, utilizado para recolectar información del parámetro pH presente en las muestras analizadas.

**Figura 35.** Equipo potenciómetro HACH portátil pocket pro+



**Fuente:** Autores

En la figura 36, el equipo potenciómetro HACH portátil Pocket pro+, y su respectiva certificación de calibración emitida por un instrumentista autorizado.

**Figura 36.** Certificación de calibración del equipo potenciómetro HACH



**Fuente:** Autores

En la figura 37, se observa la probeta graduada utilizada para las mediciones, que se encuentra con su capacidad y su certificación de revisión al día.

**Figura 37.** Probeta PYREX graduada de 100mL de capacidad.



**Fuente:** Autores

En la figura 38, se muestra el medidor de oxígeno utilizado para las mediciones de oxígeno disuelto en las muestras recolectadas.

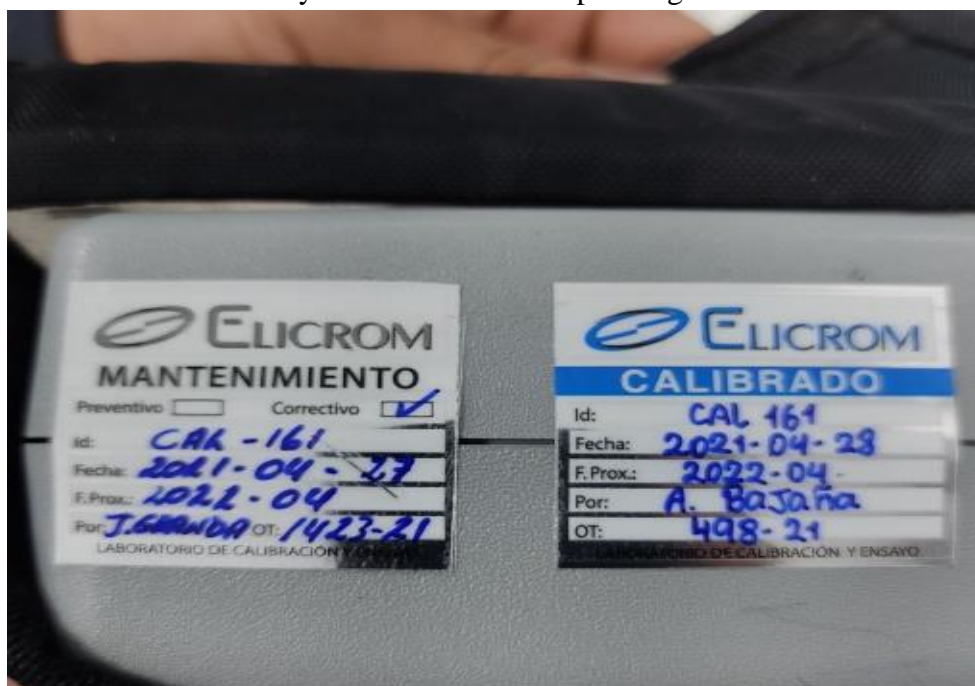
**Figura 38.** Oxímetro YSI 550<sup>a</sup> utilizado para las mediciones del proyecto.



**Fuente:** Autores

En la figura 39, se observa el mantenimiento y la calibración del medidor de oxígeno disuelto YSI 550, realizado por una compañía calificada.

**Figura 39.** Medidor de Oxígeno Disuelto YSI 550<sup>a</sup> graduado, certificación de mantenimiento y calibración emitida por un gestor autorizado.



**Fuente:** Autores

En la figura 40, se muestra cómo se realiza la toma de muestras de efluente temporal en un recipiente de 20 litros, en la piscina de sub-tratamiento para su posterior análisis.



**Figura 40.** Toma de muestra de agua cruda.



**Fuente:** Autores

En la figura 41, se muestra la toma de análisis de temperatura y oxígeno disuelto con el oxímetro calibrado, en la piscina de sub tratamiento de aguas residuales.

**Figura 41.** Análisis de Temperatura y oxígeno disuelto en piscina.



**Fuente:** Autores

En la figura 42, se muestra la toma de análisis de pH en la piscina de sub tratamiento, para evaluar las condiciones del tratamiento.

**Figura 42.** Análisis de pH en piscina de sub tratamiento de PTAR.



**Fuente:** Autores

En la figura 43, se muestran las soluciones utilizadas para la respectiva calibración del potenciómetro, para poder realizar la correcta medición de pH.

**Figura 43.** Soluciones utilizadas para la calibración de instrumentos de medición.



**Fuente:** Autores

En la figura 44, se muestra la realización del análisis de muestras de aguas residuales tratadas del parámetro de pH.

**Figura 44.** Realización de análisis de muestras de aguas residuales tratadas.





**Fuente:** Autores

En la figura 45, se observan las muestras de viales de DQO blanco y positivo a utilizarse para la verificación de los parámetros.

**Figura 45.** Muestras de viales de DQO blanco y positivo.



**Fuente:** Autores



En la figura 46, se muestra el procedimiento para la configuración del termo reactor, e ingreso de la muestra para elevar su temperatura.

**Figura 46.** Configuración de termo reactor.



**Fuente:** Autores

En la figura 47, se muestra el procedimiento para la configuración del colorímetro, que nos va a servir para leer las tomas de muestras semanales, dónde, se obtiene resultados de DQO.

**Figura 47.** Procedimiento con el equipo colorímetro para la obtención de resultados del parámetro de DQO.



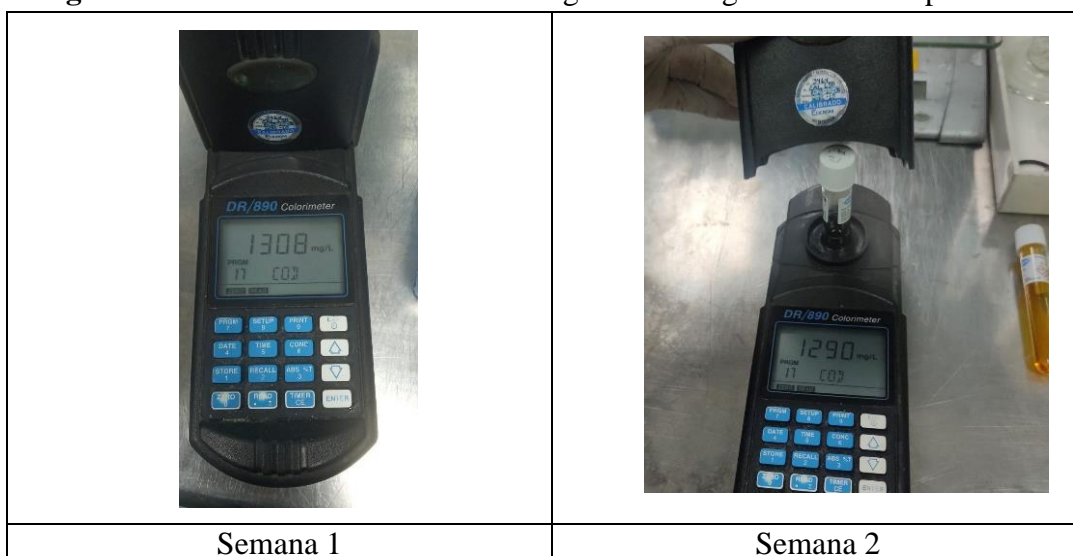


Lectura de muestra.

**Fuente:** Autores

En la figura 48, se puede observar los datos obtenidos posterior al tratamiento, analizando el parámetro DQO presente en las muestras, cada semana durante 09 semanas.

**Figura 48.** Recolección de datos cronológico de las aguas residuales por semana





Semana 3



Semana 4



Semana 5



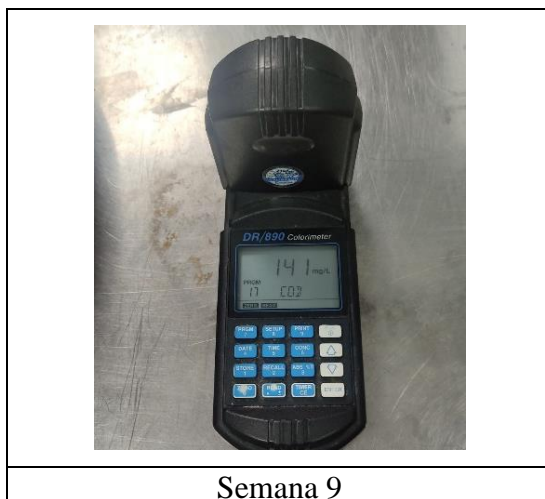
Semana 6



Semana 7



Semana 8



Semana 9

Fuente: Autores

#### 4.5.4 Tablas de resultados de los análisis realizados a las muestras de efluentes con el sistema de oxidación

En la tabla 19, se muestra el análisis del efluente del recurso hídrico, una vez tratado con el proceso de oxidación experimental. Además, se puede apreciar que los valores varían encontrándose en los rangos permisibles.

**Tabla 19.** Informe de resultado de efluente de la farmacéutica con tratamiento de oxidación – junio 2021

Informe de Resultados Efluente PTAR- Laboratorio acreditado (Junio 2021)					
Parámetros	Resultado	Unidades	U K=2	L.M.P	Método de análisis
Aceites y Grasas	<2,5	mg/l	0,45	70,0	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Demanda Bioquímica de Oxígeno	30	mgO <sub>2</sub> /l	5,93	250,0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno	57	mgO <sub>2</sub> /l	5,7	500,0	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Suspendidos Totales	14	mg/l	2,8	2,0	HACH 8028 PEE/LAB-PSI/53
Tensoactivos	<0,2	mg/l	0,05	220,0	EPA 160.2 PEE/LAB-PSI/02
Potencial de Hidrógeno, in situ	7,5	Unidades de pH	0,38	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05

Fuente: Autores

En la tabla 20, se observa que los resultados del análisis del efluente del mes de Julio indica que, los parámetros del agua tratada continúan en valores permisibles para la descarga al alcantarillado público.

**Tabla 20.** Informe de resultado de efluente de la farmacéutica con tratamiento de oxidación – Julio 2021

Informe de Resultados Efluente PTAR- Laboratorio acreditado (Julio 2021)					
Parámetros	Resultado	Unidades	U K=2	L.M.P	Método de análisis
Aceites y Grasas	<2,5	mg/l	0,45	70,0	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Demanda Bioquímica de Oxígeno	92	mgO <sub>2</sub> /l	18,46	250,0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno	136	mgO <sub>2</sub> /l	13,63	500,0	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Suspendedos Totales	24	mg/l	4,8	2,0	HACH 8028 PEE/LAB-PSI/53
Tensoactivos	1,33	mg/l	0,19	220,0	EPA 160.2 PEE/LAB-PSI/02
Potencial de Hidrógeno, in situ	7,2	Unidades de pH	0,36	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05

**Fuente:** Autores

En la tabla 21, se puede apreciar que los resultados del análisis del efluente del mes de agosto, indica que, los parámetros continúan en los límites permisibles, para continuar el proceso de descargas habitual al alcantarillado.

**Tabla 21.** Informe de resultado de efluente de la farmacéutica sin tratamiento de oxidación – agosto 2021

Informe de Resultados Efluente PTAR- Laboratorio acreditado (Agosto 2021)					
Parámetros	Resultado	Unidades	U K=2	L.M.P	Método de análisis
Aceites y Grasas	<2,5	mg/l	0,45	70,0	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Demanda Bioquímica de Oxígeno	20	mgO <sub>2</sub> /l	4,04	250,0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno	56	mgO <sub>2</sub> /l	5,64	500,0	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Suspendedos Totales	<10	mg/l	2	2,0	HACH 8028 PEE/LAB-PSI/53
Tensoactivos	0,25	mg/l	0,03	220,0	EPA 160.2 PEE/LAB-PSI/02
Potencial de Hidrógeno, in situ	7,7	nidades de p	0,38	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05

**Fuente:** Autores

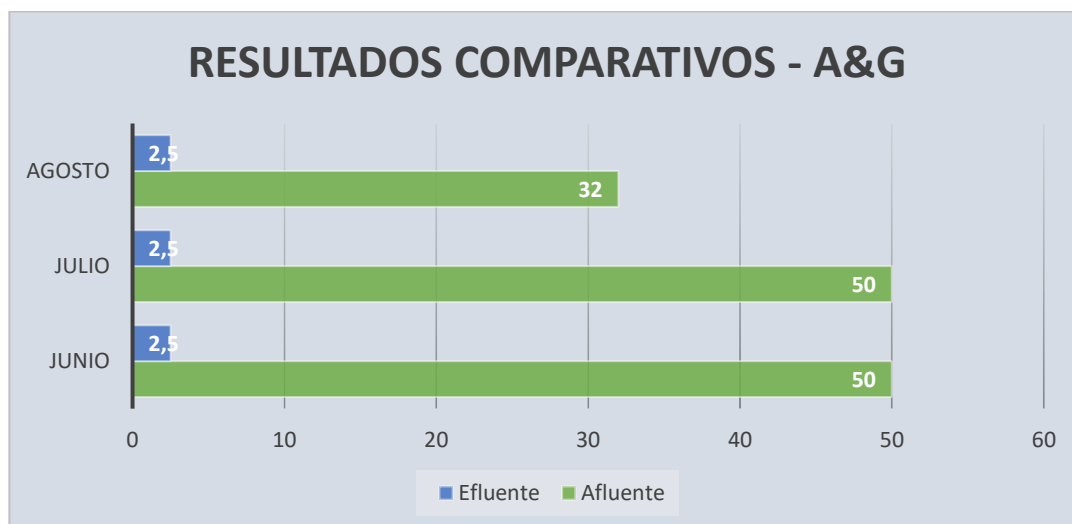
#### 4.5.5 Gráficos comparativos de los parámetros de análisis por laboratorio del afluente y efluente.

En la tabla 22, se muestran los resultados de los parámetros consolidados, y en el gráfico 1 los comparativos de los afluentes y efluentes, de aceites y grasas de los tres últimos meses de la línea de Nitazoxanida.

**Tabla 22.** Tabla comparativa de aceites y grasas de tres meses consecutivos

<b>RESULTADOS COMPARATIVOS - A&amp;G</b>			
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>
<b>Afluente</b>	50	50	32
<b>Efluente (oxidación)</b>	2,5	2,5	2,5

**Fuente:** Autores

**Gráfico 1.** Comparación de resultados obtenidos en el análisis de aceites y grasas.

**Fuente:** Autores

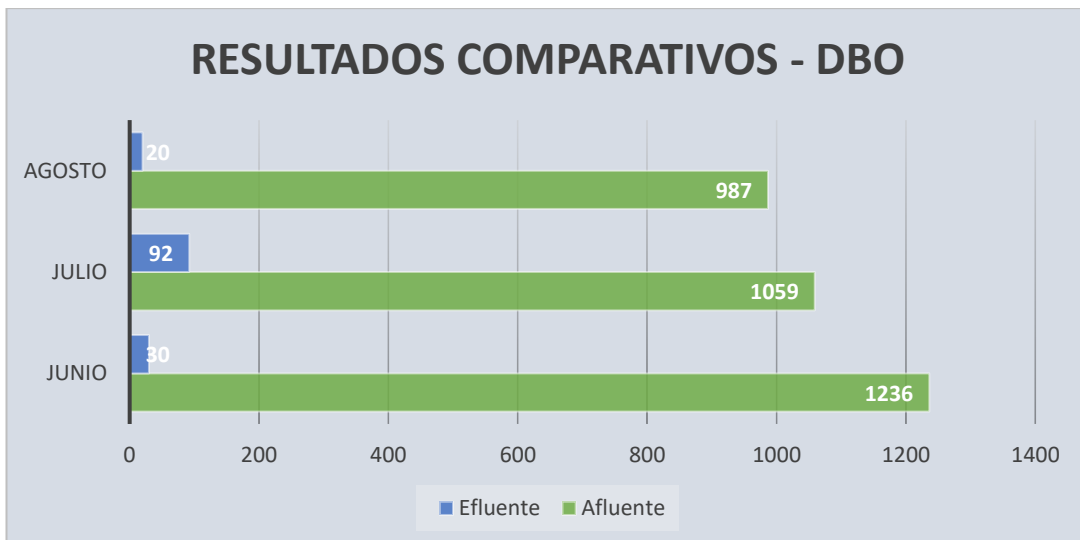
En la tabla 23, se muestran los parámetros comparativos de afluentes y efluentes de DBO de los tres últimos meses, de la línea de Nitazoxanida. Mientras que en el gráfico 2, se puede visualizar los comparativos de los resultados.

**Tabla 23.** Tabla comparativa de DBO de tres meses consecutivos

<b>RESULTADOS COMPARATIVOS - DBO</b>			
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>
<b>Afluente</b>	1236	1059	987
<b>Efluente</b>	30	92	20

**Fuente:** Autores

**Gráfico 2.** Comparación de resultados obtenidos en el análisis de DBO.



Fuente: Autores

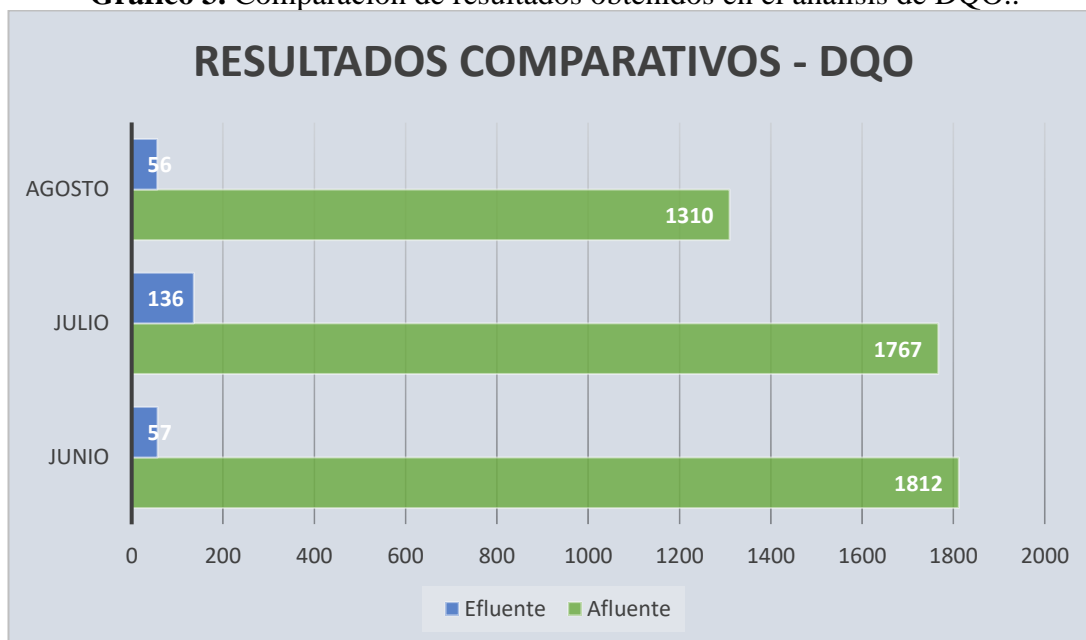
En la tabla 24, se muestra los resultados comparativos del DQO de los tres últimos meses. Y en el gráfico 3, por otra parte, se visualizan los resultados y su drástico cambio, una vez sometida este afluente al proceso de oxidación.

Tabla 24. Tabla comparativa de DQO de tres meses consecutivos

RESULTADOS COMPARATIVOS - DQO			
	Junio	Julio	Agosto
Afluente	1812	1767	1310
Efluente	57	136	56

Fuente: Autores

Gráfico 3. Comparación de resultados obtenidos en el análisis de DQO..



Fuente: Autores



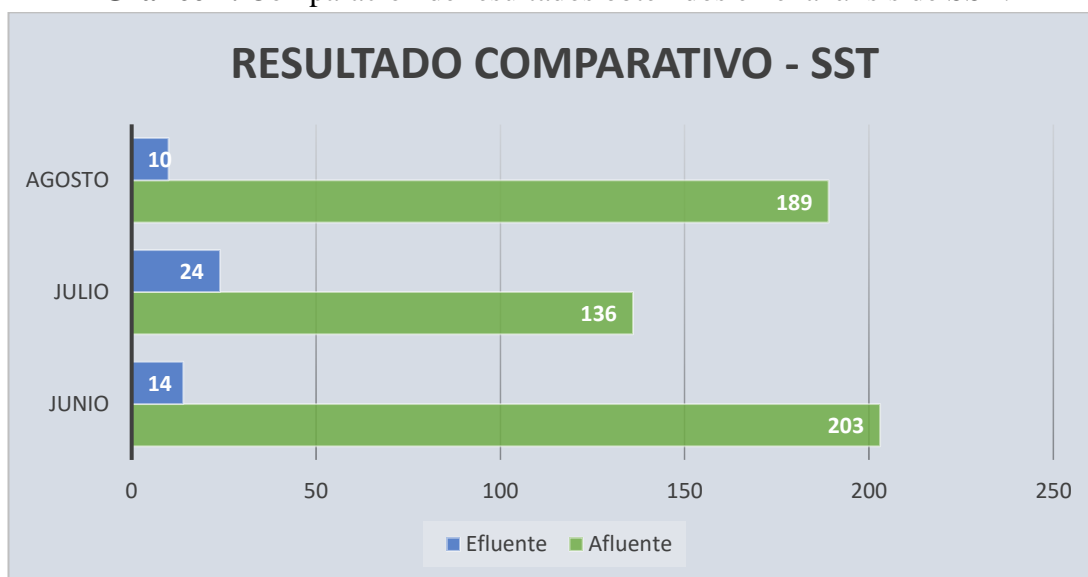
En la tabla 25, se muestran los resultados comparativos de los sólidos suspendidos totales de los tres últimos meses. Y en el gráfico 4, se puede visualizar el comparativo de los resultados obtenidos.

**Tabla 25.** Tabla comparativa de SST de tres meses consecutivos.

<b>RESULTADOS COMPARATIVOS - SST</b>			
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>
<b>Afluyente</b>	203	136	189
<b>Efluyente</b>	14	24	10

**Fuente:** Autores

**Gráfico 4.** Comparación de resultados obtenidos en el análisis de SST.



**Fuente:** Autores

En la tabla 26, se muestra los resultados comparativos de los tensoactivos de los tres últimos meses. Mientras que, en el gráfico 5 se puede visualizar que la cantidad de tensoactivos ha aumentado.

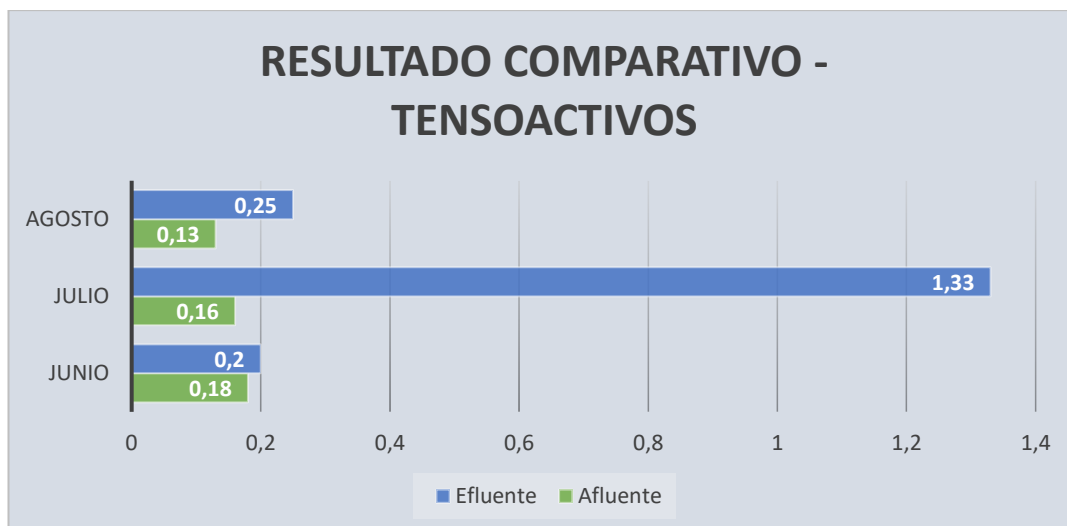
**Tabla 26.** Tabla de resultados comparativos de tensoactivos de tres meses consecutivos.

<b>RESULTADOS COMPARATIVOS - Tensoactivos</b>			
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>
<b>Afluyente</b>	0,18	0,16	0,13
<b>Efluyente</b>	0,2	1,33	0,25

**Fuente:** Autores

**Gráfico 5.** Comparación de resultados obtenidos en el análisis de Tensoactivos.





**Fuente:** Autores

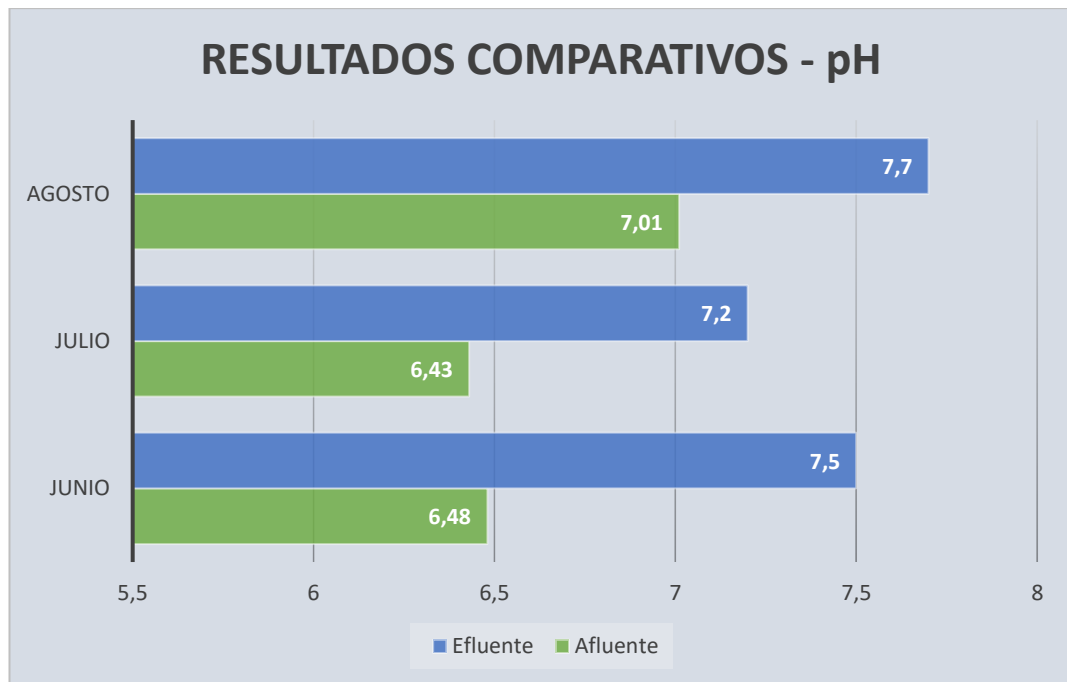
En la tabla 27, se muestran los resultados comparativos de los parámetros de análisis del potencial de hidrógeno de tres meses consecutivos. Y en el gráfico 6, se puede visualizar que la cantidad de pH ha aumentado, de igual forma manteniéndose en los límites permisibles.

**Tabla 27.** Tabla de resultados comparativos de pH de tres meses consecutivos.

<b>RESULTADOS COMPARATIVOS - pH</b>			
	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>
<b>Afluente</b>	6,48	6,43	7,01
<b>Efluente</b>	7,5	7,2	7,7

**Fuente:** Autores

**Gráfico 6.** Comparación de resultados obtenidos en el análisis de potencial de Hidrogeno (pH).



**Fuente:** Autores

#### 4.5.6 Cálculo de dimensionamiento de pozo anaerobio

Para el cálculo del dimensionamiento del pozo anaerobio, primero se deben obtener los siguientes datos:

V= Volumen del tanque ( $m^3$ )

Q= Caudal de agua residual ( $m^3/día$ )

TRH= Tiempo de retención hidráulico

$$Q = 3,8 \text{ m}^3/día$$

$$TRH = 6 \text{ horas} = 0,25 \text{ días}$$

Por lo que la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$V = Q * TRH$$

Una vez obtenido estos datos, se realizó el cálculo. Asimismo, el volumen requerido para el tanque sería el siguiente:

$$V = 100 * 0,25$$

$$V = 0,95m^3$$

Se presentan las siguientes dimensiones considerando que la altura mínima es de 2,5 m y que la relación de largo/ancho es de 1:1, por lo que las dimensiones serían las siguientes:

Largo: 3,5 m

Ancho: 3,0 m.

Profundidad: 3,0 m. (se tiene en cuenta que la altura útil será de 2,5 m)

#### 4.6 Costos y beneficios de la propuesta de optimización para la farmacéutica

Los costos y beneficios están basados en la implementación y adición del sistema de oxidación con una PTAR que se encuentra activa hasta el procedimiento de lodos activados. Por ello, se realizó un requerimiento de cotización de la infraestructura y mano de obra de la piscina para el tratamiento de agua residual, para determinar un valor de promedio por el cuál, se requeriría para su elaboración y adaptación, como se muestra en la tabla 28.

**Tabla 28.** Presupuesto para la construcción del sistema de oxidación

Cliente : **Marlon Meza - Rolando Calderón**  
 Atención:  
 Propuesta: **CONSTRUCCIÓN DE CISTERNA EN PLANTA DE TRATAMIENTO**  
 Ubicación: **VIA A DAULE**

RUBRO	PRESUPUESTO		
	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
<b>1 PRELIMINARES</b>			
INSTALACIÓN DE REDES DE AGUA			
EQUIPO DE BOMBEO			
CONSTRUCCION DE PAREDES Y PISO DE LA CISTERNA			
PINTURA DE PAREDES Y PISOS IMPERMEABILIZANTES			
INSTALACION DE PUNTOS DE 220 V TRIFASICOS DE 40 amp EN CUARTO DE MAQUINA			
<b>VARIOS</b>			
DESMONTAJE DE CONFINAMIENTO, RESANES, ETC (FINAL)			
LIMPIEZA, ORDEN DE MATERIALES DESPERDICIOS DIARIA GENERAL			
DESALOJO DE ESCOMBROS			
<b>SUBTOTAL</b>			<b>5.500,00</b>
<b>DIRECCION TECNICA</b>			<b>550,00</b>
<b>GASTOS OPERATIVOS Y ADMINISTRATIVOS</b>			<b>165,00</b>
<b>IMPREVISTO 3% ( NO SE CONSIDERA ESTE RUBRO , EN CASO NECESARIO SE REVISARÁ ESTE RUBRO )</b>			
<b>TOTAL</b>			<b>6.215,00</b>
NO INCLUYE IVA			

**Fuente:** Autores

Por otra parte, en la tabla 29 se muestra una tabla de las sanciones o multas que pueden ejercer las entidades municipales, prefectura y ministerio del ambiente, sin perjuicio de sancionar bajo el mismo incumplimiento, debido a que son tres entidades públicas que pueden auditar y monitorear el cumplimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las empresas de la ciudad de guayaquil.

**Tabla 29.** Multas por infracciones incumplimientos a la descarga de efluentes al alcantarillado público

<b>MULTAS POR INCUMPLIMIENTO MEDIO AMBIENTAL - LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS</b>			
	<b>MUNICIPIO</b>	<b>MINISTERIO AMBIENTE</b>	<b>PREFECTURA</b>
INFRACCIONES LEVES	1 A 10 SBU	1 A 10 SBU	1 A 10 SBU
INFRACCIONES GRAVES	11 A 50 SBU	11 A 50 SBU	11 A 50 SBU
INFRACCIONES MUY GRAVES	50 A 150 SBU	50 A 150 SBU	50 A 150 SBU

**Fuente:** Autores

Dicho lo anterior, se puede demostrar que el costo inicial por la construcción de una piscina de oxidación puede ser un poco alto en primera instancia. Sin embargo, las sanciones por incumplimiento pueden ir en aumento, desde la leve hasta la grave por reincidencias, y además, puede llegar hasta la suspensión definitiva de las actividades comerciales de la empresa.

## **5. CONCLUSIONES**

Se concluye que los niveles de pH aumentaron durante el tratamiento de neutro (5-7) a poco alcalinos (8-9). Sin embargo, siempre estuvieron dentro del límite permisible, de cualquier forma, este parámetro bajaría notablemente con la homogenización de esta agua con la que se trata diariamente en el ecualizador.

Además, se incluyó en la toma de muestras los tensoactivos del afluente con el primer laboratorio acreditado como parte de nuestro análisis inicial, y de manera posterior al finalizar el tratamiento de aguas residuales el segundo laboratorio acreditado realizó también este análisis para corroborar las fluctuaciones.

Asimismo, de acuerdo al análisis experimental se puede concluir que el tiempo de estanqueidad puede variar dependiendo de la calidad de agua que provenga de los afluentes, es decir, que en caso de que las descargas tengan una alta carga contaminante a diferencia de otras analizadas en este proyecto, el tiempo de estanqueidad en el sistema de oxidación puede ser mayor, para obtener una óptima disminución de dicha carga contaminante. Por esta razón es importante, realizar la toma de muestras diarias y corroborar semanalmente que cantidad de carga contaminante ha disminuido.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que en base a los resultados obtenidos y el tiempo transcurrido en el presente proyecto técnico, se realice un diseño en primera instancia estructural, y por consiguiente funcional de la piscina de oxidación sugerida, de esta forma la empresa farmacéutica podrá evaluar de forma más precisa los costos de dicha mejora, cabe recalcar que dicho valor referencial mostrado en el apartado de costo – beneficio, puede fluctuar de acuerdo al mercado laboral y a la inflación de precio de los materiales.

No obstante, colocando este valor referencial en contraste con las multas e inconvenientes a enfrentar, en caso de no ejecutar la adición del sistema de oxidación puede acarrear mayores y perjudiciales multas e incumplimientos con las entidades medio ambientales para la empresa farmacéutica. Además, se recomienda también que se evalúe la posibilidad de derivar absolutamente todas las aguas residuales ya sean derivadas del procesamiento de fármacos o en general a la planta de tratamiento para así aprovechar al máximo la cantidad de agua desechada y poderla reutilizar en otras áreas, ya sean recreativos o de riego, previo a esto analizar y evaluar los parámetros permisibles para que esto sea posible.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álava Gutiérrez, Ángel Rafael;. (s.f.). *Diseño esquemático de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Granja Porcina San Carlos de Molinos Champions*. Proyecto, Guayaquil. Recuperado el 19 de Octubre de 2020
- Álava Gutiérrez, Á. R. (2019). *Evaluación, Diagnóstico y Diseño esquemático de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas para NIRSA*. Proyecto, Guayaquil. Recuperado el 19 de Octubre de 2020
- Ambiente, M. d. (04 de noviembre de 2015). Acuerdo ministerial 097-A, Reforma libro VI del texto unificado de legislación secundaria . Ecuador.
- Ambiente, M. d. (2015). *Acuerdo No. 061 Reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria*. Quito: Asamblea Ecuatoriana.
- CODEMET. (2014). *Memoria Técnica*. Proyecto, Guayaquil. Recuperado el 16 de Octubre de 2020
- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., Espinoza Fraire, A. T., & Sáenz López, A. (4 de Agosto de 2017). Optimización en el diseño de un sistema de Tratamiento de Aguas Residuales integrado por tres lagunas de estabilización. *Scopus*, 2. Recuperado el 13 de Octubre de 2020, de file:///D:/Users/rcalderon/Downloads/Optimization-in-the-design-of-a-wastewater-treatment-system-integrated-by-three-stabilization-lagoonOptimizacin-en-el-diseo-de-un-sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-integrado-por-tres-lagunas-de-estabil.pdf
- Duque Sarango, P., Heras Naranjo, C., Lojano Criollo, D., & Viloria, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *Revista Ciencia Unemi*, 88-96. Ecuador, A. N. (2008). Registro Oficial Acuerdo ministerial N° 286.
- Ecuador, A. N. (05 de Agosto de 2014). Ley Orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. Ecuador.
- Ecuador, A. N. (06 de agosto de 2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del agua. Ecuador.
- Ecuador, A. N. (12 de abril de 2017). Código Orgánico del Ambiente Registro Oficial Suplemento 983. Ecuador.
- Ecuador, C. d. (01 de Agosto de 2018). Registro oficial N° 499 Reformado 2018. Ecuador.
- Gabriela Monforte García, P. C. (Febrero de 2009). Recursos Hídricos. *Escenario del agua en México*, 10. México: Culcyt, Cultura Científica y Tecnológica.
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutierrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos.
- González, D. F. (s.f.). Estudio de los efectos fitosanitarios del agua ozonizada. 2006: UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- Hora, D. L. (23 de marzo de 2017). Recursos hídricos en Ecuador, en serio riesgo. pág. 1.
- Inc., M. y. (1991). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, eliminación y reutilización*. Nueva York: McGraw-Hill.
- INEC. (2015). *Gestión de agua potable y saneamiento GAD's Municipales*.
- INEC. (2019). *Gestión de agua potable y saneamiento GAD's Municipales Ecuador*.

- Juárez, R. (2021). Ozonation in Advanced Wastewater Treatment: Practical Aspects and Development of a Prediction Tool for Pharmaceutical Removal . Doctoral dissertation, Lund University.
- Lam Díaz, D. R. (2005). Metodología para la confección de un proyecto de investigación. *Instituto de hematología e inmunología*, 1-20.
- Lashuk, B., & Yargeau, V. (2021). A review of ecotoxicity reduction in contaminated waters by heterogeneous photocatalytic ozonation. *Science of The Total Environment*, 147645.
- Lopes, A. M. (2016). Dinâmica de protozoários patogênicos e cianobactérias em um reservatório de abastecimento público de água no sudeste do Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22, 25-43.
- Mariño Cuenca, J., & Martínez Niño, L. (2017). *PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE VERTIMIENTOS INDUSTRIALES DE LABORATORIOS COASPHARMA S.A.S.* FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Facultad de Ingenierías, Bogotá. Recuperado el 13 de Octubre de 2020, de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6034/1/6112794-2017-1-IQ.pdf>
- Mercado, G. (2020). Sistema de tratamiento de efluentes líquidos de procesamiento de geodas. Universidad Nacional de San Martín. Instituto de Investigaciones e Ingeniería Ambiental.
- Mihelcic, J. R., Naughton, C. C., Verbyla, M. E., Zhang, Q., Schweitzer, R. W., Oakley, S. M., . . . Whiteford, L. M. (2017). The Grandest Challenge of All: The Role of Environmental Engineering to Achieve Sustainability in the World's Developing Regions. *Environmental Engineering Science*, 34(1), 16-41.
- Mondal, T., Jana, A., & Kundu, D. (2017). Aerobic wastewater treatment technologies: A mini review.
- Montoya Rodríguez, J. (2017). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN LOS PARÁMETROS DE DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA URBANIZACIÓN LA JOYA ETAPA PLATINO, UBICADA EN EL CANTÓN DAULE, DE LA PR.* Tesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil. Recuperado el 14 de Octubre de 2020, de [file:///D:/Users/rcalderon/Downloads/MONTOYA\\_JOSEPH\\_TRABAJO\\_TITULACION\\_GENERALES\\_INGENIERIA\\_MARZO\\_2017%20\(2\).pdf](file:///D:/Users/rcalderon/Downloads/MONTOYA_JOSEPH_TRABAJO_TITULACION_GENERALES_INGENIERIA_MARZO_2017%20(2).pdf)
- Nacional, C. (18 de Diciembre de 2015). Ley orgánica de Salud.
- Nancharaiah, Y. V., & Sarvajith, M. (2019). Proceso de lodo granular aeróbico: un tratamiento biológico de rápido crecimiento para el tratamiento sostenible de aguas residuales. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Ocampo Gaspar, M. (2014). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN BIORREACTORES AEROBIOS CON MEMBRANAS SUMERGIDAS CON Y SIN PRETRATAMIENTO ANAEROBIO.* UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, FACULTAD DE INGENIERÍA, Distrito Federal. Recuperado el 13 de Octubre de 2020, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6969/Tesis.pdf?sequence=1>



- Ordóñez Ramírez, P. L. (2020). Optimización del sistema de tratamiento fisicoquímico de una estación depuradora de aguas residuales de una empresa de bebidas gaseosas. *Industrial data*.
- Pediatría., C. d. (2015). *Nitazoxanida*. Obtenido de <https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/nitazoxanida>.
- Predolin, L. M. (2019). Tratamiento de aguas residuales mediante electrocoagulación acoplada a un MBR para minimizar el ensuciamiento de la membrana y obtener efluentes de alta calidad. Universidad de Alicante.
- Reforma Texto Unificado Legislación Secundaria, Medioambiente Libro VI Decreto ejecutivo 3516. (04 de Mayo de 2015). Ecuador.
- Rodríguez Miguel, E. A. (2005). *Metodología de la Investigación*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Ryder, Guy Naciones Unidas. (2017). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017*. Paris, Francia: UNESCO.
- Salazar Larrota, L., Uribe García, L., Gómez Torres, L., & Zafra Mejía, C. (5 de Diciembre de 2018). Análisis de la eficiencia de reactores UASB en una planta de tratamiento de aguas residuales municipales. *Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas*, 1. Recuperado el 13 de Octubre de 2020, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/70332/71164>
- Sanchez Proaño, R. G., & García Gualoto, K. J. (2018). *Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales*. Quito : La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 27(1):103-111.
- Seid-Mohammadi, A., Asgarai, G., Ghorbanian, Z., & Dargahi, A. (2020). The removal of cephalixin antibiotic in aqueous solutions by ultrasonic waves/hydrogen peroxide/nickel oxide nanoparticles (US/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/NiO) hybrid process. *Separation Science and Technology*, 1558-1568.
- Suárez, C., & Gudiol, F. (17 de Diciembre de 2008). Antibióticos betalactámicos. *Elsevier Doyma*, 1-13. Recuperado el 14 de Octubre de 2020, de <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-pdf-S0213005X08000323>
- Torres Andrade, G. F. (2014). Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros. España.
- Torres Poveda, I. E. (2016). Propuesta de mejoramiento en la planta de tratamiento de agua residual en el municipio de la calera. Bogotá, Colombia.
- Urbina, J. A., & Solano, J. A. (2020). Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador técnico*, 84(2), 249-263.
- Vallejo Bravo, R. (2017). *Evaluación de la eficiencia de la Oxidación avanzada para la descontaminación de efluentes con Iboprufero y Paracetamol a escala de Laboratorio*. Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Ambiental, Quito. Recuperado el 2013 de Octubre de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14901/1/UPS%20-%20ST003291.pdf>

# ANEXOS

**Anexo 1.** Informe de ensayos del afluente realizado a la línea de Nitazoxanida - Resultados obtenidos de la caracterización de aguas residuales industriales de Junio-2021.



**MEZA CASTRO MARLON WILFRIDO**  
 Representante Legal: —  
 Dirección: Guayaquil, Tel. 097 942 0914  
 Atención: Ing. Marlon Meza

Guayaquil, 2021-06-30

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Punto e identificación de la muestra:</b>	AFLUENTE DE LA PYAR
<b>Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:</b>	2021/06/14 / 12:00 / GUAYAQUIL - FARMACÉUTICA
<b>Fecha/Hora Recepción Muestra:</b>	2021/06/14 / 13:04
<b>Matriz de la muestra:</b>	Agua Residual

**Último acuerdo o la Norma:** ANEXO 1 LIBRO VI TUESMA ACUERDO MINISTERIAL 0914 (2015-11) TABLA II. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

**AGREGADOS ORGANICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K+2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas	50,00	mg/l	9,63	70,0	PEE-GOM-FO-03	2021/06/21 NS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1 236,00	mgO <sub>2</sub> /l	314,21	250,0	PEE-GOM-FO-05	2021/06/15 CT
Demanda Química de Oxígeno	1 812,00	mgO <sub>2</sub> /l	384,49	500,0	PEE-GOM-FO-16	2021/06/15 CT
Tensoactivos-Detergentes (1)	0,18	mg/l	—	2,0	PEE-GOM-FO-21	2021/06/15 SP

**AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K+2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Sólidos Suspendedos Totales	203,00	mg/l	38,73	220,0	PEE-GOM-FO-06	2021/06/17 NS

**DATOS DE MUESTREO**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K+2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrógeno, in situ	6,48	Unidades de pH	0,25	6-9	PEE-GOM-FO-41	2021/06/14 LB

**ABRIGOS:**

— No. Aplica	E.P.A. Environmental Protection Agency	V.M.E. Valor Máximo Referencial
v.d. Mayor al Límite Detectable	F.E.E. Procedimiento específico de ensayo de BOM	C.C. Criterios de Calidad
N.S. No efectuado	S.S. Límite de Restricción	V.M. Valor Máximo
S.M. Standard Methods	L.M.P. Límite Máximo Permisible	V.M.P. Valor Máximo Permisible
U.S.C. Inspecciones/Net de Confianza S.E.P.A.	V.L.P. Valor Límite Permisible	

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el IAF.  
 (2) Parámetro subcontratado NO Acreditado, competencia evaluada Cap. 8 Manual de Calidad de BOM  
 (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.  
 (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acreditacion.gub.pe

**Datos Adicionales**

En atención a solicitud de cliente (R21-090)

**IMPORTANTE:**

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas. PROMUEVA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de BOM.

**DECLARACION DE RESPONSABILIDAD:**

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a BOM previo a su monitoreo o recepción.

Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

**Anexo 2.** Informe de ensayos del afluente realizado a la línea de Nitazoxanida - Resultados obtenidos de la caracterización de aguas residuales industriales de Julio-2021.



**INFORME DE ENSAYOS**  
N° 84325-1



8432507132021000000 Lima



**MEZA CASTRO MARLON WILFRIDO**  
Representante Legal: —  
Dirección: Guayaquil, Tel. 097 942 0814  
Atención: Ing. Marlon Meza

Guayaquil, 2021-07-30

**DATOS DE LA MUESTRA**

Punto e identificación de la Muestra:	AFLUENTE DE LA PEAR
Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:	2021/07/13 / 12:00 / GUAYAQUIL - FARMACÉUTICA
Fecha/Hora Recepción Muestras:	2021/07/13 / 13:04
Matrón de la muestra:	Agua Residual

Único acuerdo a la Norma: ANEXO 1 LIBRO VI TOLIMA ACUERDO MINISTERIO DEL AGUA (2015-EI) TABLA II. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

**AGREGADOS ORGANICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas	50,00	mg/l	9,63	30,0	PEE-GQM-FQ-03	2021/07/20 NS
Demanda Biológica de Oxígeno	1 058,00	mgO <sub>2</sub> /l	257,23	250,0	PEE-GQM-FQ-05	2021/07/14 CT
Demanda Química de Oxígeno	1 767,00	mgO <sub>2</sub> /l	376,90	500,0	PEE-GQM-FQ-16	2021/07/14 CT
Tensoactivos-Detergentes (1)	0,16	mg/l	—	2,0	PEE-GQM-FQ-21	2021/07/14 SP

**AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Sólidos Suspendidos Totales	136,00	mg/l	31,67	220,0	PEE-GQM-FQ-06	2021/07/16 NS

**DATOS DE MUESTREO**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrógeno, in situ	6,43	Unidades de pH	0,25	6 - 9	PEE-GQM-FQ-41	2021/07/13 LB

**SIMBOLOGÍA**

— No. Aplica	E.P.A. Environmental Protection Agency	V.M.R. Valor Máximo Referencial
<LD Menor al Límite Detectable	F.E.E. Procedimiento específico de ensayo de BOM	C.C. Criterio de Calidad
N.S. No efectuado	S.S. Sistema de Restricción	V.I. Valor Índice
S.M. Standard Method	L.M.P. Límite Máximo Permisible	V.M.P. Valor Máximo Permisible
U.S.D. International Union of Pure and Applied Chemistry	U.L.P. Valor Límite Permisible	

- NOMENCLATURA**  
(1) Pend-metro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el IAG.  
(2) Pend-metro subcontratado NO Acreditado, competencia evaluada Cpto. 8 Manual de Calidad de BOM  
(3) Pend-metro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.  
(4) Pend-metro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gub.pe

Datos Adicionales:  
En atención a solicitud de cliente (821-099)

**IMPORTANT!**  
Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas. PROPORCIONA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de BQM.  
**OMISIÓN DE RESPONSABILIDAD:**  
La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a BQM previo a su monitoreo e inspección.  
Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

**Anexo 3.** Informe de ensayos del afluente realizado a la línea de Nitazoxanida - Resultados obtenidos de la caracterización de aguas residuales industriales de Agosto-2021.



**MEZA CASTRO MARLON WILFRIDO**  
 Representante Legal: ---  
 Dirección: Guayaquil, Tel. 097 942 0914  
 Atención: Ing. Marlon Meza

Guayaquil, 2021-08-30

**DATOS DE LA MUESTRA**

<b>Punto e Identificación de la Muestra:</b>	AFLUENTE DE LA PTAR
<b>Fecha/Hora Lugar de Toma de Muestra:</b>	2021/08/16 / 12:00 / GUAYAQUIL - FARMACÉUTICA
<b>Fecha/Hora Recepción Muestras:</b>	2021/08/16 / 13:04
<b>Matriz de la muestra:</b>	Agua Residual
<b>LPM de acuerdo a la Norma</b>	ANEXO 1 LIBRO VI TULSMA ACUERDO MINISTERIAL 097A (2015-11) TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

**AGREGADOS ORGANICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Aceites y Grasas	32,00	mg/l	9,21	70,0	PEE-GOM-FQ-03	2021/08/23 NS
Demanda Bioquímica de Oxígeno	987,00	mgO2/l	276,12	250,0	PEE-GOM-FQ-05	2021/08/17 CT
Demanda Química de Oxígeno	1.310,00	mgO2/l	341,79	500,0	PEE-GOM-FQ-16	2021/08/17 CT
Tensioactivos-Detergentes (3)	0,13	mg/l	---	2,0	PEE-GOM-FQ-21	2021/08/17 SP

**AGREGADOS/COMPONENTES FISICOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Sólidos Suspendedos Totales	189,00	mg/l	34,17	220,0	PEE-GOM-FQ-06	2021/08/19 NS

**DATOS DE MUESTREO**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	L.M.P	MÉTODO	ANALIZADO POR
Potencial de Hidrógeno, in situ	7,01	Unidades de pH	0,25	6 - 9	PEE-GOM-FQ-41	2021/08/16 LB

**SIMBOLOGÍA:**

--- No. Aplica	E.P.A. Environmental Protection Agency	V.M.R. Valor Máximo Referencial
<LD Menor al Límite Detectable	P.E.E. Procedimiento específico de ensayo de GQM	C.C. Criterios de Calidad
N.E. No efectuado	G.R. Grados de Retención	V.M. Valor Máximo
S.M. Standard Methods	L.M.P. Límite Máximo Permisible	V.M.P. Valor Máximo Permisible
U K-2 Incertidumbre Nivel de Confianza 95,45%	V.L.P. Valor Límite Permisible	

**NOMENCLATURA:**

- (1) Patrmetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Patrmetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Patrmetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Patrmetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en [www.acreditacion.gob.ec](http://www.acreditacion.gob.ec)

**Datos Adicionales:**

En atención a solicitud de cliente (R21-099)

**IMPORTANTE:**

Los resultados de este Informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

**DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:**

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a GQM previo a su muestreo o recepción. Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

**Anexo 4.** Informe de resultados de análisis de agua residual efluente de la PTAR del mes de junio 2021.



RA-LABPSI-21 1610

**INFORME DE RESULTADOS  
ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

PARA:	FARMACÉUTICO S.A.
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	VIA DAULE S/N
REPRESENTANTE LEGAL:	
SOLICITADO POR:	ANDRÉS ROMERO
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Adrián Cortez
METODO DE MUESTREO:	PET/LAB-PSI/01
SITIO DE MUESTREO:	Efluente Ptar
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	Norte: 9766514 Este:618735
FECHA DE MUESTREO:	21 de junio del 2021
HORA DE MUESTREO:	08:30:00
TIPO DE MUESTRA:	Residual Industrial Simple
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	1610
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	21 de junio del 2021
ANALIZADO POR:	Joe Franco, Nidia Sánchez
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:	21 de junio al 29 de junio del 2021
EMISIÓN DEL INFORME:	1 de julio del 2021

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Límite máximo permisible	Método de análisis
Aceites y Grasas	mg/l	<2,5	0,45	70,0	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	30	5,93	250,0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	57	5,7	500,0	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	14	2,8	220,0	EPA 160.2 PEE/LAB-PSI/02
Tensoactivos	mg/l	<0,2	0,05	2	HACH TNT874 PEE/LAB-PSI/53
Potencial de Hidrógeno	U de pH	7,5	0,38	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05

\*Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

\*\*Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387. 4 de Noviembre del 2015. Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

**Notas Importantes:**

1. Regla de decisión: LAB PSI solo emitirá declaración de conformidad si el cliente lo solicitare, siempre y cuando el resultado de una especificación esté dentro del rango de incertidumbre de la medición.
2. La información que esta subrayada fue proporcionada por el cliente.
3. Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad de los resultados: LAB-PSI garantiza mantener absoluta confidencialidad de los resultados así como proporcionará respaldo técnico al cliente. Las incertidumbres calculadas se encuentran a disposición del cliente.
4. Los análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este informe de resultados de manera exclusiva y confidencial.
5. El presente Informe de resultados afecta únicamente a las muestras sometidas a ensayo.
6. El laboratorio no pondrá al alcance del público ninguna información del presente Informe, sin autorización previa del cliente. Está prohibida la reproducción parcial o total de presente Informe de resultados sin autorización escrita de PSI CLTDA. y del cliente.
7. Interpretación de Resultados se encuentra fuera del alcance de acreditación
8. Descargo de Responsabilidad: LAB-PSI, no asume responsabilidad por el contenido y veracidad de la información en caso de haber sido proporcionada en su totalidad por el cliente y que pudiera afectar a la validez de los resultados en este Informe. LAB-PSI no se responsabiliza del contenido y veracidad de la información suministrada por el cliente durante la etapa de muestreo (lugar, punto e identificación) y los resultados aplicarán a la muestra proporcionada tal como fue recibida.

MC2202-06

Hoja 1 de 2

Administración y Consultoría  
Km 1,5 vía a Samborombán, Edificio Miras Oficina 320  
Laboratorio  
Km 10 vía a Daule, Estación Industrial Imacomas,  
Calle Los Cruzos, Intersección con Tejas, Mz 14 C Número 57

Administración y Consultoría  
093 - 3893490 / 3893491 / 3883492 / 593-997096006 / 991265674  
Laboratorio  
593-4-2394800 / 2394803 / 2103716 / 2103692  
Oficina: 593-993665623

Correo:  
info@psi.com.ec

**Anexo 5.** Informe de resultados de análisis de agua residual efluente de la PTAR del mes de julio 2021.



RA-LABPSI-21 1974

**INFORME DE RESULTADOS  
ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

PARA:	FARMACÉUTICO S.A.
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	MA. RAULLE S/N
REPRESENTANTE LEGAL:	
SOLICITADO POR:	ANDRÉS ROMERO
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Adrián Conz
METODO DE MUESTREO:	PEE/LAB-PSI/01
SITIO DE MUESTREO:	Estación 100
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	Norte: 9785514 Este: R17735
FECHA DE MUESTREO:	20 de julio del 2021
HORA DE MUESTREO:	08:30:00
TIPO DE MUESTRA:	Residuo Industrial Compuesto 8 horas
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	1974
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	20 de julio del 2021
ANALIZADO POR:	Joe Franco, Juan José, Tumbaco, Nidia Sánchez,
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:	20 de julio al 28 de julio del 2021
EMISIÓN DEL INFORME:	28 de julio del 2021

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Limite máximo permisible	Método de análisis
Aceites y Grasas	mg/l	2,5	0,45	70,0	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	92	18,46	250,0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	136	13,63	500,0	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	24	4,8	220,0	EPA 180.2 PEE/LAB-PSI/02
Tensoactivos	mg/l	1,33	0,19	2	HACH 8028 PEE/LAB-PSI/53
Potencial de Hidrógeno	U de pH	7,2	0,36	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05

\*Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. (s) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

\*\*Acuerdo Ministerial No. 007A Edición Especial Año II N-387, 4 de Noviembre del 2015, Tabla B. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

**Notas Importantes:**

1. Regla de decisión: LAB PSI solo emite declaración de conformidad si el cliente lo solicita, siempre y cuando el resultado de una especificación esté dentro del rango de incertidumbre de la medición.
2. La información que este subyede fue proporcionada por el cliente.
3. Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad de los resultados: LAB-PSI garantiza mantener absoluta confidencialidad de los resultados así como proporcionarles respaldo técnico al cliente. Los incertidumbres calculadas se encuentran a disposición del cliente.
4. Los análisis, opiniones y/o interpretaciones están basadas en el material e información provisto por el cliente para quien se ha realizado este informe de resultados de manera exclusiva y confidencial.
5. El presente informe de resultados afecta únicamente a las muestras sometidas a ensayo.
6. El laboratorio no pondrá al alcance del público ninguna información del presente informe, sin autorización previa del cliente. Está prohibida la reproducción parcial o total de presente informe de resultados sin autorización escrita de PSI CLTDA, y del cliente.
7. Interpretación de Resultados se encuentra fuera del alcance de acreditación
8. Descargo de Responsabilidad: LAB-PSI, no asume responsabilidad por el contenido y veracidad de la información en caso de haber sido proporcionada en su totalidad por el cliente y que pudiera afectar a la validez de los resultados en este informe. LAB-PSI no se responsabiliza del contenido y veracidad de la información suministrada por el cliente durante el etapa de muestreo (lugar, punto e identificación) y los resultados aplicarán a la muestra proporcionada tal como fue recibida.

MC0202-06

Hoja 1 de 2

Administración y Comercial  
 Fin. T.5 vía a SARGONCOPI, Barrio Santa Clara 320  
 Laboratorio  
 Av. T.5 vía a Dava, Ubicación Vialidad Pinarón,  
 Carr. Los Cueros, Frenobuena con T.506, M. 14 C. Maricao 37

Administración y Comercial  
 503 - 3843260 / 3843261 / 3843262 / 503-99708408 / 991286274  
 Laboratorio  
 503-4-2284000 / 2284003 / 2103716 / 2103582  
 CHAMA: 503-99368923

Correo:  
[info@psicltda.ec](mailto:info@psicltda.ec)



**Anexo 6.** Informe de resultados de análisis de agua residual efluente de la PTAR del mes de agosto 2021.



RA-LABPSI-21 2301

**INFORME DE RESULTADOS  
ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

PARA:	FARMACÉUTICO S.A
DIRECCIÓN DE LA EMPRESA:	VIA DAULE S/N
REPRESENTANTE LEGAL:	
SOLICITADO POR:	ANDRÉS ROMERO
TOMA DE MUESTRA EFECTUADA POR:	Adrián Cortez
MÉTODO DE MUESTREO:	PET/LAB-PSI/01
SITIO DE MUESTREO:	Efluente Ptar
POSICIÓN GEOGRÁFICA:	Norte: 9785514 Este: 818735
FECHA DE MUESTREO:	23 de agosto del 2021
HORA DE MUESTREO:	08:30:00
TIPO DE MUESTRA:	Residual Industrial Compuesto 8 horas
CÓDIGO DE LA MUESTRA:	2301
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA:	23 de agosto del 2021
ANALIZADO POR:	Joe Franco, Juan Jose Tumbaco,
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS:	23 de agosto al 30 de agosto del 2021
EMISIÓN DEL INFORME:	1 de septiembre del 2021

**Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico**

Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	**Límite máximo permisible	Método de análisis
Aceites y Grasas	mg/l	<2,5	0,45	70,0	EPA 413.2 PEE/LAB-PSI/08
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	20	4,04	250,0	SM 5210 B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/04
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	56	5,64	500,0	EPA 410.4 PEE/LAB-PSI/03
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	<10	2	220,0	EPA 160.2 PEE/LAB-PSI/02
Tensoactivos	mg/l	0,25	0,03	2	HACH 8028 PEE/LAB-PSI/53
Potencial de Hidrógeno	U de pH	7,7	0,38	6-9	SM 4500 H+B, Ed.23 PEE/LAB-PSI/05

\*Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. (a) Fuera del rango de acreditación. U: Incertidumbre.

\*\*Acuerdo Ministerial No. 097A Edición Especial Año II N-387. 4 de Noviembre del 2015. Tabla 8: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

**Notas Importantes:**

1. Regla de decisión: LAB PSI solo emitirá declaración de conformidad si el cliente lo solicitare, siempre y cuando el resultado de una especificación esté dentro del rango de Incertidumbre de la medición.
2. La información que esta subrayada fue proporcionada por el cliente.
3. Garantía de Confidencialidad y Confidencialidad de los resultados: LAB-PSI garantiza mantener absoluta confidencialidad de los resultados así como proporcionará respaldo técnico al cliente. Las Incertidumbres calculadas se encuentran a disposición del cliente.
4. Los análisis, opiniones y/o Interpretaciones están basados en el material e Información provistos por el cliente para quien se ha realizado este Informe de resultados de manera exclusiva y confidencial.
5. El presente Informe de resultados afecta únicamente a las muestras sometidas a ensayo.
6. El laboratorio no pondrá al alcance del público ninguna información del presente Informe, sin autorización previa del cliente. Está prohibida la reproducción parcial o total de presente Informe de resultados sin autorización escrita de PSI CLTDA. y del cliente.
7. Interpretación de Resultados se encuentra fuera del alcance de acreditación
8. Descargo de Responsabilidad: LAB-PSI, no asume responsabilidad por el contenido y veracidad de la información en caso de haber sido proporcionada en su totalidad por el cliente y que pudiera afectar a la validez de los resultados en este Informe. LAB-PSI no se responsabiliza del contenido y veracidad de la información suministrada por el cliente durante la etapa de muestreo (lugar, punto e identificación) y los resultados aplicarán a la muestra proporcionada tal como fue recibida.

MC2202-06

Hoja 1 de 2

Administración y Consultoría:  
Km 1,5 vía a Samborondón, Edificio Xima Ofcina 320  
Laboratorio:  
Km. 10 vía a Daule, Lotización Industrial Inmaculada,  
Calle Los Cruceles, Intersección con Tetas, Mz 14 C Numero 67

Administración y Consultoría:  
593 - 3883490 / 3883491 / 3883492 / 593-997095008 / 991265674  
Laboratorio:  
593-4-2394800 / 2394803 / 2103716 / 2103592  
Celular: 593-993665823

Correo:  
info@psi.com.ec