



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE PETRÓLEOS**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y
RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE LA
LIBERTAD”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA

TUTOR:

ING. MARLLELIS DEL VALLE GUTIÉRREZ HINESTROZA, PhD.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE PETRÓLEOS**

TEMA:

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y
RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE
LA LIBERTAD**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA

TUTOR:

ING. MARLLELIS DEL VALLE GUTIÉRREZ HINESTROZA, PhD.


LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN




Ing. Carlos Portilla Lazo, MSc.
DELEGADO DE LA DIRECCIÓN DE
CARRERA



Ing. Marllelis Gutiérrez H, PhD.
DOCENTE TUTOR



Ing. Sadi Iturralde Kure, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Carlos Malavé Carrera, MSc.
DOCENTE UIC



Ing. David Vega González
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a **Dios**, fuente de vida, sabiduría y fortaleza. Gracias, Señor, por haberme sostenido en cada paso, por iluminar mi camino cuando las dudas y el cansancio nublaban mi ánimo, y por recordarme que, con fe, todo es posible. Sin Tu presencia constante, este logro no habría sido posible.

A mi mamá **Rosa Lina** por ser ese pilar fundamental y ser ese apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por tu amor, por tus palabras llenas de sabiduría, por tus silencios llenos de comprensión, y por tu fe constante en mí, incluso cuando yo dudaba de mis propias capacidades.


A mis hermanos: **Dayana, Slyter** y **Helian** por alentarme día a día a continuar con la realización de esta tesis, agradezco por ser mis compañeros en esta travesía, por brindarme su amor y sus risas. Gracias por creer en mí y apoyarme en cada momento.

En memoria de mi mamá abuelita **Narcisa Del Jesús** quién me inspiró a seguir adelante y nunca rendirme. Dedico mi tesis a su memoria, con la esperanza de que mi logro sea un tributo de amor y apoyo incondicional.

A todos aquellos que creyeron en mí hasta cuando yo misma dude, a mi familia y amigos que me apoyaron en este proyecto, que, de alguna manera, han contribuido para que este sueño se haga realidad. Gracias por su fe inquebrantable en mi capacidad para lograr mis objetivos.

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD** elaborado por la estudiante **KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA**, egresada de la carrera de Petróleos, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un **5 %** de la valoración permitida.

 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

M LOPEZ

5%
Textos sospechosos

5% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

4% Idiomas no reconocidos (ignorado)

9% Textos potencialmente generados por IA (ignorado)

Nombre del documento: M LOPEZ.docx
ID del documento: 53b775f9a40ca7c17a12ca2e3821820ed47b31d3
Tamaño del documento original: 41,68 kB

Depositante: MARLLELIS DEL VALLE GUTIERREZ
HNESTROZA
Fecha de depósito: 10/6/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 10/6/2025

Número de palabras: 4083
Número de caracteres: 26.720



Firmado electrónicamente por:
**MARLLELIS DEL VALLE
GUTIERREZ HNESTROZA**

Ing. Marllelis Gutiérrez, PhD.

C.I.: 096102768-7

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

Maholy Lopez

KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA

Autor de Tesis

C.I. 2400162786

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Marllelis Gutiérrez Hinstroza, PhD.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD**” previo a la obtención del Título de Ingeniera en Petróleos elaborado por la Srta. **KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA**, egresada de la carrera de Ingeniería en Petróleos, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MARLLELIS DEL VALLE
GUTIERREZ HINESTROZA**

Ing. Marllelis Del Valle Gutiérrez Hinstroza, PhD

TUTOR

CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

Certificado de gramática

Santa Elena, 06 de junio del 2025

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magíster en Educación Básica, con registro de la SENECYT N° 1023-2024-2904505 por medio del presente certifico que:

Después de revisar y corregir la sintaxis y ortografía del trabajo investigativo titulado “**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD**”, elaborado por la estudiante **KEYLA MAHOLY LÓPEZ MEJÍA** en su opción al título de **INGENIERA EN PETRÓLEOS** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puedo afirmar que el trabajo está apto para ser defendido.

Sin otro particular.



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

C.I: 0605353143

Celular: 0969917044

Correo: misabelp1017@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo profundamente a **Dios**, por haberme dado la vida, la salud y la fortaleza para continuar, incluso en los momentos más difíciles de este camino. Su guía espiritual ha sido una luz constante que me sostuvo cuando las dudas y el cansancio amenazaban con detenerme.

A mi familia, especialmente a mi **mamá**, quien, con su amor incondicional, paciencia infinita y ejemplo de esfuerzo diario, me enseñó que los sueños se construyen con trabajo, perseverancia y fe. Gracias por creer en mí incluso cuando yo mismo lo dudaba, por sus palabras de aliento y por estar presente en cada etapa de este proceso, celebrando mis logros y animándome en los tropiezos.

A mi tutora de tesis y directora de carrera, la **Ing. Marllelis Gutiérrez Hinestroza, PhD**, le expreso mi más sincero agradecimiento por su compromiso, por su orientación clara y honesta, y por su disposición constante a acompañarme con sabiduría, exigencia y generosidad académica. Su apoyo fue determinante para que esta investigación tuviera rumbo y profundidad.

A la **Refinería La Libertad EP Petroecuador**, por brindarme la oportunidad de realizar este estudio en sus instalaciones, al **Ing. Andrés Lozano** que me recibió con profesionalismo y colaboración, muchas gracias por confiar en mí y por facilitar los recursos e información que hicieron posible este trabajo. También a la **Ing. Yisenia Suárez** por brindarme sus conocimientos y capacitarme a lo largo de este tiempo y ser un apoyo en la realización de esta tesis.

A mis **amigos y compañeros** de carrera, quienes compartieron este camino lleno de desafíos, desvelos y aprendizajes, gracias por su apoyo, sus risas en los momentos tensos y por demostrar que en la universidad también se construyen lazos para toda la vida. Esta tesis no es solo un documento académico: es el reflejo de un proceso de crecimiento, tanto personal como profesional, que no hubiera sido posible sin cada una de estas personas. A todos, gracias por ser parte de este logro.

CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	v
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	vi
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABLAS	xix
LISTA DE ANEXOS	xx
ABREVIATURAS	xxi
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	23
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	24
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.2 ANTECEDENTES	25
1.3 HIPÓTESIS	26

1.4 OBJETIVOS	27
1.4.1 Objetivo General	27
1.4.2 Objetivos Específicos	27
1.5 ALCANCE	27
1.6 VARIABLES	28
1.6.1 Variables Dependientes :.....	28
1.6.2 Variables Independientes :	28
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	29
2.1. DEFINICIÓN DE AGUAS RESIDUALES	29
2.2 DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	30
2.2.1 Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales . ..	30
2.3 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	31
2.3.1 Pretratamiento	31
2.3.2 Tratamientos físicos	32
2.3.3 Tratamientos químicos	34
2.3.4 Tratamientos biológicos	38
2.4. TRATAMIENTO DE AGUAS	39
2.5 ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN RLL	42
2.5.1 Primera etapa	42
2.5.2 Segunda etapa	43
2.6.3 Tercera etapa	44

2.5.4 Cuarta etapa.....	45
2.6. SEPARADOR API #2 - TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	45
2.7. SEPARADOR API #3 - CAUTIVO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	47
2.8. LIMPIEZA DE SEPARADOR API#1, API#2, API#3.....	51
2.9. IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	53
2.10. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.	53
2.10.1 Características de la importancia en aguas residuales.	54
2.10.2. Efectos de la contaminación del agua en el medio ambiente.	54
2.11. ¿QUÉ ES EL SLOP?	55
2.12. NORMATIVAS Y REGULACIONES AMBIENTALES	56
2.12.1. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 5667-1:2014- guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.....	56
2.12.2. Calidad del agua: UNE-EN ISO 5667-3 conservación y manipulación de las aguas.	57
CAPITULO III: METODOLOGÍA	58
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	58
3.2. ENFOQUE.....	59
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	59
3.3.1. Población.	59
3.2.2. Muestra.	59

3.4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS OPERATIVOS.....	60
3.4.1. Muestras de aguas.....	60
3.5 SUMARIO DEL FUNDAMENTO TEÓRICO Y SIGNIFICADO TÉCNICO DE CADA PARÁMETRO.	60
3.5.1. Temperatura.....	60
3.5.2. Potencial hidrógeno, pH.	61
3.5.3. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).....	61
3.5.4. Conductividad eléctrica.....	62
3.5.5. Determinación de sólidos totales.	63
3.5.6 Hidrocarburos totales de petróleo (TPH).	64
3.5.7. Metales traza (ba, cr, pb, v).	64
3.5.8. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).....	65
3.5.9. Determinación del nitrógeno total.....	66
3.5.10. Determinación de fenoles.	67
3.6. OBSERVACIÓN DE CAMPO.....	68
3.7. PROCESOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	68
3.7.1. Toma de muestras de efluentes.	68
3.8. ANÁLISIS DE DATOS	69
3.9. CRITERIOS DE EVALUACIÓN	69
3.10. PROPUESTA DE MEJORA Y CONCLUSIONES.....	69
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
4.1. EL MONITOREO AMBIENTAL.....	70

4.2 MONITOREO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL	70
4.3 OBJETIVO DEL SERVICIO	72
4.3.1. Objetivos específicos del servicio.	73
4.4. ALCANCE	73
4.4.1. Parámetros y periodicidad para el monitoreo de descargas hídricas. ..	73
4.5. PUNTOS DE MONITOREO	78
4.6 METODOLOGÍA	79
4.6.1. Tomas de muestras.	79
4.7 PROCEDIMIENTO DE CADENA DE ESTUDIO	79
4.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS	80
4.8.1. Parámetros de campo.	80
4.8.2 Parámetros de laboratorio.	80
4.9. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO Y ANÁLISIS	82
4.10. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	86
4.11 EVALUACIÓN DE RESULTADOS	108
4.11.1 Refinería, descarga.	108
4.11.2 Refinería, inmisión.	108
4.11.3 Planta Cautivo, descarga.	109
4.12. PLANTA CAUTIVO, INMISIÓN	110
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
5.1. CONCLUSIONES	111
5.2. RECOMENDACIONES	112

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
ANEXOS	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sulfato de Aluminio	35
Figura 2: Recepción de floculante.....	36
Figura 3: Coagulante.....	37
Figura 4: Adición de dispersantes	38
Figura 5: Tanque de Slop #60	40
Figura 6: Tanque de Slop #85	40
Figura 7: Tanque de Slop #15	40
Figura 8: Tanque de Slop #160.....	40
Figura 9: Bomba Loba 1	41
Figura 10: Bomba Loba 2	41
Figura 11: Separador API #1- Primer Etapa	43
Figura 12: Separador API #1- Segunda Etapa	43
Figura 13: Mini Separadores API-1C	44
Figura 14: Separador API #1- Tercer Etapa	44
Figura 15: Descargas hacia al mar	45
Figura 16: Separador API #2.....	46
Figura 17: Descarga de aguas residuales al sector carioca	46
Figura 18: Separador API #3-CPI.....	47
Figura 19: Separador nuevo	48

Figura 20: Separador viejo	48
Figura 21: Piscina de geomembrana.....	49
Figura 22: Etapas Mini separadores API #3	50
Figura 23: Mini separadores API #3	50
Figura 24: Línea de descarga de cautivo.....	51
Figura 25: Colocación de aserrín para sacar sedimentos en API #1	52
Figura 26: Retiro de sedimentos en API #1	52
Figura 27: Separador API #1 limpio	52
Figura 28: Limpieza y desacople de líneas de recolección de hidrocarburos en API #2	52
Figura 29: Recolección de sedimentos en tanques metálicos en API #2	52
Figura 30: Estructura del separador API #3	52
Figura 31: Separador API #3 limpio.....	53
Figura 32: Medición de temperatura	61
Figura 33: Medición de pH	61
Figura 34: Medición de DQO.	62
Figura 35: Medición de conductividad eléctrica.	63
Figura 36: Determinación de sólidos totales.....	63
Figura 37: Medición de TPH.....	64
Figura 38: Metales trazas.	65
Figura 39: Determinación de HAPs.....	66
Figura 40: Determinación de nitrógeno total.	67

Figura 41: Determinación de fenoles.....	68
Figura 42: Recolección de aguas residuales.	82
Figura 43: Punto de monitoreo en el mar.	83
Figura 44: Toma de muestras en cautivo.....	84
Figura 45: Inmisión de agua en el mar.....	85
Figura 46: Resultados de TPH.....	87
Figura 47: Resultados de CE.	87
Figura 48: Resultados de pH.	88
Figura 49: Resultados de DQO.....	88
Figura 50: Resultados de ST.	89
Figura 51: Resultados de Ba.....	89
Figura 52: Resultados de V.....	90
Figura 53: Resultados de Pb.....	90
Figura 54: Resultados de Cr.	91
Figura 55: Resultados de fenoles.	91
Figura 56 : Resultados de nitrógeno.	92
Figura 57: Resultados de TPH en Planta Cautivo.	94
Figura 58: Resultados de CE en Planta Cautivo.....	94
Figura 59: Resultados de pH en Planta Cautivo.....	95
Figura 60: Resultados de Ba en Planta Cautivo.	95
Figura 61: Resultados de ST en Planta Cautivo.	96
Figura 62: Resultados de DQO en Planta Cautivo.	96

Figura 63: Resultados de Pb en Planta Cautivo.	97
Figura 64: Resultados de Cr en Planta Cautivo.....	97
Figura 65: Resultados de V en Planta Cautivo.....	98
Figura 66: Resultados de nitrógeno en Planta Cautivo.....	98
Figura 67: Resultados de fenoles en Planta Cautivo.....	99
Figura 68: Resultados de pH por inmisi3n.	101
Figura 69: Resultados de DQO por inmisi3n.....	101
Figura 70: Resultados de CE por inmisi3n.....	102
Figura 71: Resultados de TPH por inmisi3n.....	102
Figura 72: Resultados de HAPs por inmisi3n.	103
Figura 73: Resultados de TPH en Planta Cautivo por inmisi3n.	105
Figura 74: Resultados de TPH en Planta Cautivo por inmisi3n.	105
Figura 75: Resultados de pH en Planta Cautivo por inmisi3n.....	106
Figura 76: Resultados de HAPs en Planta Cautivo por inmisi3n.....	106
Figura 77: Resultados de DQO en Planta Cautivo por inmisi3n.	107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Punto de descarga de efluente (descargas líquidas).....	75
Tabla 2: Punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).	76
Tabla 3: Puntos de monitoreo.	78
Tabla 4: Parámetros de campo.	80
Tabla 5: Parámetros de laboratorio.	81
Tabla 6: Identificación del monitoreo de RLL.	82
Tabla 7: Identificación por inmisión en RLL.	83
Tabla 8: Identificación de aguas residuales en Planta Cautivo.	84
Tabla 9: Identificación de aguas residuales en Cautivo.	85
Tabla 10: Análisis de descarga de Refinería.	86
Tabla 11: Análisis de Descarga Cautivo.	93
Tabla 12: Análisis de Inmisión.	100
Tabla 13: Análisis de inmisión en Planta Cautivo.	104

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Tabla 4a.- RAOHE.	117
Anexo B: Tabla 4b-RAOHE.	117
Anexo C: Sector Carioca.	118
Anexo D: Separador Api-1.	118
Anexo E: Mini-Separador 1-C.	119
Anexo F: Mini- Separadores 1-D.	119
Anexo G: Etapas de los Mini-Separadores.	120
Anexo H: Tanque de Crudo #33.	120

ABREVIATURAS

RLI: Refinería La Libertad.

PTAR: Plantas de tratamientos de aguas residuales.

DAF: Flotación por aire disuelto.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno.

DQO: Demanda química de oxígeno.

TOC: Carbono orgánico total.

PH: Potencial hidrógeno.

CE: Conductividad eléctrica.

ST: Sólidos totales.

TPH: Hidrocarburos totales de petróleo.

CPI: Interceptor de Placa Corrugada.

API: Instituto Americano del Petróleo.

UTM: Universal Transversa Mercator- Sistema de referencia geográfica.

HAPS: Hidrocarburos aromáticas policíclicos.

HPCL: Cromatografía líquida de alta presión.

RAOHE: Reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas del Ecuador.

LABSSA: Laboratorio de seguridad, salud y ambiental.

APHA: American Public Health.

AWWA: American Water Works Association.

WPCF: Water Pollution Control Federation.

“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE AGUAS OLEOSAS EN LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”

Autor: López Mejía Keyla Maholy

Tutor: Gutiérrez Hinestroza Marllelis Del Valle

RESUMEN

La evaluación del sistema de tratamiento y recuperación de aguas oleosas en la refinería de La Libertad está orientado a realizar un diagnóstico exhaustivo del sistema de tratamiento y recuperación de aguas oleosas, identificar áreas de mejora, garantizar el cumplimiento ambiental y proponer soluciones técnicas y sostenibles para optimizar el proceso.

Se evaluará la eficiencia y viabilidad del sistema de tratamiento y recuperación de estas aguas oleosas en refinería de La Libertad, considerando su capacidad para separar hidrocarburos, reducir contaminantes y cumplir con las respectivas normas ambientales que existen. Se analizará el sistema empleado, la calidad de agua tratada y su potencial para futuros estudios. Además, se identificará oportunidades de mejoras para optimizar el proceso, minimizando así los impactos ambientales y los costos operativos.

En conclusión, El sistema actual de tratamiento y recuperación de aguas oleosas en la Refinería La Libertad cumple parcialmente con los estándares ambientales establecidos, pero presenta deficiencias operativas en algunas unidades. Se identificó una eficiencia media en la separación de fases (agua-aceite-lodos), lo cual afecta la calidad del efluente y puede generar riesgos ambientales.

PALABRAS CLAVE: *recuperación de aguas oleosas, separador API, impacto ambiental, tratamiento de aguas residuales, calidad del agua.*

“EVALUATION OF THE OILY WATER TREATMENT AND RECOVERY SYSTEM AT THE LA LIBERTAD REFINERY”

Author: López Mejía Keyla Maholy

Advisor: Gutiérrez Hinestroza Marllelis Del Valle

ABSTRACT

The evaluation of the oily water treatment and recovery system at the La Libertad refinery is aimed at conducting a comprehensive assessment of the system, identifying areas for improvement, ensuring environmental compliance, and proposing technical and sustainable solutions to optimize the process.

The efficiency and feasibility of the oily water treatment and recovery system at the La Libertad refinery will be evaluated, considering its capacity to separate hydrocarbons, reduce pollutants, and comply with the applicable environmental regulations. The system in use, the quality of the treated water, and its potential for future studies will be analyzed. Additionally, opportunities for improvement will be identified to optimize the process, thereby minimizing environmental impacts and operational costs.

In conclusion, the current oily water treatment and recovery system at La Libertad Refinery partially complies with established environmental standards but presents operational deficiencies in some units. A moderate efficiency was identified in the phase separation process (water-oil-sludge), which affects the effluent quality and may pose environmental risks.

KEYWORDS: oily water recovery, API separator, environmental impact, wastewater treatment, water quality.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal inconveniente en la refinería La Libertad al optar únicamente por el separador API como técnica de tratamiento para las aguas oleosas es su ineficacia en la separación de contaminantes de menor tamaño y aceites emulsificador. El separador API está diseñado para gestionar aceites libres y partículas de gran tamaño, sin embargo, tiene restricciones significativas en la eliminación de:

Aceites dispersos finamente: el separador API no resulta efectivo para separar aceites dispersos finamente en el agua, dado que estos no se pueden subir a la superficie debido a su tamaño y densidad parecida a la del agua. Esto conduce a una calidad de agua tratada que no satisface los criterios medioambientales necesarios.

Emulsiones hídricas: los aceites emulsificados (finalmente mezclados en el agua) no se separan correctamente con un sistema que se fundamenta únicamente en la gravedad, tal como sucede con el separador API. Esto significa que una gran cantidad de hidrocarburos de valor se desvanecen y que el agua procesada todavía posee contaminantes.

Finos sólidos suspendidos: el sistema API resulta menos eficaz en la eliminación de sólidos suspendidos finos que no se sedimentan de manera rápida, lo que podría causar dificultades si el agua requiere ser reutilizada o descargada.

Implementación de regulaciones ambientales: la ineficacia en la erradicación de contaminantes puede llevar a la violación de las regulaciones medioambientales, lo que podría conllevar a penalizaciones, limitaciones en el funcionamiento y problemas ambientales de gran importancia.

Por la aparición de actividades industriales, la calidad del agua ha sufrido un deterioro por parte del ser humano, dado que cada día se produce más contaminación para la producción de productos, modificando el recurso y volviendo su manejo cada vez más complicado. La gestión de las aguas residuales y las regulaciones impuestas por la autoridad ambiental se han transformado en un elemento crucial en la administración ambiental en las industrias.

La optimización de los recursos naturales se ha transformado en un elemento crucial para todas las industrias, ya que su adecuada utilización produce un efecto beneficioso en los clientes, las instituciones financieras y constituye una responsabilidad social que una compañía debe asumir.

1.2 ANTECEDENTES

Evaluar la posibilidad de aplicar un tratamiento de lodos oleaginosos en la refinería según (Alvarado & Lazo, 2014) tiene como objetivo reducir los desechos sólidos a confinar, minimizando el impacto negativo en el medio ambiente y recuperando hidrocarburos para uso como material de corte en la producción de combustible.

El tratamiento de las aguas residuales se las realiza en las instalaciones como lo es las plantas de aguas (PTAR), que están proyectados en función de las características del vertimiento y varían en relación de la carga del contaminante, que es esencial para la elección del tratamiento y las operaciones a ejecutar. (Condori, 2018) determina que tiene como objetivo remover los sólidos de gran tamaño, el primario consiste en una serie de operaciones capaces de remover sólidos suspendidos y sedimentables mediante procesos fisicoquímicos, el secundario consiste en procesos biológicos donde se remueven el mayor porcentaje de carga orgánica e inorgánica, al final el terciario que permite la remoción de contaminantes que no pudieron ser removidos previamente y que permitirán el reúso del recurso en caso sea el objetivo.

(Torres & Gutiérrez, 2017) indican realizar un pretratamiento el cual consiste en reducir estos contaminantes por medio de un procedimiento conocido como: desalación o deshidratación con el fin de eliminar la corrosión, taponamiento, y ensuciamiento del equipo y también para evitar el envenenamiento de los catalizadores en las unidades de procesamiento.

Los procesos de flotación por aire disuelto (DAF) ha sido probados con eficiencia para remover hidrocarburos y materia suspendida en una gran variedad de aguas residuales, incluyendo las que originan las actividades de producción y refinación de petróleo. Los sistemas DAF utilizan los coagulantes normalmente empleados en los sedimentadores por gravedad (Díaz, y otros, 2017).

(CEPAL U, 1990) indica que la refinería cuenta con un sistema para el tratamiento de las aguas, que consiste fundamentalmente en una serie de piscinas donde se recogen y procesan los desechos industriales.

La optimización de la recuperación de hidrocarburos residuales de las piscinas API en la planta de tratamiento de la refinería La Libertad se llevó a cabo mediante un sistema integral que involucra diversas etapas de tratamiento. Se implementaron metodologías avanzadas para reducir la contaminación por residuos y neutralizar los elementos, mejorando la eficiencia del proceso. (Figueroa & Tomalá, 2024).

En el separador API, no se pueden utilizar sistemas eléctricos directamente para evitar las chispas, o la estática que provoca arcos eléctricos, los sensores, por la naturaleza de los materiales es inevitable, no usarles, pero si se puede proteger el sensor asegurándolo a tierra (Cordoba, 2021).

Las descargas de residuales oleosos sin o con déficit de tratamiento provocan impactos ambientales negativos. El objetivo fue contribuir con enfoque a procesos y estrategias de producción más limpia, a la reducción de la contaminación por residuales oleosos de una empresa comercializadora de combustibles. Se implementó un procedimiento con enfoque a procesos, integrando los ocho pasos para la solución de un problema; así como otras metodologías y herramientas específicas para los estudios técnicos (Gutiérrez-Benítez, 2022).

1.3 HIPÓTESIS

Una evaluación detallada del rendimiento de los separadores API permitirá identificar las deficiencias en la remoción de contaminantes y residuos petrolíferos en la refinería La Libertad para mejorar la calidad del efluente y optimizar la recuperación de aceites.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General.

Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas oleosas en la remoción de contaminantes y residuos petrolíferos en la refinería La Libertad.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Describir el proceso actual del tratamiento y recuperación de las aguas oleosas en la refinería La Libertad.
- Analizar la calidad del agua tratada y su cumplimiento con los estándares ambientales.
- Evaluar la eficiencia operativa del sistema de tratamiento, asegurando que los procesos sean efectivos y que utilicen las tecnologías adecuadas para el tratamiento de aguas oleosas.

1.5 ALCANCE

El alcance de esta propuesta está orientado a realizar un diagnóstico exhaustivo del sistema de tratamiento y recuperación de aguas oleosas, identificar áreas de mejora, garantizar el cumplimiento ambiental y proponer soluciones técnicas y sostenibles para optimizar el proceso dentro del contexto de la refinería La Libertad.

Se evalúa la eficiencia y viabilidad del sistema de tratamiento y recuperación de estas aguas oleosas en refinería de La Libertad, considerando su capacidad para separar hidrocarburos, reducir contaminantes y cumplir con las respectivas normas ambientales que existen. Se analiza el sistema empleado, la calidad de agua tratada y su potencial para futuros estudios. Además, se identifica oportunidades de mejoras para optimizar el proceso, minimizando así los impactos ambientales y los costos operativos. La evaluación se basa en datos operativos, análisis fisicoquímicos y criterios técnicos y económicos, con el objetivo de proponer soluciones más eficientes y sostenibles.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependientes:

- Calidad del agua tratada.
- Eficiencia en la separación de contaminantes.

1.6.2 Variables Independientes:

- Condiciones operativas del sistema API.
- Carga contaminante del agua residual cruda.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las que poseen una composición químicamente variada y modificada, originadas de diversas descargas, tales como las municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos y en general cualquier tipo de agua que haya sufrido una degradación en su calidad. Su composición puede ser orgánica o inorgánica, lo que se puede sintetizar como elementos suspendidos (gruesos y finos) y elementos disueltos (Popayán, 2021).

Las aguas residuales también conocidas como efluentes líquidos complejos contienen una variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos que son provenientes de diversos procesos operacionales industriales como: separación, conversión y tratamiento de crudo. Se utilizan tecnologías avanzadas para su eliminación y evitar la contaminación de suelos y aguas subterráneas.

La salmuera, que es el efluente de las refinerías petroleras, se origina durante la extracción del crudo y durante la elaboración de otros productos petroquímicos, los grandes volúmenes de agua residual se encuentran contaminados debido a los compuestos químicos tales como: fenoles, hidrocarburos, hidrocarburos aromáticos polinucleares, heterociclos y metales de gran peso. En ningún lado del mundo existen plantas de tratamiento de aguas residuales que sean iguales, esto se debe a que las características del petróleo que se analizan son distintas, sumándole las normativas medioambientales que cada país tome en cuenta (Torres & Gutiérrez, 2017).

El agua residual se ve alterada con características químicas, físicas, biológicas o su composición; por esa razón no sirve de ninguna manera para el consumo humano, ni actividades domésticas, industriales o agrícolas.

2.2 DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

2.2.1 Características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

- **Color:** determina de manera cualitativa la duración de aguas residuales, estas aguas adquieren un tono gris mientras que, en ciertos periodos de conservación extendidos, estas aguas residuales adquieren un tono negro (ausencia de oxígeno, proliferación de microorganismos anaeróbicos).
- **Olor:** los olores provienen de los gases liberados durante el proceso de degradación de la materia orgánica presentes en el agua residual, esto está vinculado directamente con la cantidad de materia orgánica presentes en las aguas contaminadas y el ambiente de degradación donde se descompone (el ambiente anaeróbico produce sulfuro de hidrogeno, un elemento distintivo de los olores sépticos).
- **Temperatura:** norma fundamental para un funcionamiento correcto de los sistemas de tratamiento en su etapa secundaria (tratamiento biológico).
- **Turbidez:** la turbidez es la falta de transparencia en el agua u otro líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión y uno de los indicadores más importantes de la calidad de agua, junto con el olor y sabor, la turbidez es un indicador y no ofrecerá resultados sobre un contaminante concreto, pero sin embargo, puede informarnos del grado total de contaminación del agua, también existe una fuerte correlación entre el nivel de turbidez y el valor de DBO (determinación de la demanda bioquímica de oxígeno). A medida que aumenta la turbidez del agua, los sólidos se encuentran suspendidos debido a su densidad y propiedades en el medio que los recibe.
- **Sólidos:** se muestran en forma de sólidos floculados, suspendidos y sedimentados, los cuales puede favorecer el desarrollo de depósitos de fango y condiciones anaeróbicas en ambientes acuáticos sin tratamiento, la eliminación de sedimentos sólidos facilita la protección los dispositivos (bombas, tuberías, etc) que sufren efectos de abrasión debido a los efectos.

- **Aceite y grasas:** la existencia de aceites y grasas en las aguas residuales obstaculiza la respiración celular de los microorganismos durante las etapas de depuración, gracias a la biopelícula que estos elementos producen. Otra repercusión negativa como resultado de estos agentes que se encuentran en los cuerpos de agua son los que impiden la sedimentación de los sólidos suspendidos, disminuyendo así la mojabilidad de estos (Moreno V. , 2019).
- **Demanda bioquímica de oxígeno en 5 días (DBO5):** se refiere a la carga de contaminación que pueden producir los residuos domésticos e industriales de naturaleza orgánica son liberados en corrientes de agua en condiciones de aireación. Por lo general, se establece la demanda a los cinco días ya través de ecuaciones de cinética bacteriana, se amplían los resultados a los 20 días, con la finalidad de conseguirlos más rápido (Gualdrón, 2016).
- **Demanda química de oxígeno (DBO):** señala el volumen de oxígeno necesario para poder oxidar la materia orgánica contenida en una muestra de agua, bajo un nivel de características particulares de un agente oxidante, temperatura y duración (Gualdrón, 2016).

2.3 CLASIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Estas aguas se clasifican según el tipo de agua residual, varían de acuerdo con las características y composiciones de los compuestos.

2.3.1 Pretratamiento.

El tratamiento preliminar o pretratamiento, es la etapa que inicia la filtración de las aguas residuales y sirve para prepararlas para su purificación durante las siguientes etapas. Así el agua se libera de objetos que puedan dañar las instalaciones o equipos que se usaran a lo largo del proceso de filtración. Se refiere al traslado de las aguas residuales a las instalaciones de tratamiento e implica procedimientos como el desbaste, tamizado, desarenado, homogeneización y desengrase. En esta fase se evalúa y regula el flujo de entrada de agua a la planta y se desplazan los sólidos flotantes de mayor tamaño.

El petróleo, las emulsiones y las descargas solidas pueden estar presentes involuntariamente en ciertos desechos de la unidad, incluida la desalinización de refinerías particulares, junto con niveles notables de benceno y diversos orgánicos. Los orgánicos volátiles (VOC) que vaporiza en las alcantarillas conducen a altas emisiones y olores en la planta si la producción de residuos no se maneja adecuadamente. Esto sucede debido a la necesidad de que esta variedad de agua se someta a un procesamiento primero en separadores antes de mezclarse con otras aguas residuales dentro de toda la instalación de petróleo y avanzar a una purificación adicional. Además, este procedimiento se emplea cuando la capacidad del PTAR está limitada.

Se calcula que entre el 0,5% y el 4% del crudo procesado podría ser depositado en el agua residual antes de ser sometido a cualquier tipo de tratamiento. Por lo tanto, el, el efluente producido debe cambiar primero un proceso de separación de agua/aceite (CPI, PPI o API), para la remoción de sólidos y aceite libre, seguido de un tanque de uniformidad.

Este momento suele ser cuando se liberan determinadas cantidades de compuestos orgánicos volátiles. Los métodos para disminuir esta emisión de los separadores API se fundamentan en separar la superficie del separador API de la atmósfera a través (fijas o móviles), disminuir el tiempo de permanencia en la superficie de los hidrocarburos separados (a través del uso de discos oleofílicos u otros sistemas automáticos de separación) y la implementación de sellos de agua en los sistemas de drenaje y alcantarillado, así como la instalación de tapas resistentes al gas en las cajas de conexión del sistema (Valerio, 2011).

2.3.2 Tratamientos físicos.

Son procedimientos destinados para la eliminación de partículas sólidas que están suspendidas en el agua residual de gran tamaño y mediano tamaño, así como los aceites, las grasas y la materia orgánica, pueden considerarse desechos o subproductos en diversos procesos minimizando significativamente el contenido de contaminantes en las aguas residuales a través del uso de pantallas, barreras, segregadores, agrupación y dispositivos de elevación.

El propósito es llevar a cabo estos métodos para facilitar el proceso y ser más rigurosos en los tratamientos que entran en detalle en las aguas residuales, para eliminar grandes cantidades de agua que pueden surgir como obstáculos para los otros tratamientos alternativos (Acevedo, Bedoya, & Calderón , 2022).

En la refinería, el tratamiento inicial de las aguas residuales implica la separación de aceite, agua y sólidos mediante los separadores mecánicos, es fundamental el proceso para eliminar los contaminantes flotantes y sedimentables, protegiendo así la eficiencia de los tratamientos biológicos posteriores, la separación del aceite del agua es un paso importante para así cumplir los límites de descargas establecidos y garantizar un tratamiento correcto de los residuos industriales antes de su disposición final (Torres & Gutiérrez, 2018).

El separador que utilizan en la refinería de la libertad es el separador API. Estas aguas son llevadas por canales hacia un separador Api o “piscina API” para la separación del aceite, para posterior a eso ser desplazadas hacia el mar mediante el único canal. La combinación de petróleo-agua se libera en este mismo separador lo mismo ocurre con las descargas de aguas de los depósitos de almacenamiento, que tras pasar por otro separador API estas son evacuadas directamente al mar por el mismo canal.

Por lo general, la salinidad de estas aguas es elevada de un 30 a 35%, alcanzando niveles parecidos a los de las aguas marinas, ya que las aguas empleadas en el proceso son provenientes de este medio. Las aguas evacuadas generalmente pueden tener niveles más altos, ya que provienen de la planta desalinización.

Los residuos de la refinería generalmente poseen temperaturas más altas que la del medio que los recibe, lo que impacta de una manera abrupta en la solubilidad del oxígeno, complicando su desplazamiento hacia la atmósfera, intensificando algunas actividades biológicas y así provocando desbalances (Arboleda, 2003).

El separador API es un dispositivo importante en diferentes industrias, como lo son refinerías de petróleo y plantas químicas, para limpiar aguas residuales contaminadas con

aceites y sólidos. Su diseño se basa en una diferencia de densidades entre el agua y el aceite, permitiendo que este salga a flote y se separe del agua mediante un proceso de asentamiento. El nombre “API” proviene de los estándares establecidos por el Instituto Americano de Petróleo, que han guiado el diseño de dichos separadores desde mediados del siglo XX (Torres & Gutiérrez, 2018).

2.3.3 Tratamientos químicos.

Estos procedimientos poseen rasgos químicos y pertenecen a la densidad mineral presentes en el agua que son dañinos para el hombre. En la refinería de La Libertad se utilizan 4 químicos que son los siguientes:

a) Sulfato de aluminio.

Es un clarificante de agua, que se utiliza para eliminar fosfatos, patógenos y otras partículas indeseables. La sal química conocida como sulfato de aluminio está formada por iones de aluminio y sulfato. Su composición química es $Al(SO_4)_3$, indicando que cada molécula posee dos átomos de aluminio y tres grupos de sulfato (SO_4). Esta composición se emplea en una serie de usos industriales y comerciales gracias a sus características químicas y físicas.

Se emplea en el tratamiento de aguas residuales para contribuir a la coagulación y floculación de partículas suspendidas. El sulfato de aluminio se incorpora al agua e interactúa con partículas y sustancias disueltas, facilitando así su agrupación y sedimentación (Ve international chemicals, 2025).

Cuando se mezcla con agua, el sulfato de aluminio adopta diversas formas con distintos niveles de ionización, las cuales pueden atraer contaminantes en el agua y precipitarse, lo que hace sencillo su limpieza. Esta lluvia se denomina sedimentación la fundación Safe Drinking Water detalló que, en su mayoría, las instalaciones de tratamiento municipal utilizan sulfato de aluminio. La aplicación de coagulantes de aluminio puede llevar a niveles de aluminio un poco más elevados en el agua procesada, pero usualmente a niveles seguros. A través de la neutralización de la carga y el floculante en el agua cruda el alumbre elimina: (Sulfato de Aluminio)

- Turbidez.
- Sólidos suspendidos.
- El carbono orgánico total (TOC).
- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO).



Figura 1: Sulfato de Aluminio

Fuente: Maholy López

b) Flocculante.

Los flocculantes son polímeros de alto peso molecular solubles en agua que poseen la habilidad de aglomerar partículas pequeñas y coloides que se encuentran en el agua, generando flóculos de mayor tamaño y de fácil separación. Las poliacrilamidas son las más habituales ya que se fusionan la acrilamida con otros monómeros, la mezcla de estos monómeros catiónicos o aniónicos, además de proporcionarle carga iónica, otorgan al polímero características particulares. En ocasiones también se les llama polielectrolitos. La estructura del polímero puede ser lineal o reticulada y usualmente antes de su uso, deben disolverse en agua para permitir el desarrollo de la cadena polimérica y su capacidad de acción.

Los floculantes en los tratamientos de aguas residuales son cruciales para minimizar el impacto ambiental y facilitar la producción de agua limpia de manera eficiente. Los compuestos químicos específicos son esenciales para fusionar partículas disueltas, ayudando a la distinción entre sólidos y fluidos. Su utilización es crucial en varios dominios industriales, además de controlar la escorrentía urbana e industrial, incluida la minería, la fabricación de papel y la exploración del petróleo (Derypol, 2024).



Figura 2: Recepción de floculante

Fuente: Maholy López

c) Coagulante

En el proceso del tratamiento de aguas residuales, los coagulantes son sustancias químicas empleadas para eliminar los sólidos suspendidos en el agua. El procedimiento de coagulación contrarresta la carga eléctrica negativa de las partículas, provocando una desestabilización de las fuerzas que separan a los coloides. Los coagulantes para el tratamiento del agua están formados por moléculas de carga positiva que al ser incorporados al agua y combinados, consiguen neutralizar la carga existente. Usualmente se utilizan coagulantes orgánicos e inorgánicos o una mezcla de los dos para tratar el agua y eliminar sólidos suspendidos.

Cuando un coagulante inorgánico se introduce en agua con una suspensión coloidal, el ion metálico catiónico del coagulante contrarresta la doble capa eléctrica negativa del coloide. Pasa algo parecido con un coagulante orgánico, aunque usualmente se adquiere la carga positiva a través de un grupo de amina (NH_4^+) vinculado a la molécula. (Floculantes y coagulantes, 2025)



Figura 3: Coagulante

Fuente: Maholy López

d) Dispersante

Los dispersantes son compuestos químicos que se incorporan al agua con el fin de evitar la aglomeración y sedimentación de las partículas en suspensión. Se comportan al romper las fuerzas de atracción entre las partículas, preservándolas suspendidas y favoreciendo su eliminación en las fases subsiguientes del tratamiento de agua. Esta medida es esencial para impedir la creación de depósitos y optimizar la eficacia de los procesos de filtrado y sedimentación (Cynus, 2023).



Figura 4: Adición de dispersantes

Fuente: Maholy López

2.3.4 Tratamientos biológicos.

La biodegradación o tratamiento biológico implica la utilización de microorganismos como bacterias, hongos y plantas para degradar, modificar o eliminar compuestos orgánicos dañinos de productos metabólicos menos dañinos o inocuos. Esta técnica biológica se basa en las acciones catabólicas de los seres vivos, y en consecuencia en su habilidad para emplear los contaminantes como fuente de alimento y energía. Esto es así con los microorganismos, en particular con las bacterias que oxidan el petróleo y lo convierten en dióxido de carbono, agua y energía.

Los procesos de biodegradación de los contaminantes orgánicos difieren dependiendo de la estructura química del compuesto y de las especies de microorganismos que los degradan. La biodegradación puede utilizar organismos autóctonos del lugar contaminando o de otros lugares (exógenos), puede llevarse a cabo in situ o ex situ, bajo condiciones aerobias (con presencia de oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno).

A pesar de que no todos los compuestos orgánicos pueden ser biodegradados, se han utilizado exitosamente los tratamientos biológicos para tratar terrenos, lodos y sedimentos contaminados con hidrocarburos.

La operatividad de este tratamiento se basa en diversos elementos tales como: tipo y volumen del contaminante, la cantidad de nutrientes, la presencia de microorganismos, las condiciones del entorno, temperatura y humedad.

- **Tratamiento “in situ”**, se lleva a cabo donde se ubica el contaminante.
- **Tratamiento “ex situ”**, se lleva a cabo cuando se elimina el contaminante de un lugar inicial, esto conlleva un traslado, manejo y de un centro de tratamiento (Moreno Z. , 2012).

El propósito de los procesos de biodegradación es mitigar la concentración de materia orgánica, mitigar los nutrientes y la eliminación de patógenos y parásitos. En general estos tratamientos consisten en la eliminación de la materia orgánica, ecológica, disuelto y coloidal, lo mismo que la adhesión de sustancias que tienen nutrientes como nitrógeno y fósforo.

2.4. TRATAMIENTO DE AGUAS.

El sistema de tratamiento de la refinería La Libertad cuenta con tres separadores API, conocidos como aljibes y son:

1. Separador API #1 RLL.
2. Separador API #2 CASA BOMBA #2.
3. Separador API #3 CAUTIVO.

- **SEPARADOR API #1**

El sistema también conocido como aljibe principal, RLL recibe aguas residuales de desagües y limpieza de los tanques de crucita, limpieza de la línea submarina, planta universal-Parsons.

El aceite que queda en la parte superior de la piscina es recogido por recolectores que se dirigen a los tanques pulmones, que por medio de bombas eléctricas (son dos), que estas son almacenadas en los tanques de slop 160-85-15-60 y que después de desaguarlo por un tiempo determinado, son almacenados al tanque slop 60, para luego ser enviado a la planta destiladora para su procesamiento o a su vez al tanque 33 para su debido reproceso.



Figura 5: Tanque de Slop #60

Fuente: Maholy López



Figura 7: Tanque de Slop #15

Fuente: Maholy López



Figura 6: Tanque de Slop #85

Fuente: Maholy López



Figura 8: Tanque de Slop #160

Fuente: Maholy López

Cuentan con dos eléctricas las cuales se almacenan el slop en los diferentes tanques antes mencionado, también cuenta con dos bombas neumáticas (bomba loba 1 y 2) de emergencia, que sirven para la recuperación del slop, las utilizamos en caso de que las bombas eléctricas sufran algún desperfecto mecánico o eléctrico.



Figura 9: Bomba Loba 1



Figura 10: Bomba Loba 2

Fuente: Maholy López

Fuente: Maholy López

- **Separador API #2**

Este sistema se lo conoce como aljibe de casa bomba, parecido al aljibe principal, recepta los desagües de los tanques de despacho y limpieza de los mismos, la diferencia del separador principal es que aquí solo se recibe desagüe de tanques de almacenamiento de productos limpios ubicados en refinería La Libertad, cuenta con dos bombas eléctricas, un tanque pulmón, las dos bombas eléctricas trabajan secuencialmente con un tanque pulmón ésta tiene un sistema automático que se activa mediante niveles del separador API #2

- **Separador API #3**

Este sistema se encuentra ubicado en la planta Cautivo, cuenta con un sistema automatizado de separación de hidrocarburo-agua. Contiene tres reservorios, el primero

recibe el agua residual con hidrocarburo de la planta, por densidad se separan, el mismo que está formado por un cubeto de contención de concreto, en caso de derrame, es succionado por el tanquero cisterna, en el interior del cubeto está colocado un cubeto metálico de recolección, por la parte superior queda el aceite el mismo que se dirige al tercer reservorio que sirve de recepción del aceite para luego ser bombeado a los tanques de slop 100 y 102. El segundo reservorio recibe agua residual separada del hidrocarburo, proveniente del primer reservorio y de aguas de lluvias de la planta, está constituido por 6 compartimientos, el primero recibe las aguas, por rebose pasan al segundo compartimiento y el tercer compartimiento por densidad se separa la capa de aceite quedando en la parte superior, por la parte inferior el agua que se dirige al quinto y sexto compartimiento luego es enviado por medio de bomba eléctricas verticales hacia el tercer reservorio sector de piscina de geo membrana. En la cual se realiza tratamiento con bacterias biológicas.

2.5 ETAPAS DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN RLL.

2.5.1 Primera etapa.

SEPARADOR API #1

En la primera etapa se almacena el producto (Slop), en esta etapa ingresan aguas de desaladores, drenajes de tanques, purgas de bombas de planta Universal y Parson que no haya sido procesado en su totalidad. Cabe mencionar que se realiza una limpieza en este sistema de tratamiento de 2 a 3 veces por año.



Figura 11: Separador API #1- Primer Etapa

Fuente: Maholy López

2.5.2 Segunda etapa.

En esta segunda etapa se realiza la recolección de los sedimentos de hidrocarburos, de drenajes de tanques, purgas de bombas de las plantas Parson y Universal, desarenados de las plantas. Una CIA en específico es encargada de realizar aquella limpieza, drenan el agua, y el slop es enviado a los tanques de reservorio de API #1 y se recolectan los sedimentos, se remueven con aserrín y los colocan en sacos o tanques, los llevan a un lugar que se llama la landfarming donde se tratan dichos lodos, son derivados a otra CIA donde los incineran.



Figura 12: Separador API #1- Segunda Etapa

Fuente: Maholy López

2.6.3 Tercera etapa.



Figura 13: Mini Separadores API-1C

Fuente: Maholy López



Figura 14: Separador API #1- Tercer Etapa

Fuente: Maholy López

En esta tercera etapa se realiza la inyección de químicos para mitigar la contaminación que se pueda generar en las descargas, ya que esas descargas van a los mini separadores que se encuentran a una distancia de 500 metros. Estos mini separadores fueron creados con la finalidad de continuar con los procesos “de no contaminación hacia el mar” posterior a eso las descargas van directamente hacia al mar.

En esta etapa se usa los siguientes químicos: sulfato de aluminio, coagulante, floculante y dispersante cada químico cumple una función. El dispersante se encarga de eliminar todos los aceites que se puedan observar, ésta dispersa las películas de los hidrocarburos y encapsula todos los aceites para enviarlos hacia el fondo del separador, en caso de que el agua este de color oscura se utilizan dos químicos que son el floculante y coagulante los dos químicos a la misma vez, posterior a eso para clarificar el agua se utiliza el sulfato de aluminio en polvo, esta se diluye en unos recipientes (tanques) y posterior a eso se lo coloca en la última etapa.

2.5.4 Cuarta etapa.

En esta etapa llegan las aguas que provienen del separador API #1, la razón por la fueron creados es para almacenar cualquier película de hidrocarburo que haya podido pasar desde API 1 y a su vez se recolectan por medio del tanquero cisterna, que pertenece al departamento de seguridad industrial.

Su estructura es como la del separador API 1 pero en dimensión pequeña. De aquí las aguas residuales industriales van directamente hacia el mar, están en constante revisión por el personal de operadores de separador API #1, como anteriormente se describe, es un área de alto impacto ambiental.



Figura 15: Descargas hacia al mar

Fuente: Maholy López

2.6. SEPARADOR API #2 - TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

En la **figura 16** observamos el separador 2, su estructura es la misma que la del separador 1, lo que cambia en este separador es que recibe drenajes de casa bomba 1. La separación del API #2 es por decantación en la última etapa se realiza el mismo procedimiento de inyección de químicos, pero solo se utiliza dispersante.



Figura 16: Separador API #2

Fuente: Maholy López

En la **figura 17** observamos que llegan las descargas de los mini separadores, aljibe 1 y aljibe 2, se destaca que son aguas previamente tratadas y libres de hidrocarburos. Esta área está en constante revisión por: El supervisor y los operadores de separadores API.



Figura 17: Descarga de aguas residuales al sector carioca

Fuente: Maholy López

2.7. SEPARADOR API #3 - CAUTIVO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

En la **figura 18** observamos una estructura metálica dividida en su interior por placas corrugadas de un material plástico, las cuales tienen orificios y realizan la separación de agua e hidrocarburos. A esa estructura se la denomina CPI las cuáles ingresan purgas de bombas y drenajes de tanques de planta cautivo.



Figura 18: Separador API #3-CPI

Fuente: Maholy López

En la **figura 19** se encuentra el separador nuevo, tiene una estructura en forma de cubo la cuál tiene dos etapas: la primera etapa recibe agua que proviene del CPI y pasa a la segunda etapa por rebose, posterior a eso por medio de bombas pasa al separador viejo como se muestra en la **figura 20**.



Figura 19: Separador nuevo

Fuente: Maholy López



Figura 20: Separador viejo

Fuente: Maholy López

El separador viejo como se ve en la **figura 20** se divide en 6 etapas pequeñas las cuales se comunican entre sí por medio de una tubería metálica de cuatro pulgadas y en cada etapa se va quedando las películas aceitosas de hidrocarburos hasta llegar a la última etapa. En esta etapa se realiza el tratamiento de dichas aguas residuales y después de la sexta etapa se envía por medio de bombas verticales hacia piscina de geomembrana para su tratamiento con bacterias y eliminación de fenoles.



Figura 21: Piscina de geomembrana

Fuente: Maholy López

En la **figura 21**, se visualiza la piscina de geomembrana, donde se realiza el tratamiento con bacterias y melaza las cuales sirven para la eliminación de fenoles, se encuentra en constante inyección de aire, Esto sirve para que las bacterias permanezcan vivas y realicen su función. Luego de esto el departamento de protección ambiental realiza los análisis de agua y da la orden para la debida descarga hacia al mar. Este proceso en que las bacterias realicen la eliminación de fenoles dura un estimado de 5- 6 días para su análisis.



Figura 22: Etapas Mini separadores API #3

Fuente: Maholy López



Figura 23: Mini separadores API #3

Fuente: Maholy López

En estas dos figuras se logra apreciar la descarga de piscina de geomembrana del separador Api #3 ubicados en cautivo que reciben la descarga de geomembrana, tiene una estructura de hormigón y 3 compartimentos que se comunican entre sí por medio de una línea PVC de 4 pulgadas. Se construyó con la finalidad de retener el paso de agua contaminada si este fuese el caso y posterior a eso poder tratar en el sector antes mencionado.



Figura 24: Línea de descarga de cautivo

Fuente: Maholy López.

Ésta es la línea de descarga donde se receptan las aguas que llegan desde piscina de geomembrana cabe recalcar que este proceso se lo realiza cada 15 días aproximadamente, no es constante la descarga.

2.8. LIMPIEZA DE SEPARADOR API#1, API#2, API#3.

En esta limpieza se bajan los niveles de aguas he hidrocarburos en su totalidad y se deja solo los lodos que a su vez son recolectados por una empresa contratista. En todas las etapas se realiza el mismo procedimiento, se recalca que las limpiezas se realizan de 2 a 3 veces al año en cada separador.



Figura 25: Colocación de aserrín para sacar sedimentos en API #1

Fuente: Maholy López

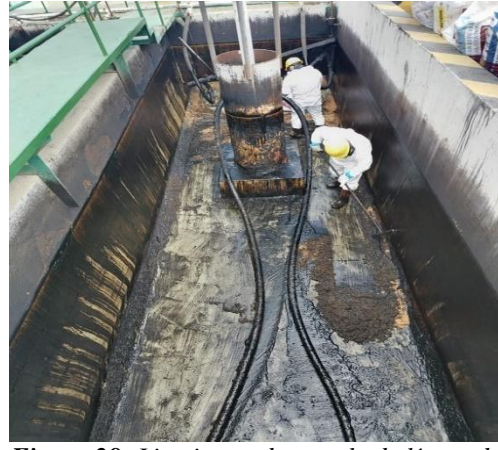


Figura 28: Limpieza y desacople de líneas de recolección de hidrocarburos en API #2

Fuente: Maholy López



Figura 26: Retiro de sedimentos en API #1

Fuente: Maholy López



Figura 29: Recolección de sedimentos en tanques metálicos en API #2

Fuente: Maholy López



Figura 27: Separador API #1 limpio

Fuente: Maholy López



Figura 30: Estructura del separador API #3

Fuente: Maholy López



Figura 31: Separador API #3 limpio

Fuente: Maholy López

2.9. IMPORTANCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Erradicar los elementos catalogados como contaminantes o impactos negativos para el entorno y mejorar la calidad del agua que se suministra a las plantas normativas legales, salvaguardar la salud y fomentar el entorno de la sociedad en general.

El regreso de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos transforma en personas directas o indirectas de estas, y conforme la población asciende, asciende la demanda de suministrar el sistema de tratamiento o renovación que faciliten la eliminación de los peligros para la salud y la reducción de los perjuicios del entorno. El propósito del tratamiento de las aguas residuales es eliminar los agentes patógenos excretados y de esta manera poder prevenir la propagación de dichas enfermedades (Galviz & Rivera, 2013).

Se elige un sistema de tratamiento de aguas residuales en función de los objetivos establecidos para eliminar las impurezas, hay diversos sistemas de tratamiento que involucran procesos biológicos, procesos fisicoquímicos y algunas veces ambos. Los sistemas de tratamiento se denominan según el principio de un funcionamiento, por ejemplo, lodos, lodos activados, zanjas de oxidación, espacios anaeróbicos, película estable, entre otros elementos.

2.10. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Como es cierto las aguas residuales influyen de manera menor o mayor en la calidad del agua que las recibe, debido a las características que esta tiene, su impacto variará según el tipo de agua residual evacuada y el tipo del cuerpo receptor. Por ejemplo, en el sector

de la Carioca del cantón de La Libertad justo al borde de la playa a escasos metros, existe dos canales de drenaje y son tipo industrial dado que la fuente de origen es el mar mismo se podría decir que no habría mucha contaminación seria mínima.

Si examinamos bien, existe un pequeño grupo de residentes que llevan a cabo sus actividades de pesca, turismo y han residido ahí durante décadas, realmente hay contaminación ya que estos habitantes la perciben y sufren las consecuencias que posterior a eso se manifiestan en su bienestar (González, 2015).

2.10.1 Características de la importancia en aguas residuales.

De acuerdo con las fluctuaciones en las descargas de aguas residuales, el tipo de sistema de alcantarillado, y las costumbres que la población tiene, el funcionamiento de las industrias, el clima, también existen caudales que varían a ciertas horas de mayores descargas o en épocas de temporadas altas. Según lo expone Jairo Alberto Romero Rojas, quien señala que los flujos más bajos son durante las primeras horas de la mañana de 02h00 a 5h00. Generalmente se presentan de 07h00 a 10h00 y de 15h00 a 16h00, pero la existencia de lluvias también provoca que este flujo cambie, lo cual depende de la estación.

En el contexto que abarca este estudio, las descargas industriales no terminan en este punto, lo que sugiere que, indudablemente, hay un impacto mínimo en el buen vivir de los residentes del sector La Carioca del cantón La Libertad, afectando así su salud (González, 2015).

2.10.2. Efectos de la contaminación del agua en el medio ambiente.

Las aguas residuales industriales sin tratamiento, saturadas de nitrógeno y fósforo en exceso, ponen en peligro los ecosistemas marinos mediante un proceso perjudicial conocido como eutrofización. Esta acumulación excesiva de nutrientes fomenta el crecimiento acelerado de algas que agota los niveles de oxígeno, perjudica la biodiversidad y perjudica a sectores como la pesca. No obstante, las técnicas sostenibles de manejo de desechos pueden interrumpir este ciclo, salvaguardando nuestros mares y océanos de impactos tan destructivos.

La polución acuática puede originarse tanto de fuentes naturales como de acciones humana. Hoy en día, el más importante, sin duda, es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización implican un incremento en el consumo de agua, una considerable producción de desechos, muchos de los cuales acabarán en el océano, y la

utilización de sistema de transporte por ríos y canales marítimos que a menudo provocan la polución de las aguas (Genesis Water technologies , 2023).

2.11. ¿QUÉ ES EL SLOP?

Uno de estos derivados es el aceite slop, también se lo conoce como producto de cola slop. Este subproducto se produce mediante los siguientes procesos:

- En el proceso de preparación de los depósitos de crudo para su suministro a la planta, se lleva a cabo el drenaje de agua. La red aceitosa recibe agua con residuos de hidrocarburo.
- Desecho de hidrocarburos de las corrientes de operación por diversas razones, como, por ejemplo, combustible contaminado, interrupción del servicio debido al mantenimiento de equipos estáticos o rotativos. Estas corrientes son llevadas a la red de combustible.

Textualmente la palabra slop se refiere al “derrame” o “vertimiento”, aunque la relación a los hidrocarburos, las refinerías a escala global denominan con este nombre porque yace de una combinación de productos de baja calidad o contaminados, producidos por los procesos en las distintas instalaciones de refinación y petroquímica. Su composición es bastante variada ya que depende de las condiciones climáticas, la relación y tipo de productos que conforman: de ahí que no sea posible calcular la gravedad API.

En cambio, la actividad de exploración y explotación de hidrocarburos, el aceite de slop se clasifica como una emulsión, producida por la combinación de agua con hidrocarburos.

El propósito principal en el proceso de deshidratación del slop es la separación de agua ya sea libre o emulsionada, dado que la última posee sales inorgánicas. Es necesario alcanzar un proceso de deshidratación de slop óptimo:

- Inicialmente la división del agua.
- División de los sedimentos.
- Definición precisa de la interfase entre el agua y el slop.
- Velocidad máxima y separación.
- Cantidad mínima de aceite en el agua disuelta.
- Costo mínimo del procedimiento, que incluya reducir los contaminantes ambientales y maximizando el rendimiento productivo (Chico, 2015).

2.12. NORMATIVAS Y REGULACIONES AMBIENTALES

2.12.1. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO 5667-1:2014- guía para el diseño de los programas de muestreo y técnicas de muestreo.

El conjunto de estándares UNE-EN ISO 5667 se centra en la calidad del agua y se detalla varios elementos del muestreo de agua, la serie ISO 5667 es amplia y abarca una gran variedad de aspectos y tipos de muestreo del agua, que incluyen, entre otros, el agua para el consumo humano, aguas superficiales, industriales y de enfriamiento subterráneas, para microbiología, residuales o marinas.

Estas normas son cruciales para garantizar que el muestreo de agua se lleva de una manera constante y fiable, lo cual es importante para evaluar la calidad del agua en distintos escenarios, tales como la vigilancia del medio ambiente, la normativa de la calidad del agua para el consumo, el tratamiento de aguas residuales y la investigación científica.

La UNE-EN ISO 5667-1 establece los principios e indica las principales pautas generales para la aplicación de programas y métodos del muestreo de agua, que abarca las aguas residuales, lodos, efluentes, sólidos suspendidos y sedimentos (Higiene Ambiental, 2022).

Existen otros aspectos, que la normativa aborda:

- La elaboración de programas de muestreo: metales globales, consideraciones particulares sobre la viabilidad, y determinación del punto de muestreo.
- Aspectos y circunstancia que influyen en el muestreo.
- Periodo y regularidad del muestreo: sistema de administración de la calidad del agua, sistema de la descripción de la calidad, sistema de estudio de las causas de contaminación, implementación de programas de muestreo, variaciones aleatorias y sistema de calidad del agua.
- Técnicas de muestreo actuales: muestras puntuales, muestras periódicas (discontinuas), muestras tomadas en continuo, muestras tomadas en series, compuestas y de gran volumen.
- Transmisión y almacenaje de muestras al depósito o al laboratorio y su preservación en estas áreas.
- Reconocimiento y evidencia de las muestras.

2.12.2. Calidad del agua: UNE-EN ISO 5667-3 conservación y manipulación de las aguas.

La UNE-EN ISO 5667-3 determina las normas generales para el muestreo, la preservación, el manejo el traslado y almacenaje de cualquier tipo de muestras de aguas diseñadas para la realización de análisis fisicoquímicos, hidrobiológicos y microbiológicos, además de la identificación analitos radioquímicas y su actividad.

El informe es específicamente pertinente para cuando las muestras no pueden ser analizadas en el lugar y necesitan ser llevadas a un laboratorio para su respectivo estudio, este texto deberá incluirse en conformidad con la norma ISO 5667-1, que se encarga del diseño de programas de muestreo y de las técnicas de muestreo.

Las modificaciones principales con respecto a la edición anterior es la siguiente:

- La especificación técnica ISO/TS-25 se ha incorporado como guía, facilitando directrices acerca de la validación de los periodos de almacenamiento de muestras de agua.
- Se ha incorporado un esquema referente a la preservación y almacenaje de muestras de aguas.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se centra en la investigación aplicada, descriptiva y evaluativa ya que busca evaluar el sistema de tratamiento que usan en la actualidad aquí en la refinería de La Libertad.

- **Aplicada:** en este tipo de investigación se lo conoce como práctica o empírica, se distingue por su enfoque en la implementación o uso de los conocimientos logrados. Esta investigación aplicada tiene una estrecha relación con la investigación básica, ya que se basa en los resultados y avances de ésta última, dado que cualquier investigación que sea aplicada necesita de un marco teórico. No obstante, en una investigación empírica, lo que más le importa al investigador son los efectos prácticos. Si un estudio aborda cuestiones tantas prácticas, se les denomina automáticamente mixta. En realidad, es una amplia variedad de estudios que influyen en la naturaleza de las actividades fundamentales y de las aplicadas (Narváez & Villegas , 2014). Busca generar un conocimiento totalmente relativo para un mejoramiento en el desempeño del sistema de tratamiento (SISTEMA API) de las aguas oleosas.
- **Descriptiva:** en un estudio de segundo nivel, inicia, cuyo propósito principal es recolectar datos e información acerca de las características, propiedades, aspectos o dimensiones de los individuos, agentes e instituciones de los procesos sociales. Un análisis descriptivo establece y guía sobre la forma de ser de los objetos (Nicomedes, 2018). Se enfoca en determinar las condiciones actuales de operaciones que tiene la refinería de La Libertad referente al sistema de tratamiento que utilizan hasta la actualidad.
- **Evaluativa:** la evaluación define estándares precisos y definidos que aseguren el éxito del proceso la cual sigue una secuencia sistemática de información, demostraciones y declaraciones de cierto grupo representativo de las audiencias que constituyen el programa u objeto de evaluación, convierte estos datos en

expresiones. (Correa, Puerta , & Restrepo, 2019). Busca evaluar y analizar el sistema de tratamiento, en base a datos operativos, resultados de los análisis de las aguas residuales y comprobar si ésta cumple con los estándares vigente del medio ambiente.

3.2. ENFOQUE

El enfoque de esta investigación es la evaluación del sistema de tratamiento y recuperación de las aguas oleosas en la refinería de La Libertad de forma mixta, de manera que, el enfoque de esta investigación será de forma experimental, implicando la manipulación de variables, muestras y el entorno en la cual se llevará a cabo las pruebas de laboratorio (Figueroa & Tomalá, 2024).

Este enfoque permite la evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales (SISTEMA API) en la remoción de contaminantes y residuos petrolíferos de la Refinería de La Libertad a través de técnicas analíticas estandarizadas. Además de eso facilita una base objetiva para mejorar el sistema de tratamiento de las aguas residuales.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población.

Es el conjunto de individuos u objeto sobre los cuáles se busca obtener información en un estudio. El universo o población pueden conllevar individuos, animales, registros médicos, nacimientos, muestras de laboratorio etc., (López, 2012).

La población en este estudio se centra en el conjunto de separadores API las cuales son: **Separador API #1** con una capacidad de 1000 metros cúbicos, **Separador API #2** con una capacidad de 500 metros cúbicos y el **Separador API #3** con una capacidad 300 metros cúbicos.

3.2.2. Muestra.

Es un subconjunto o área del universo o población donde se efectuará el estudio, la muestra representa una parte de la población.

Para el presente estudio se empleó el muestreo aleatorio simple perteneciente a las técnicas de muestreo probabilístico, este tipo de muestreo garantiza que todos los individuos que conformen la población tienen la oportunidad de ser incluidos en la muestra (Otzen & Manterola, 2017). Para este caso se toma una pequeña muestra de 500ml de las aguas residuales previamente tratadas para posterior a eso realizar el análisis correspondiente y verificar si cumple con las normativas ambientales vigentes.

3.4. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS OPERATIVOS

3.4.1. Muestras de aguas.

En esta parte se realiza un muestreo sistemático para analizar los parámetros establecidos tales como: potencial hidrógeno, conductividad eléctrica, TPH (hidrocarburos totales), DBO (demanda química de oxígeno), ST (sólidos totales) etc.

3.5 SUMARIO DEL FUNDAMENTO TEÓRICO Y SIGNIFICADO TÉCNICO DE CADA PARÁMETRO.

3.5.1. Temperatura.

La temperatura es un criterio sencillo y relevante, ya que muchos de los procesos químicos y biológicos del río están influenciados por ella. Tiene un impacto en el contenido de oxígeno del agua (el agua pierde oxígeno conforme la temperatura aumenta), en la proporción de fotosíntesis de las plantas acuáticas, en el metabolismo de los seres acuáticos y a la perceptibilidad de los organismos a desechos tóxicos parásitos y enfermedades. Los macroinvertebrados benthicos son simultáneamente perceptivo a las temperaturas y especies se trasladarán dentro de la corriente para hallar su temperatura ideal.

Varias causas influyen en la temperatura del agua: la temperatura atmosférica, la temperatura del agua subterránea, escorrentías y descargas, turbidez y exposición al sol.



Figura 32: Medición de temperatura

Fuente: EPP PETROECUADOR

3.5.2. Potencial hidrógeno, pH.

La concentración de iones de hidrógeno es un indicador crucial de calidad, para el caso de aguas naturales como de aguas residuales. La amplitud de concentraciones óptimo para una correcta proliferación y progreso de proliferación y evolución de la mayoría de las especies biológica es esencialmente preciso y crucial. Las aguas industriales contaminadas tienen la capacidad de alterar el pH de las aguas naturales.



Figura 33: Medición de pH

Fuente: EPP PETROECUADOR

3.5.3. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).

La demanda química de oxígeno (DQO) se describe como el volumen de un oxidante particular que interactúa como una muestra bajo las condiciones estandarizadas, el consumo de oxidante que establece una relación a la equivalencia en oxígeno.

En los laboratorios, el análisis es una prueba frecuentemente empleada, utilizado para medir el nivel de contaminación de las aguas por materia orgánica, no obstante, este método es crucial, produce un residuo líquido identificado como riesgoso por su bajo pH y altas concentraciones de plata (Ag), mercurio (Hg), y cromo (Cr) (Mañuga, Gutiérrez, Rodríguez, & Villarreal, 2010).



Figura 34: Medición de DQO.

Fuente: EPP PETROECUADOR

3.5.4. Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica se refiere a la medición de la capacidad del agua para trasladar o enviar la corriente eléctrica. La conductividad del agua se ve influenciada por la existencia de sólidos inorgánicos disueltos, tales como aniones, cloruros, nitratos, sulfatos y fosfatos (iones con carga negativa), o cationes como el sodio, magnesio, calcio, hierro, y aluminio (iones con carga positiva). Compuestos orgánicos como el aceite, el petróleo, los fenoles y los alcoholes, al igual que los iones, presentan una conductividad baja cuando se encuentran en el agua. De cierta manera la temperatura influye en la conductividad, un aumento en la temperatura del agua esta eleva la conductividad, por lo tanto, se reporta la conductividad a 25 °C.



Figura 35: Medición de conductividad eléctrica.

Fuente: EPP PETROECUADOR

3.5.5. Determinación de sólidos totales.

Los sólidos totales representan un conjunto de partículas que se refieren a los sólidos disueltos (señalan salinidad), suspendidos (señalan turbidez) y sedimentables (se depositan debido a la gravedad) en el ámbito terrestre. Los sólidos tienen la capacidad de impactar de una forma adversa en calidad del agua o su provisión de diversos modos, esta se utiliza como un elemento de calidad del agua, también se utiliza la gravimetría para la determinación, o sea, se pesa la materia seca que se queda tras la evaporación de cierto volumen de agua determinado.



Figura 36: Determinación de sólidos totales.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

3.5.6 Hidrocarburos totales de petróleo (TPH).

En el agua, los hidrocarburos se distribuyen con rapidez debido a la notable variación de densidades entre los dos líquidos, abarcando amplias superficies y complicando, por lo tanto, las opciones de remediación. El TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) es una de las definiciones usualmente realizadas, sin embargo, existe confusión relacionada con los parámetros exactos que se están midiendo.



Figura 37: Medición de TPH.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

3.5.7. Metales traza (ba, cr, pb, v).

En numerosas aguas superficiales, los metales, como lo son usualmente en cantidades reducidas (niveles de trazas), son componentes relevantes. Varios de estos metales ya se encuentran clasificados como contaminantes del primer nivel, no obstante, algunos de estos compuestos son fundamentales para el desarrollo común de la vida biológica, dado que forman parte del centro catalítico de las enzimas u otros compuestos esenciales. La existencia de cualquiera de estos metales puede alterar las funciones biológicas e interferir con el uso del agua.

- **Bario:** los niveles en el entorno son reducidos, estos compuestos que tiene el Bario gracias a la solubilidad que tiene pueden llegar a grandes distancias desde sus lugares de emisión. Cuando los seres acuáticos asimilan estos componentes, este se acumula en sus organismos. Estos componentes persisten, que suele quedarse en la superficie del terreno o en los sedimentos de las aguas, el consumo excesivo puede causar parálisis y en otras circunstancias la muerte.

- **Cromo:** Es un componente crucial para los seres vivos que puede llegar a alterar el metabolismo y azúcar causando trastornos cardíacos, cuando la dosis es baja. El cromo es uno de los metales más tóxicos para las especies, tiene la capacidad de modificar el material genético y provocar cáncer. No es conocido que el cromo se acumule en los peces, sin embargo, debido a que tiene presencia de metales en las aguas superficiales, las elevadas concentraciones de cromo pueden causar problemas respiratorios, su escasez podría provocar enfermedades, anomalías natales, infertilidad y aparición de problemas de reproducción de tumores.
- **Plomo:** la corrosión de las tuberías puede permitir que el plomo ingrese al agua potable, esto suele suceder cuando el agua presenta una leve acidez y por tal motivo los sistemas de tratamientos de aguas públicas actualmente necesitan realizar ajustes al pH del agua que es apta para el consumo.
- **Vanadio:** puede hallarse en el entorno, en algas, vegetación, invertebrados, peces y numerosas otras especies. El vanadio provoca la inhibición de varias enzimas en animales, lo que repercute en diversos efectos neurológicos, ubicado cerca de los efectos el Vanadio en los sistemas neurológicos puede ocasionar graves trastornos respiratorios, parálisis e impactos perjudiciales en el hígado y los riñones.



Figura 38: Metales trazas.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

3.5.8. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).

Los hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAPs) representan una gran variedad extensa de sustancias químicas diferentes que se generan durante la combustión incompleta.

Los HAPs se suelen representar como una combinación de dos o más sustancias. Los HAPs se introducen en el aire y luego se unen a partículas en polvo para finalmente llegar al agua superficial donde no se disuelven completamente, es posible está expuesto a HAPs al inhalar aire contaminado, y la utilización del agua contaminada, entre otras maneras. Diversas investigaciones han establecido que es sensato anticipar que ciertos HAPs son carcinogénicos. Para identificar los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), se emplea el método cromatografía de gases o líquidos (HPLC).



Figura 39: Determinación de HAPs.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

3.5.9. Determinación del nitrógeno total.

Los procesos de refinación presentan aportes significativos de nitrógeno al entorno de diversas maneras, el nitrógeno es un nutriente imprescindible para plantas y animales, y también es imprescindible las plantas para el desarrollo de proteínas. El nitrógeno se reutiliza de manera constante por plantas y animales, así constituyendo un ciclo, se presenta en diversas formas en los ecosistemas tanto en terrestre como acuáticos. La mayor parte de modificaciones de este ciclo se realiza mediante bacterias a través de diversos procedimientos distintos.

En el procedimiento Kjeldahl (para identificar nitrógeno), los compuestos nitrogenados presentes en la muestra se degradan con ácido sulfúrico concentrado en caliente, resultando en la transformación del nitrógeno. La gran parte de estos grupos orgánicos en amonio con nitrógeno. Una vez finalizada la descomposición, la disolución se refrigera, se diluye y se alcaliniza a través del hidróxido de sodio concentrado. Se destila y se adsorbe el amoníaco liberado en una disolución de concentración determinada de ácido bórico.



Figura 40: Determinación de nitrógeno total.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

3.5.10. Determinación de fenoles.

Los fenoles son sustancias aromáticas distinguidas por poseer uno o más grupos de hidroxilo que se encuentran vinculado directamente al anillo aromático. Usualmente se les conoce como descendiente del miembro más simple de la familia, el fenol. La descarga al entorno de fenoles puede ocasionar la filtración en las cadenas de alimentación. Los fenoles son tóxicos, no obstante, la mayoría de los efectos se enfocan en reducir la producción de ATP y ATP. La separación de la fosforilación oxidativa, pese a que no influye en la fosforilación de otros sustratos.



Figura 41: Determinación de fenoles.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

3.6. OBSERVACIÓN DE CAMPO

Es una técnica importante para nuestra investigación ya que se podrá evaluar de manera directa la efectividad del sistema de tratamiento de aguas residuales, esto implica que el operador presente o cualquier otra persona podrá presenciar lo que ocurra en este momento y tomar datos en tiempo real de aquel acontecimiento. La ventaja será una mayor precisión de la infraestructura y equipos, las operaciones y mantenimiento, la calidad del agua, de esta manera permitirá recopilar datos precisos y detallados, una mejor comprensión tener en claro los posibles problemas o deficiencias en este sistema de tratamiento (SISTEMA API).

3.7. PROCESOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Toma de muestras de efluentes.

Se recolectan muestras de las descargas hídricas industriales que desfogan en el sector carioca, las mismas que se realizan diariamente, para su análisis pertinente. Dichos análisis se los recolecta en un recipiente transparente de 500ml que posterior a eso, lo llevan al laboratorio para su debido análisis.

3.8. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos que se obtendrán tras realizar los respectivos análisis serán utilizados para comparar y hacer énfasis si estos datos cumplen con los límites establecidos en las normas ambientales, posterior a eso con los datos que se obtiene se realizarán gráficos y tablas para poder representar la variabilidad y eficiencia del sistema API y así poder identificar cualquier anomalía que ésta tenga.

3.9. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación del sistema de tratamiento (Sistema API) (Instituto Americano de Petróleo) de la refinería de la libertad se enfoca en establecer la eficiencia operacional, técnica y ambiental para el tratamiento y recuperación de aguas oleosas producidas en los procesos industriales del petróleo. Este sistema de tratamiento es esencial en la remoción de contaminantes, por ende, los parámetros de evaluación deben ser minuciosos, en concordancia con las regulaciones ambientales y adecuados a las condiciones locales del funcionamiento.

3.10. PROPUESTA DE MEJORA Y CONCLUSIONES

La propuesta de mejora y optimización del sistema de tratamiento y recuperación de aguas oleosas en la Refinería La Libertad tiene como finalidad elevar la eficiencia operativa del proceso, garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y minimizar el impacto ecológico.

Los resultados que se espera de este análisis es que sean favorables para el sistema API que es el que se está evaluando y tener un mayor conocimiento si es eficiente en su totalidad para la remoción de aceites y grasas, si cumplen con los estándares establecidos, si no incumplen ninguna norma ambiental vigente.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. EL MONITOREO AMBIENTAL

Con fecha 01 de abril del 2020 se publica en el registro oficial N°. 174 el acuerdo ministerial. 100-A “Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador” en el cual se establecen nuevas disposiciones en lo referente a frecuencias y condiciones de monitoreo para las actividades hidrocarburíferas.

4.2 MONITOREO Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

Art. 59. Monitoreo ambiental interno.- El operador realizara el monitoreo ambiental interno de las emisiones a la atmosfera, ruido ambiente, aguas superficiales y subterráneas, descargas líquidas, lodos y ripios de perforación, suelo, sedimentos y componentes bióticos, conforme su plan de manejo ambiental y la periodicidad establecida en este reglamento.

Art. 61. Puntos de monitoreo.- El operador presentara a la autoridad ambiental competente la identificación de los siguientes puntos de monitoreo como parte del plan de monitoreo y seguimiento del plan de manejo ambiental : emisiones gaseosas , ruido ambiente PCA, agua, descargas líquidas , lodos ripios de perforación , suelo y puntos de monitoreo biótico, según los formatos incluidos en la norma técnica para la regularización ambiental , por tanto su aprobación será conjunta con el estudio ambiental que corresponda.

Art. 62. Condiciones del monitoreo ambiental.- Las condiciones para ejecuta el monitoreo serán.

1. La toma de muestra en los puntos de monitoreo aprobados de: aire, emisiones a la atmosfera, ruido ambiente, aguas superficiales y subterráneas, descargas líquidas, suelo, sedimento será realizado por antes acreditados ante la autoridad competente o mediante equipos q cuenten con la certificación del fabricante respecto de las condiciones de diseño y uso previsto hasta que se logre su acreditación.
2. Los análisis serán realizados con laboratorios acreditados ante la autoridad competente, en todos los parámetros físicos – químicos y microbiológicos a reportarse, cuyo límite de detención, del método de análisis, debe ser menos al límite máximo permisible establecido en las normas técnicas.
3. Los puntos de muestreo deberán cumplir con las características y normas técnicas establecidas en la normativa vigente para el efecto.
4. El muestro de descargas líquidas debe incluir los datos de medición del caudal de descargas.
5. La ejecución del monitoreo biótico se realizará por profesionales en los grupos evaluados flora y fauna (terrestre, acuática, marina), según sea el caso.

Art 63.- Periodicidad del monitoreo y entrega de reporte. – El operador ejecutará el monitoreo ambiental interno conforme a los siguientes períodos de muestreo y reporte:
(...)

Dentro de las disposiciones transitorias se establece las siguientes:

Adicionalmente, se establecen también las siguientes disposiciones transitorias:

PRIMERA: la Autoridad Ambiental nacional en el plazo máximo de seis (6) meses a partir de la fecha de publicación del presente reglamento, emitirá las normas técnicas señaladas en este instrumento. Hasta la emisión de dichas normas, se aplicará lo determinado en el Código Orgánico del Ambiente y su reglamento y en el Acuerdo Ministerial No. 097-A registro oficial No 387 de 4 noviembre de 2015, en lo que fuere aplicable.

TERCERA: para las actualizaciones de los planes de manejo ambiental incluidos como parte de las auditorías ambientales de cumplimiento presentadas por los operadores y que

no hayan sido aprobadas hasta la fecha de vigencia de este reglamento, no corresponderá pronunciamiento por parte de la Autoridad Ambiental Competente, por cuanto han sido elaborados en base de la normativa derogada y su vigencia correría a partir de la fecha de su aprobación, en este sentido se actuará conforme lo que dispone el art. 496 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.

CUARTA: para la implementación de los nuevos equipos e instalaciones de monitoreo ambiental que se derive de la aplicación del presente reglamento, el operador contará con un plazo máximo de un (1) año contado a partir de la emisión de la norma técnica correspondiente. Hasta tanto, el operador deberá continuar con el monitoreo ambiental conforme los parámetros y condiciones establecidas en su plan de manejo ambiental aprobado.

Hasta el momento las normas técnicas señaladas en el RAOHE, Acuerdo Ministerial 100-A no han sido emitidas.

El 14 de mayo del 2020, mediante el siguiente oficio con número PETRO-SSA-2020-0125-O, la EP PETROECUADOR manifestó al Ministerio Ambiente y Agua sobre las restricciones para el debido cumplimiento del Monitoreo Ambiental en función de las nuevas normas establecidas en el reglamento ambiental de operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (Acuerdo Ministerial 10-A); notificando que se aplicarán las disposiciones transitorias cuarta del Acuerdo Ministerial 100-A, para el período de industrialización, refinación, conforme a las condiciones, frecuencias, parámetros y límites permisibles establecidos en el plan de manejo ambiental aprobado, hasta la emisión de normas técnicas y la actualización de los PMA's.

4.3 OBJETIVO DEL SERVICIO

Realizar el monitoreo (diario) de las descargas hídricas y de los puntos de inmisión de la refinería La Libertad, de acuerdo con la establecido en el reglamento ambiental para las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador AM-100-A, considerando la transitoria cuarta del Acuerdo Ministerial 100-A, para el período de industrialización, refinación, conforme a las condiciones, frecuencias, parámetros y límites permisibles establecidos en el Plan de Manejo Ambiental aprobado, hasta la emisión de las normas técnicas y la actualización de los PMA.

4.3.1. Objetivos específicos del servicio.

- Realizar la toma de muestra, preservación, etiquetado y transporte de las muestras de aguas de los distintos puntos de monitoreo (descarga, inmisión).
- Realizar ensayos físicos-químicos de las muestras e informar los datos de manera oportuna.
- Evaluar los resultados obtenidos y compararlos con los límites establecidos en el reglamento ambiental para operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador.

4.4. ALCANCE

El alcance es la toma de muestras y análisis físico químico de muestras provenientes de la descarga y punto de inmisión de la Refinería La Libertad, y que corresponden a lo determinado en las tablas 4a y 4b, que constan en los anexos 2 y 3 del RAOHE, comparados con los límites permisibles de las tablas 2 y 10 del anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A, y cuyo detalle se menciona a continuación:

4.4.1. Parámetros y periodicidad para el monitoreo de descargas hídricas.

Anexo A (RAOHE): parámetros, valores máximos referenciales y límites permisibles para el monitoreo ambiental interno rutinario y control ambiental.

La periodicidad de los muestreos y análisis deberá cumplir con lo siguiente:

- Diario en refinerías y para descargas de perforación durante todo el período de perforación.
- Una vez al mes en todas las otras instalaciones hidrocarburíferas que producen descargas líquidas y en todas las partes de funcionamiento, a excepción de aquellos referidos en el siguiente punto.
- De manera semestral para las etapas, infraestructuras y operaciones de almacenaje, transporte, comercialización, y venta de hidrocarburos que generen descargas líquidas.

4.4.1.2 Descargas.

Para el monitoreo ambiental interno de las descargas hídricas de las instalaciones de refinación en función a lo establecido en el Oficio Nro. PETRO-SSA-2020-0125-O se mantendrán el análisis de los parámetros de las tablas 4a, 4b, 5 y 10 según sea el caso; sin embargo, los resultados del laboratorio serán comparados con los límites permisibles establecidos en las tablas equivalentes del AM-97-A de acuerdo con lo dispuesto por la autoridad ambiental. En lo que concierne a los monitoreos que se realizan en los planes de manejo ambiental (PMA) aprobados, se aplicarán los parámetros que constan en el PMA, pero deberán ser comparados con los límites permisibles establecidos en el A.M. 097-A, en los parámetros que pudiera aplicarse, esto es debido a que no han sido emitidas normas técnicas.

Parámetros de la tabla 4: monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas de efluentes en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos comparados con lo establecido que son los límites permisibles del AM 97-A.

Tabla 1: Punto de descarga de efluente (descargas líquidas).

Parámetro	Unidad	¹Límites de descargas a un cuerpo de agua marina.	²Límites de descargas a un cuerpo de agua marina.	Tabla 4^a. RAOHE 1215
Potencial hidrogeno	u de PH	6-9	6-9	5-9
Conductividad eléctrica	$\mu s/cm$	No aplica	No aplica	<2500
Sólidos totales	mg/L	No aplica	No aplica	<1700
Demanda química de Oxígeno	mg/L	400	600	<120
Bario	mg/L	No aplica	No aplica	<5
Cromo Total	mg/L	No aplica	No aplica	<0,5
Plomo	mg/L	No aplica	No aplica	<0,5
Vanadio	mg/L	No aplica	No aplica	<1
Hidrocarburos	mg/L	20	20	<20
Fenoles	mg/L	0,2	0,2	<0,15
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)	mg/L	40	40	<20

Fuente: EPP PETROECUADOR.

¹Límites de descargas de un cuerpo de agua marina, descarga en zona de rompientes (A.M 097-A).

² Límites de descargas de un cuerpo de agua marina, descarga mediante emisarios submarinos (A.M 097-A).

Tabla 2: Punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).

Parámetros	Unidad	³ Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida	Tabla 4b. RAOHE 1215
Temperatura	°C	No aplica	Máx. 3°C
Potencial Hidrógeno	u de pH	6,5-9,5	6-8
Conductividad eléctrica	$\mu s/cm$	No aplica	<170
Hidrocarburos totales	mg/L	0,5	<0,5
Demanda química de oxígeno	mg/L	---	<30
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	mg/L	No aplica	<0,00030

Fuente: EPP PETROECUADOR.

³ Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestres en aguas dulces, marinas y de estuarios. AGUA MARINA ACUÁTICA Y DE ESTUARIO (A.M. 097.A)

1. A un radio aproximadamente, en comparación con cierto punto significativo en el cuerpo receptor de aguas superior a la entrada del efluente.
2. El cuerpo receptor de un pH natural inferior a los límites fijados es posible reducir los valores hasta este punto, siempre y cuando se haya verificado estadísticamente mediante un seguimiento del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente.
3. El cuerpo receptor muestra una conductividad eléctrica natural que supera los límites fijados, es posible elevar los valores hasta este punto, siempre y cuando se haya verificado estadísticamente mediante un seguimiento del cuerpo receptor en un lugar aguas arriba a la entrada del efluente.
4. El cuerpo receptor mostraría una DBO natural que supere los límites permisibles, es seguro que aumenten los valores hasta el nivel, siempre y cuando se hayan confirmado estadísticamente mediante un control del cuerpo receptor en un punto aguas arriba a la entrada del efluente (Envirotec, 2020).

4.5. PUNTOS DE MONITOREO

Tabla 3: Puntos de monitoreo.

Descripción/sitio	Tabla RAOHE	Tipo de muestra	Parámetros determinados por ejecución directa (LABSSA)
REFINERÍA LA LIBERTAD: Punto de descarga previo al tratamiento físico, químico y biológico.	4a	Efluentes (diario)	Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, TPH, DBO, Fenoles, Sólidos totales, Bario, Cromo, Plomo, Vanadio, Nitrógeno.
	10	(Semestral)	Cloruros, Sulfatos, Fluoruros, Cadmio, Mercurio, Níquel, Selenio, Cianuros libres, Sulfuro de hidrógeno, DBO5, Fenoles
REFINERÍA LA LIBERTAD: Punto de control en el mar, aproximadamente a 300 metros del punto de descarga.	4b	Inmisión (diario)	Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, TPH, DBO, HAPS.
PLANTA CAUTIVO: Punto de descarga previo al tratamiento físico, químico y biológico.	4a	Efluentes (diario)	Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, TPH, DBO, Fenoles, Sólidos totales, Bario, Cromo, Plomo, Vanadio, Nitrógeno.
	10	(Semestral)	Cloruros, Sulfatos, Fluoruros, Cadmio, Mercurio, Níquel, Selenio, Cianuros libres, Sulfuro de hidrógeno, DBO5, Fenoles.
	4b	Inmisión (diario)	Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, TPH, DBO, HAPS.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

4.6 METODOLOGÍA

4.6.1. Tomas de muestras.

El laboratorio de seguridad, salud y ambiental LABSSA realiza la toma de muestras de agua según el instructivo denominado “toma de muestras de agua” IT-01-PG-LABSSA-7.3, enmarcando dentro de las normas y métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales de la American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), y Water Pollution Control Federation (WPCF). Además de cumplir con lo pertinente a este servicio, descrito en las normas INEN correspondientes.

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 5667-1:2014 calidad del agua- muestreo- parte 1: guía para el diseño de programas y técnicas de muestreo (iso 5667-1:2020, idt).
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 5667:2014 agua calidad del agua muestreo.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 5667-3:2014 calidad del agua muestreo parte 3: conservación y manipulación de las muestras de agua (iso5667-3:2012, idt).
- NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

4.7 PROCEDIMIENTO DE CADENA DE ESTUDIO

El propósito de la cadena de custodia es determinar la responsabilidad y registros de trazabilidad sobre la integridad de la muestra, desde el momento en el que la muestra es recolectada hasta la disposición final de la misma.

El laboratorio LABSSA establece todos los datos pertinentes en el formato denominado “solicitud de servicios – toma muestras- custodia”, F-01-PG-LABSSA-7.1, en los cuales se especifica los principales aspectos de la cadena de custodia, definidos normas de referencia como la ASTM D4840-99 (2010): Standar Guide for Sample Chain-of-Custody Procedures.

4.8. MÉTODOS DE ANÁLISIS

4.8.1. Parámetros de campo.

Durante la toma de las muestras de agua, se realizó la medición de parámetros in situ, específicamente temperatura, con termómetros de vidrio calibrados y pH con pH metros de campos calibrados respectivamente.

Tabla 4: Parámetros de campo.

Parámetro Medible	Metodología Analítica	Referencias del Método
Temperatura	Determinación directa con Termómetro para medición graduación 0.1 °C.	APHA/WWA/WEF Standard Methods No. 2550 B
pH	Determinación con potenciómetro, electrodo.	SM 4500 H+B/PA-LABSSA-01.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

4.8.2 Parámetros de laboratorio.

De acuerdo con lo estipulado en el RAOHE 1215 (anexo 5) métodos analíticos, en el cual se dispone que se aplicarán a los métodos de referencias citados en la tabla o equivalentes, estandarizados y publicados por otras agencias o entidades ambientales, la metodología utilizada para cada parámetro, se describen a continuación:

Tabla 5: Parámetros de laboratorio.

Parámetro	Expresado en	Unidad	Método de referencia	Método
Potencial hidrogeno	de pH	----	SM 4500-H*B	PA-LABSSA-01
Conductividad eléctrica	CE	$\mu S/cm$	SM 2510	PA-LABSSA-02
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	EPA 418. 1; APHA 5520	PA-LABSSA-03
Demanda Química de Oxígeno	DBO	mg/l	SM 5220	PA-LABSSA-04
Sólidos Totales	ST	mg/l	SM 2540 B	PA-LABSSA-06Ba
Bario	Ba	mg/l	3111B, D	PA-LABSSA-06Cr
Cromo	Cr	mg/l	SM 3030 B	PA-LABSSA-06Pb
Plomo	Pb	mg/l	SM 3030B	PA-LABSSA-06V
Vanadio	V	mg/l	APHA 3030 B	PA-LABSSA-07
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	C	mg/l	8310	PA-LABSSA-36
Nitrógeno	N	mg/l	SM 4500- EPA 350,2	NC, PA-LABSSA-45
Fenoles	Fenoles	mg/l	SM APHA 5530 C, D	

Fuente: EPP PETROECUADOR.

4.9. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO Y ANÁLISIS

Tabla 6: Identificación del monitoreo de RLL.

Nombre de la Empresa:	EP PETROECUADOR.
Estación	REFINERÍA LA LIBERTAD.
A) Punto de descarga	DESCARGA EN REFINERÍA N°1.
Coordenadas UTM:	17M;510817;09754855.
Descripción:	Punto de monitoreo al final de las trampas API.
Tipo de descarga:	Industrial.
Tratamiento previo a la descarga:	28 m ³ /h Promedio.
Otras características:	Sedimentación, decantación, filtración, floculación. Se descarga aguas industriales y de escorrentías.



Figura 42: Recolección de aguas residuales.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

Tabla 7: Identificación por inmisión en RLL.

Nombre de la Empresa:	EP PETROECUADOR
Estación	REFINERÍA LA LIBERTAD
A) Punto de descarga	INMISIÓN REFINERÍA LA LIBERTAD
Coordenadas UTM:	17M; 511300; 09755943
Distancia del punto de Descarga:	300m del punto de descarga, aproximadamente
Descripción:	Punto de monitoreo en el mar
Caudal promedio:	ND
Condiciones	Cálido - variable
Otras características:	Agua de mar en donde se recibe la descarga industrial.



Figura 43: Punto de monitoreo en el mar.

Fuente: Maholy López.

Tabla 8: Identificación de aguas residuales en Planta Cautivo.

Nombre de la Empresa:	EP PETROECUADOR
Estación	REFINERÍA LA LIBERTAD
A) Punto de descarga (Efluente)	DESCARGA DE PLANTA CAUTIVO
Coordenadas UTM:	17M; 511993; 09755361
Descripción:	Punto de monitoreo al final de las trampas API
Caudal promedio:	30 m ³ /h
Tipo de descarga:	Industrial
Tratamiento previo a la descarga:	Sedimentación, decantación, filtración, floculación



Figura 44: Toma de muestras en cautivo.

Fuente: Maholy López.

Tabla 9: Identificación de aguas residuales en Cautivo.

Nombre de la Empresa:	EP PETROECUADOR
Estación	REFINERÍA LA LIBERTAD
A) Punto de descarga (INMISIÓN):	INMISIÓN PLANTA CAUTIVO
Coordenadas UTM:	9977957 N; 0316156 E;
Descripción:	
Caudal promedio:	Receptor Natural
Condiciones Meteorológicas:	ND
Otras características:	Cálido.



Figura 45: Inmisión de agua en el mar.

Fuente: Maholy López.

4.10. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Tabla 10: Análisis de descarga de Refinería.

NOMBRE DE LA EMPRESA		EP PETROECUADOR - GERENCIA DE REFINACIÓN - REFINERÍA LA LIBERTAD									
PERÍODO / AÑO		FEBRERO // 2025									
NOMBRE DEL LABORATORIO		LABORATORIO DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE - LABSSA - EP PETROECUADOR									
PUNTO DE MUESTREO		DESCARGA – REFINERÍA									
PARÁMETRO	pH	CE	TPH	DQO	ST	Ba	Cr	Pb	V	Fenoles	Nitrógeno
LÍMITE PERMISIBLE (RAOHE)	5<pH<9	< 2500	< 20	< 120	< 1700	< 5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 0,15	< 20
LIMITE PERMISIBLE (A.M. 097-A)	6 - 9	N/A	20	400	NA	NA	NA	NA	NA	0,2	40
FECHA/UNIDAD	(u de pH)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
2025-02-01	7,23	46440,00	<0,20	150	30893	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-02	7,45	46710,00	<0,20	160	28459	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-03	7,30	46830,00	<0,20	166	26666	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-04	7,43	52550,00	<0,20	156	31942	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,05	<6,00
2025-02-05	7,43	46820,00	<0,20	162	28899	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,07	<6,00
2025-02-06	7,30	46850,00	<0,20	140	32158	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,05	<6,00
2025-02-07	7,14	47520,00	<0,20	152	27826	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,05	<6,00
2025-02-08	8,22	47390,00	<0,20	164	30060	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-09	7,28	47370,00	<0,20	156	30020	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,06	<6,00
2025-02-10	7,19	46750,00	<0,20	150	31966	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,05	<6,00
2025-02-11	7,69	50210,00	<0,20	344	37193	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-12	7,76	50220,00	<0,20	316	46480	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-13	7,78	50410,00	<0,20	340	36397	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-14	7,87	50380,00	<0,20	316	37388	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-15	7,80	50380,00	<0,20	344	40645	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-16	7,75	50580,00	<0,20	236	41603	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-17	7,74	50650,00	<0,20	352	31583	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-18	7,73	50510,00	<0,20	348	31207	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-19	7,83	50610,00	<0,20	336	40064	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-20	7,73	50480,00	<0,20	356	38340	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	6,84
2025-02-21	7,82	50540,00	<0,20	316	38208	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-22	7,82	50460,00	<0,20	328	39847	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-23	7,81	50610,00	<0,20	332	37510	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-24	7,81	50350,00	<0,20	372	38360	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-25	7,70	50370,00	<0,20	232	38792	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-26	7,67	50320,00	<0,20	384	36962	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-27	7,84	50360,00	<0,20	356	38293	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-28	7,84	50350,00	<0,20	216	30061	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
PROMEDIO MENSUAL	7,64	49393,57	<0,20	264	34922	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00

NOTA: Los ensayos marcados con "Rojo" se encuentran fuera de los límites permisibles del AM-97A, los ensayos marcados con "Naranja" se encuentran fuera de los límites permisibles del RAOHE 1215.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

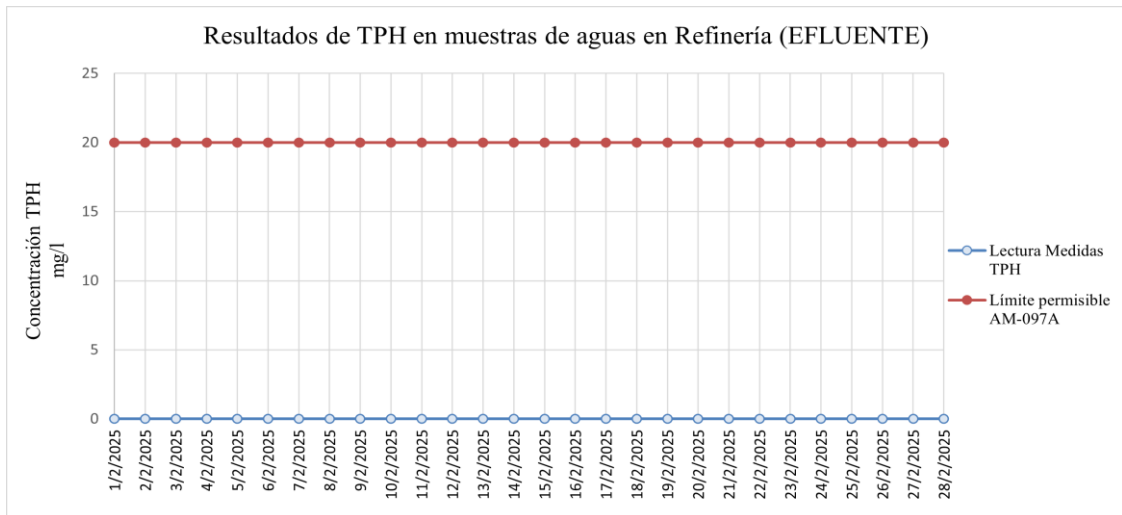


Figura 46: Resultados de TPH.

Elaborado por: Maholy López.

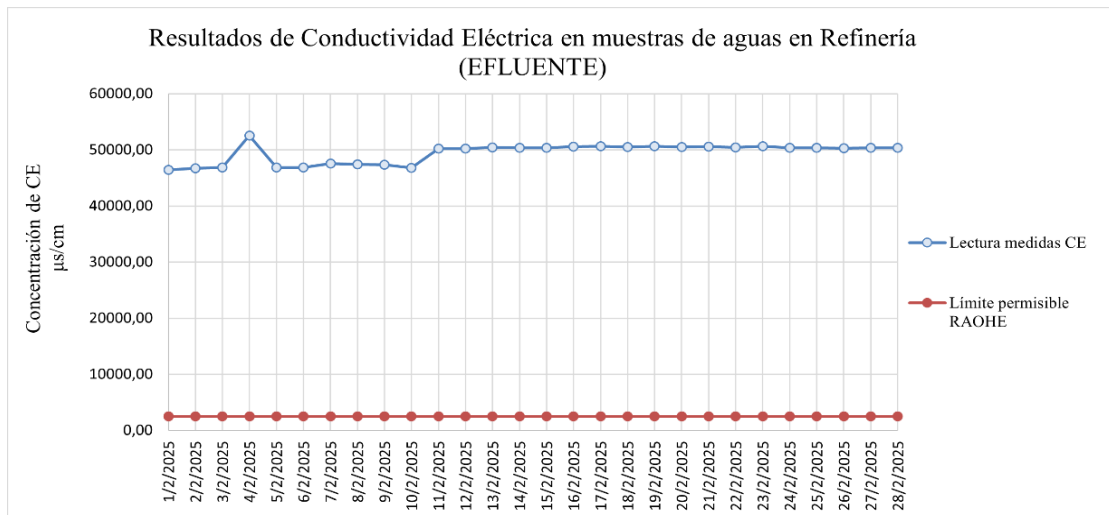


Figura 47: Resultados de CE.

Elaborado por: Maholy López.

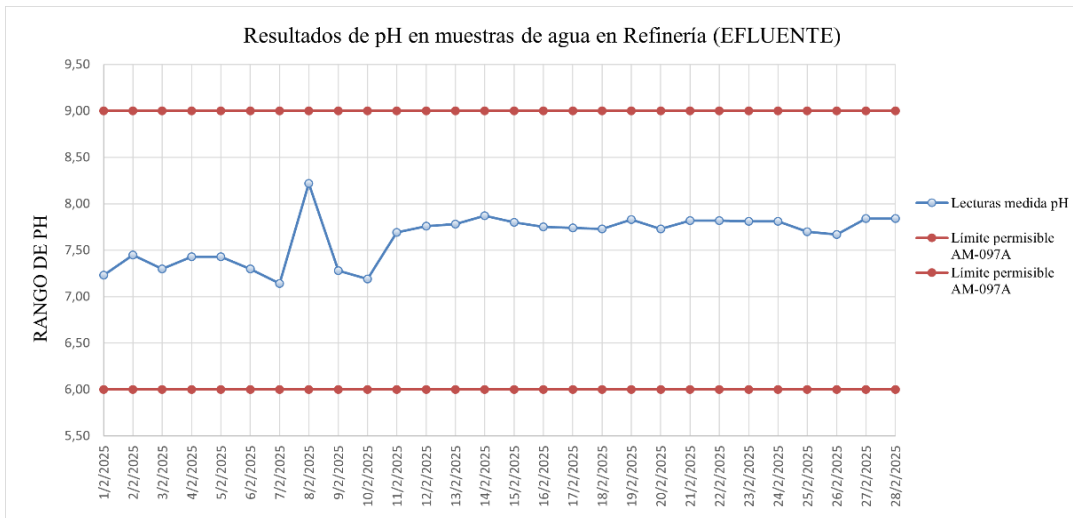


Figura 48: Resultados de pH.

Elaborado por: Maholy López.

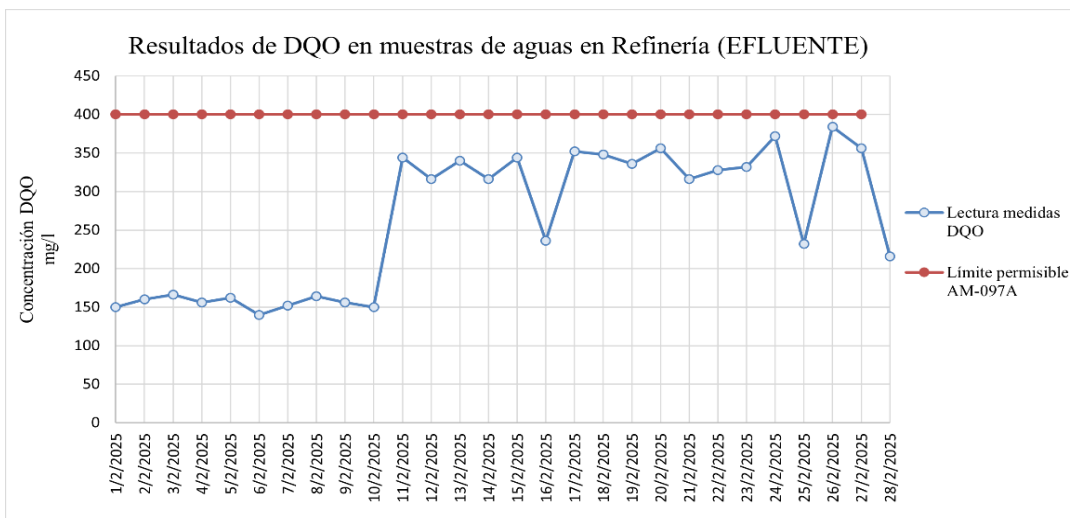


Figura 49: Resultados de DQO.

Elaborado por: Maholy López.

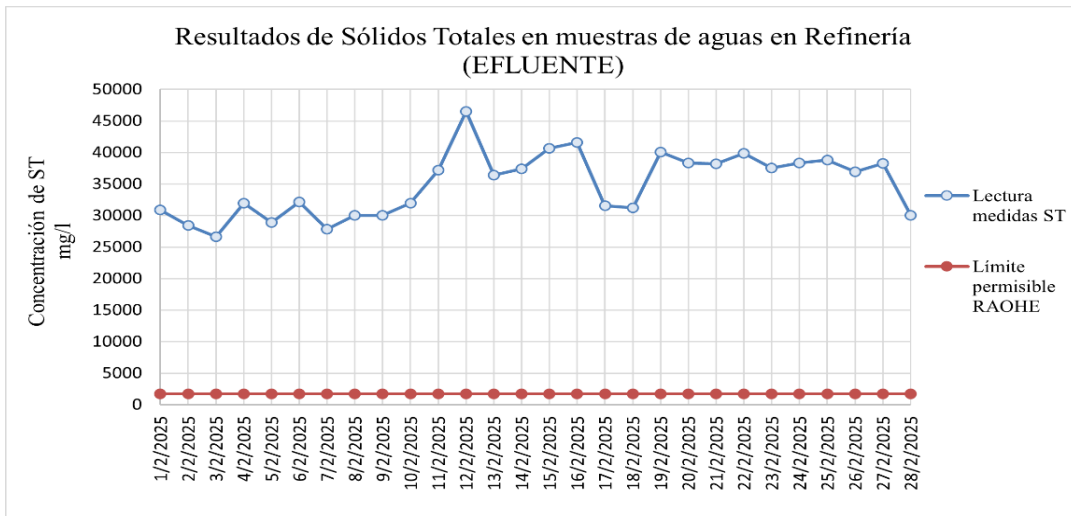


Figura 50: Resultados de ST.

Elaborado por: Maholy López.

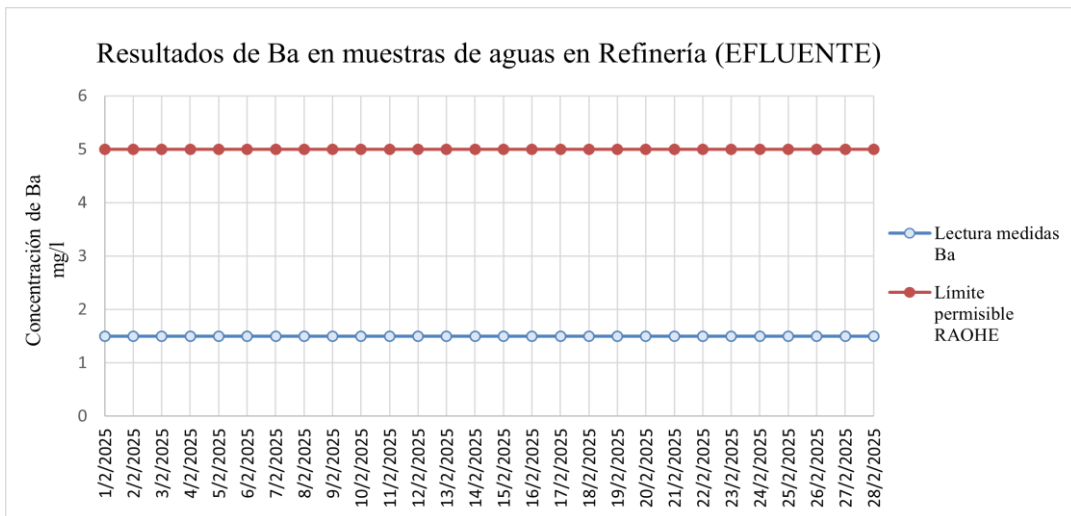


Figura 51: Resultados de Ba.

Elaborado por: Maholy López.

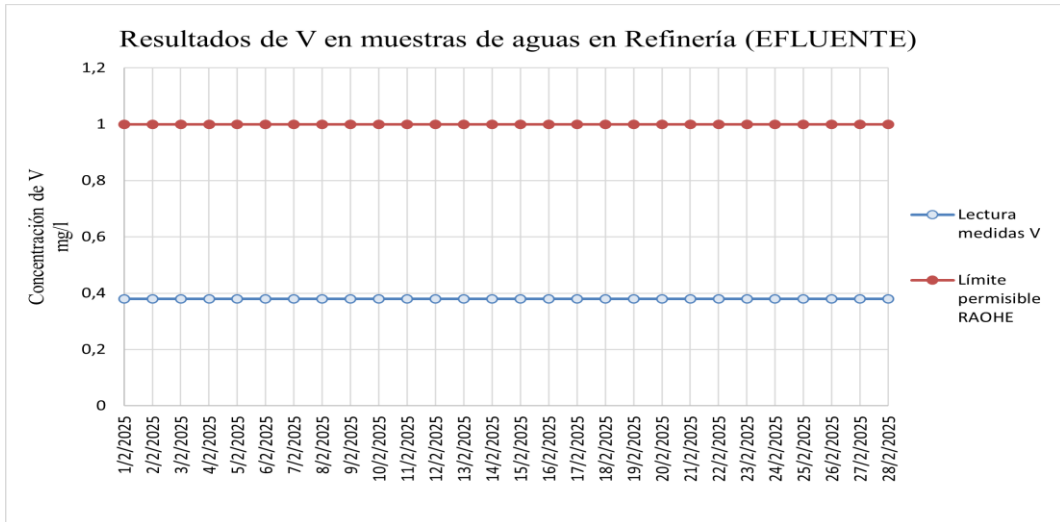


Figura 52: Resultados de V.

Elaborado por: Maholy López.

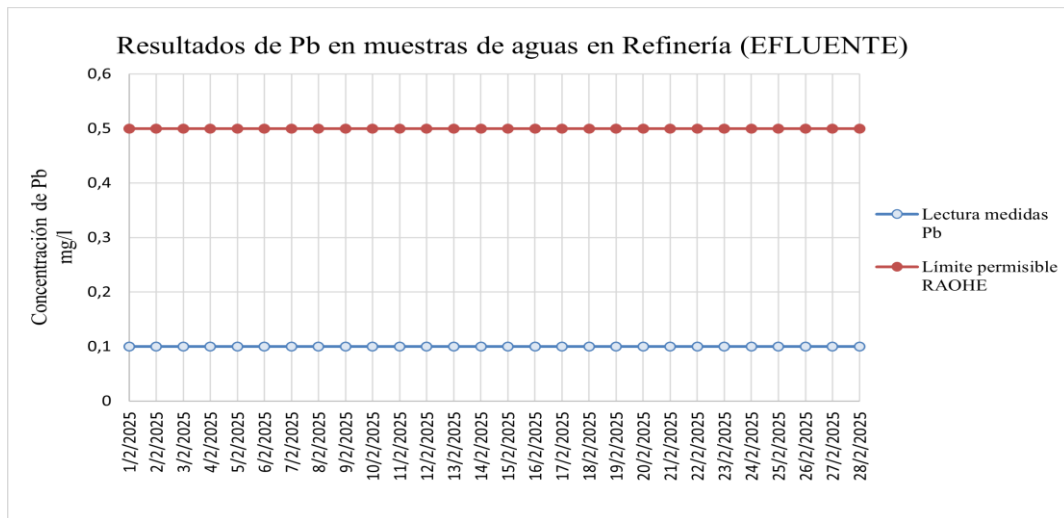


Figura 53: Resultados de Pb.

Elaborado por: Maholy López.

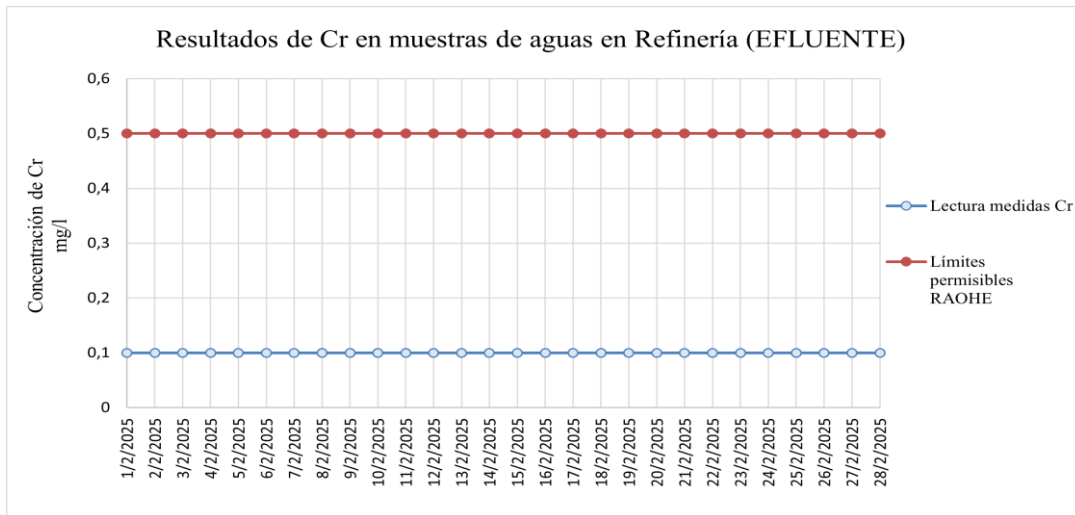


Figura 54: Resultados de Cr.

Elaborado por: Maholy López.

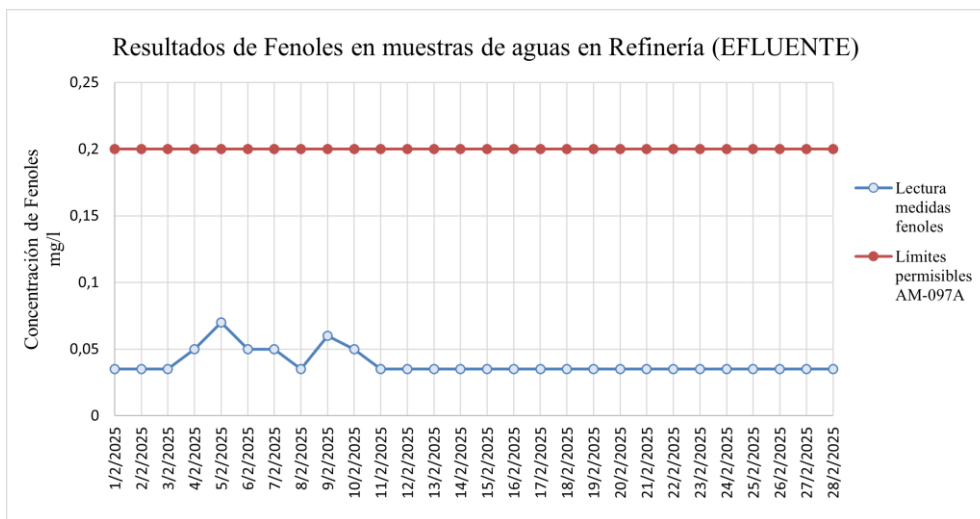


Figura 55: Resultados de fenoles.

Elaborado por: Maholy López.

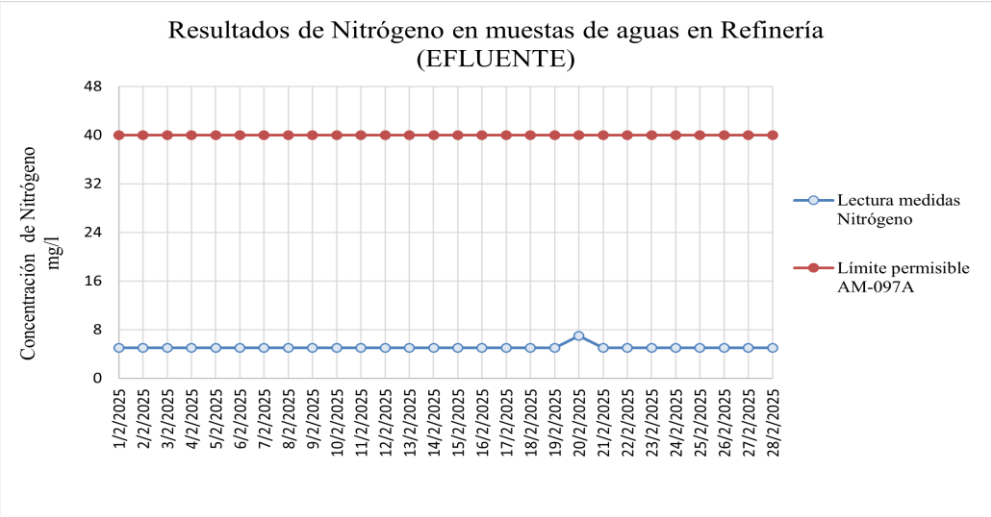


Figura 56 : Resultados de nitrógeno.

Elaborado por: Maholy López.

Tabla 11: Análisis de Descarga Cautivo.

NOMBRE DE LA EMPRESA	EP PETROECUADOR - GERENCIA DE REFINACIÓN - REFINERÍA LA LIBERTAD										
PERÍODO / AÑO	FEBRERO // 2025										
NOMBRE DEL LABORATORIO	LABORATORIO DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE - LABSSA - EP PETROECUADOR										
PUNTO DE MUESTREO	DESCARGA - PLANTA CAUTIVO										
PARÁMETRO	pH	CE	TPH	DQO	ST	Ba	Cr	Pb	V	Fenoles	Nitrógeno
LÍMITE PERMISIBLE (RAOHE)	5<pH<9	< 2500	< 20	< 120	< 1700	< 5	< 0,5	< 0,5	< 1	< 0,15	< 20
LÍMITE PERMISIBLE (A.M. 097-A)	6 - 9	N/A	20	400	NA	NA	NA	NA	NA	0,2	40
FECHA/UNIDAD	(u de pH)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
2025-02-01	NO HAY MUESTRA										
2025-02-02	7,59	51140,00	<0,20	145	32279	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-03	7,72	51000,00	<0,20	166	28849	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-04	NO HAY MUESTRA										
2025-02-05	NO HAY MUESTRA										
2025-02-06	NO HAY MUESTRA										
2025-02-07	NO HAY MUESTRA										
2025-02-08	7,58	51340,00	<0,20	158	30606	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,06	<6,00
2025-02-09	7,64	51370,00	<0,20	168	27066	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	0,07	<6,00
2025-02-10	NO HAY MUESTRA										
2025-02-11	NO HAY MUESTRA										
2025-02-12	NO HAY MUESTRA										
2025-02-13	NO HAY MUESTRA										
2025-02-14	8,04	50850,00	<0,20	312	39520	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-15	8,02	50820,00	<0,20	364	38109	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-16	NO HAY MUESTRA										
2025-02-17	NO HAY MUESTRA										
2025-02-18	NO HAY MUESTRA										
2025-02-19	NO HAY MUESTRA										
2025-02-20	8,07	50820,00	<0,20	344	39951	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-21	8,05	50970,00	<0,20	368	37589	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-22	NO HAY MUESTRA										
2025-02-23	NO HAY MUESTRA										
2025-02-24	NO HAY MUESTRA										
2025-02-25	NO HAY MUESTRA										
2025-02-26	8,11	50850,00	<0,20	336	36470	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-27	8,12	50870,00	<0,20	352	30185	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00
2025-02-28	NO HAY MUESTRA										
PROMEDIO MENSUAL	7,89	51003,00	<0,20	271	34062	<1,75	<0,15	<0,15	<0,50	<0,05	<6,00

Fuente: EPP PETROECUADOR.

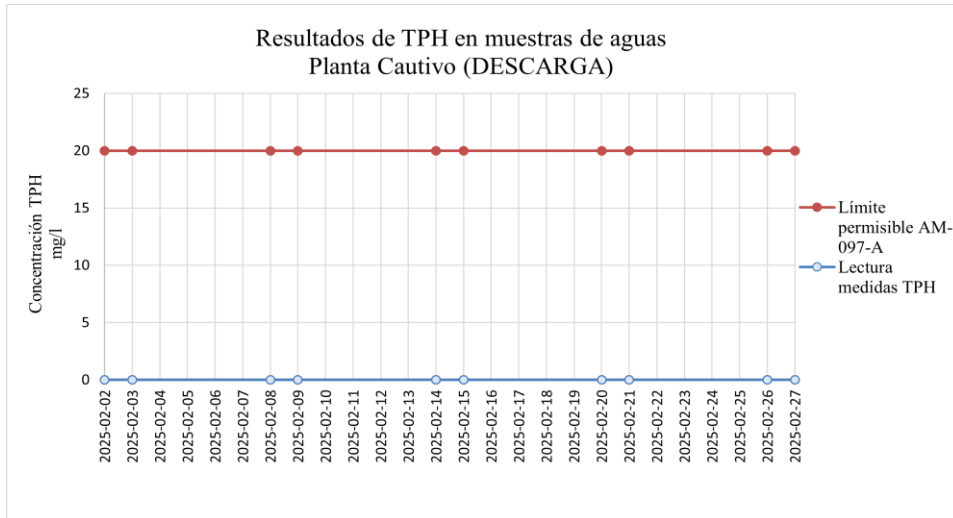


Figura 57: Resultados de TPH en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

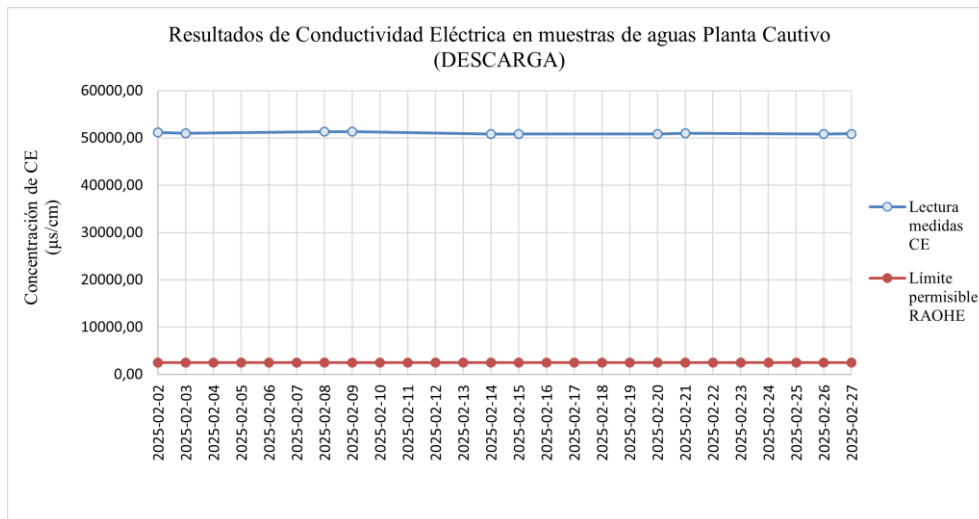


Figura 58: Resultados de CE en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

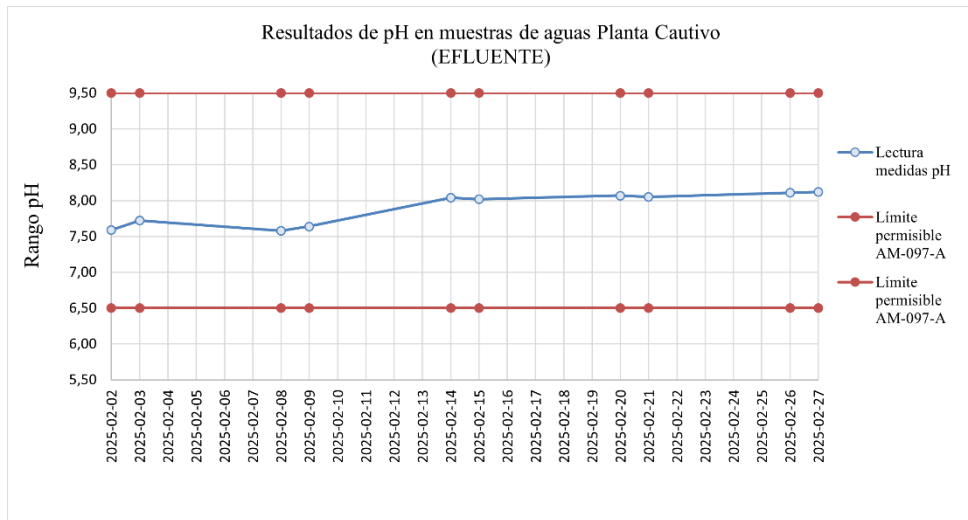


Figura 59: Resultados de pH en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.



Figura 60: Resultados de Ba en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

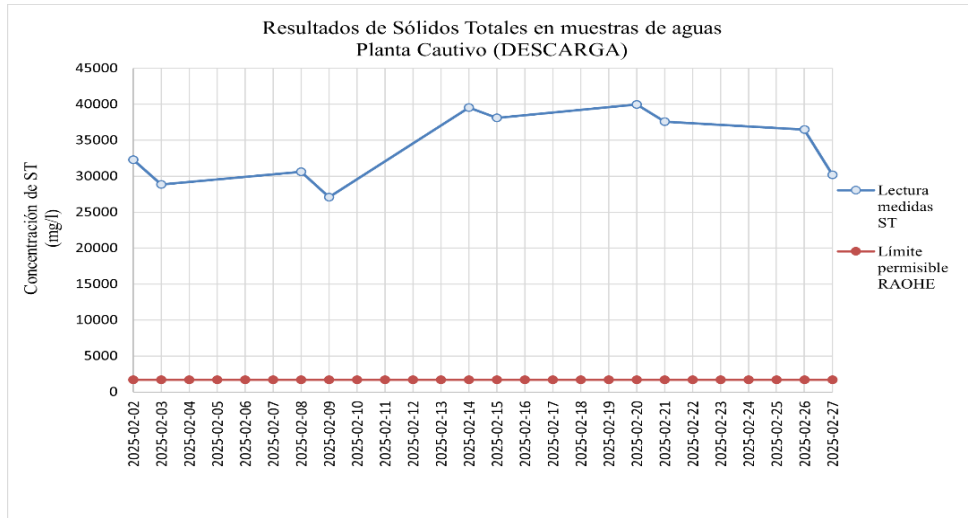


Figura 61: Resultados de ST en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

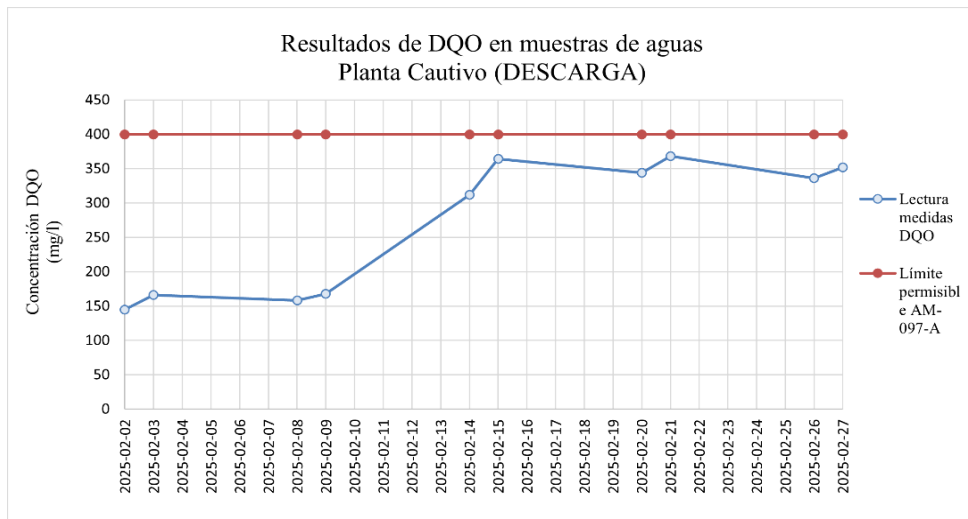


Figura 62: Resultados de DQO en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

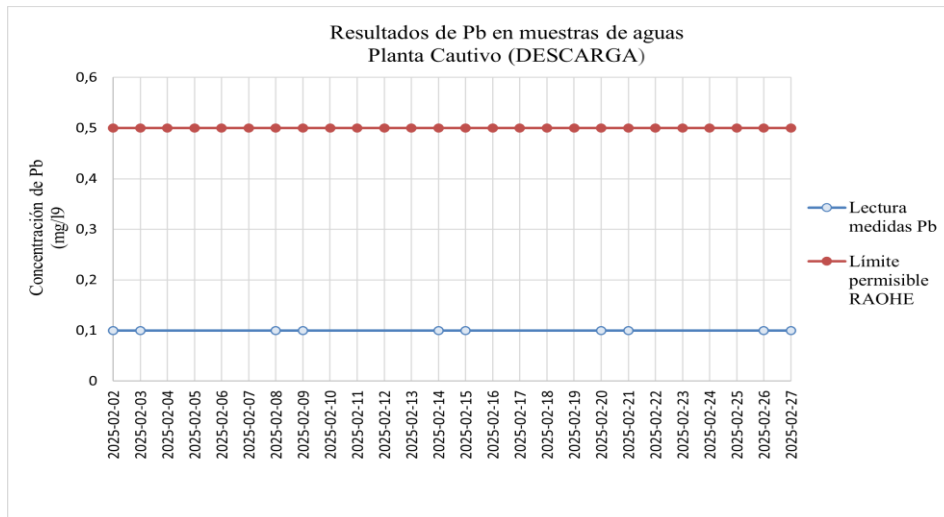


Figura 63: Resultados de Pb en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

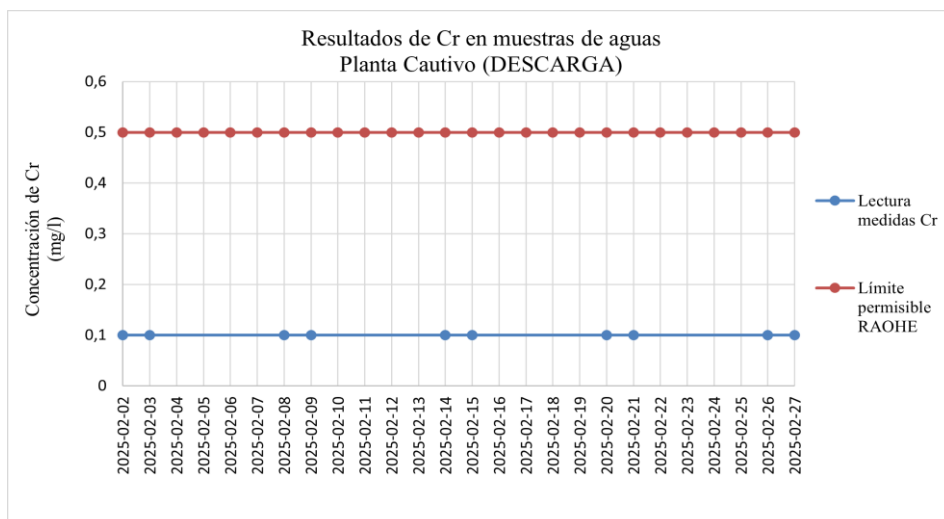


Figura 64: Resultados de Cr en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

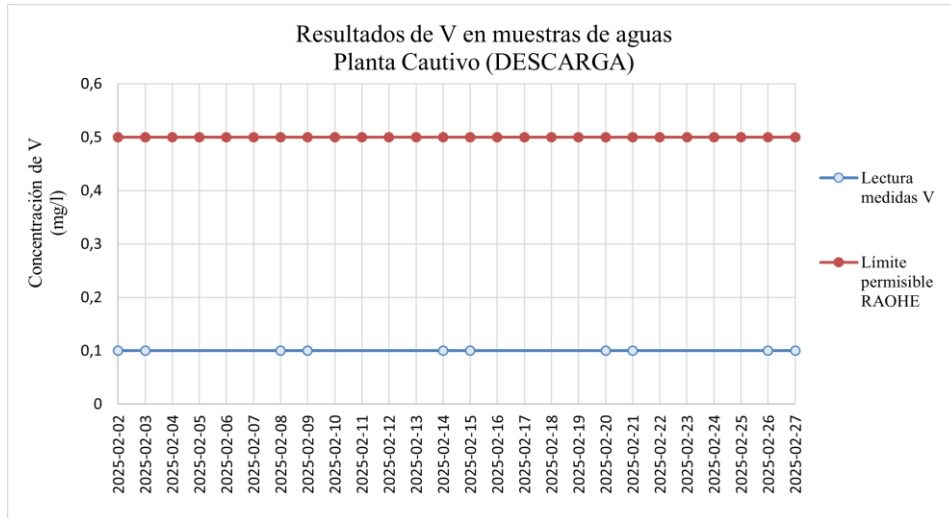


Figura 65: Resultados de V en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

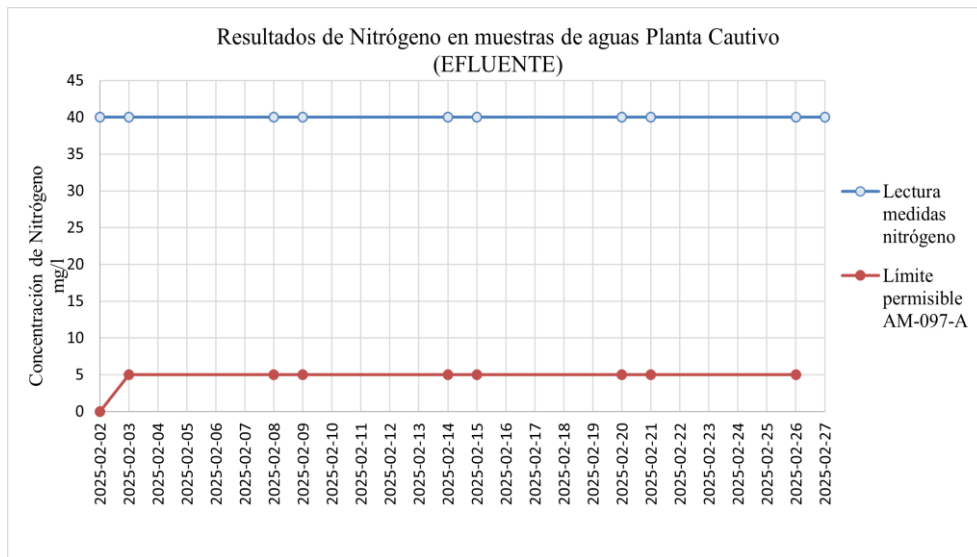


Figura 66: Resultados de nitrógeno en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

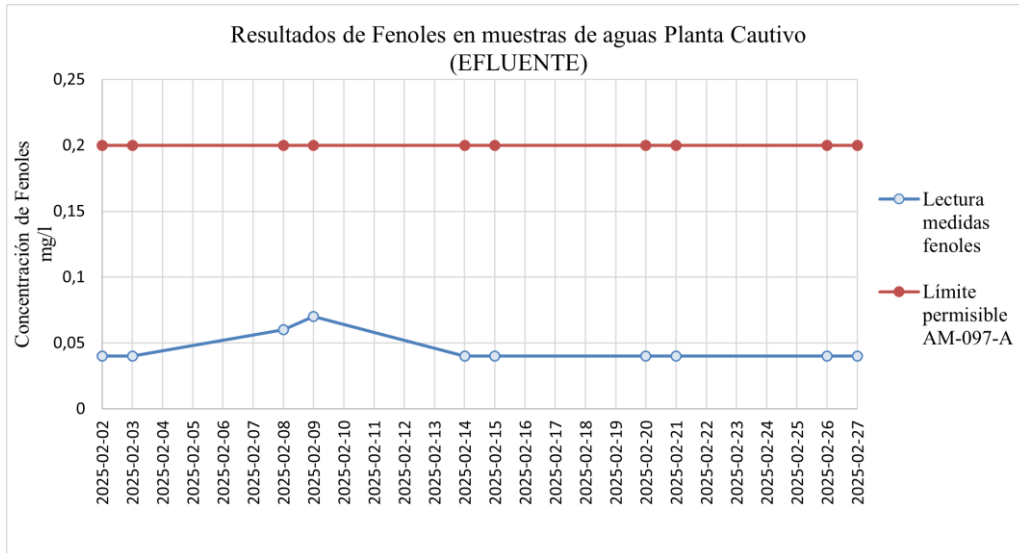


Figura 67: Resultados de fenoles en Planta Cautivo.

Elaborado por: Maholy López.

Tabla 12: Análisis de Inmisión.

NOMBRE DE LA EMPRESA	EP PETROECUADOR - GERENCIA DE REFINACIÓN - REFINERÍA LA LIBERTAD							
PERÍODO / AÑO	FEBRERO // 2025							
NOMBRE DEL LABORATORIO	LABORATORIO DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE - LABSSA - EP PETROECUADOR							
PUNTO DE MUESTREO	INMISIÓN – REFINERÍA							
PARÁMETRO	pH	CE	TPH	DQO	HAPs	T°	T° muestra	
LÍMITE PERMISIBLE (RAOHE)	6<pH<8	< 170	< 0,5	< 30	< 0,0003	más 3 °C		
LÍMITE PERMISIBLE (A.M. 097-A)	6,5 - 9,5	NA	0,5	NA	NA	3°C Max 32°C		T° AGUAS ARRIBA
FECHA/UNIDAD	(u de pH)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(°C)	(°C)	
2025-02-01	8,13	52480,00	<0,20	158	<0,00013	-	-	-
2025-02-02	8,05	52500,00	<0,20	164	<0,00013	-	-	-
2025-02-03	8,05	52430,00	<0,20	144	<0,00013	-	-	-
2025-02-04	8,06	52440,00	<0,20	156	<0,00013	-	-	-
2025-02-05	8,08	52440,00	<0,20	172	<0,00013	-	-	-
2025-02-06	7,98	52880,00	<0,20	148	<0,00013	-	-	-
2025-02-07	8,09	52730,00	<0,20	146	<0,00013	-	-	-
2025-02-08	8,06	52730,00	<0,20	152	<0,00013	-	-	-
2025-02-09	8,06	52770,00	<0,20	162	<0,00013	-	-	-
2025-02-10	8,10	52840,00	<0,20	148	<0,00013	-	-	-
2025-02-11	8,01	50810,00	<0,20	208	<0,00013	-	-	-
2025-02-12	8,04	50850,00	<0,20	252	<0,00013	-	-	-
2025-02-13	8,07	50910,00	<0,20	228	<0,00013	-	-	-
2025-02-14	8,05	50860,00	<0,20	272	<0,00013	-	-	-
2025-02-15	8,07	50950,00	<0,20	256	<0,00013	-	-	-
2025-02-16	8,00	51020,00	<0,20	228	<0,00013	-	-	-
2025-02-17	8,02	51140,00	<0,20	224	<0,00013	-	-	-
2025-02-18	8,00	51230,00	<0,20	228	<0,00013	-	-	-
2025-02-19	8,05	51090,00	<0,20	212	<0,00013	-	-	-
2025-02-20	8,05	50930,00	<0,20	256	<0,00013	-	-	-
2025-02-21	8,04	51010,00	<0,20	240	<0,00013	-	-	-
2025-02-22	8,06	51030,00	<0,20	244	<0,00013	-	-	-
2025-02-23	8,10	50890,00	<0,20	256	<0,00013	-	-	-
2025-02-24	8,10	50870,00	<0,20	236	<0,00013	-	-	-
2025-02-25	8,08	50890,00	<0,20	228	<0,00013	-	-	-
2025-02-26	8,08	50870,00	<0,20	196	<0,00013	-	-	-
2025-02-27	8,07	50850,00	<0,20	228	<0,00013	-	-	-
2025-02-28	8,07	50890,00	<0,20	220	<0,00013	-	-	-
PROMEDIO MENSUAL	8,06	51547,50	<0,20	206	<0,00013	-	-	-

NOTA: Los ensayos marcados con "Rojo" se encuentran fuera de los límites permisibles del AM-97A, los ensayos marcados con "Naranja" se encuentran fuera de los límites permisibles del RAOHE 1215.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

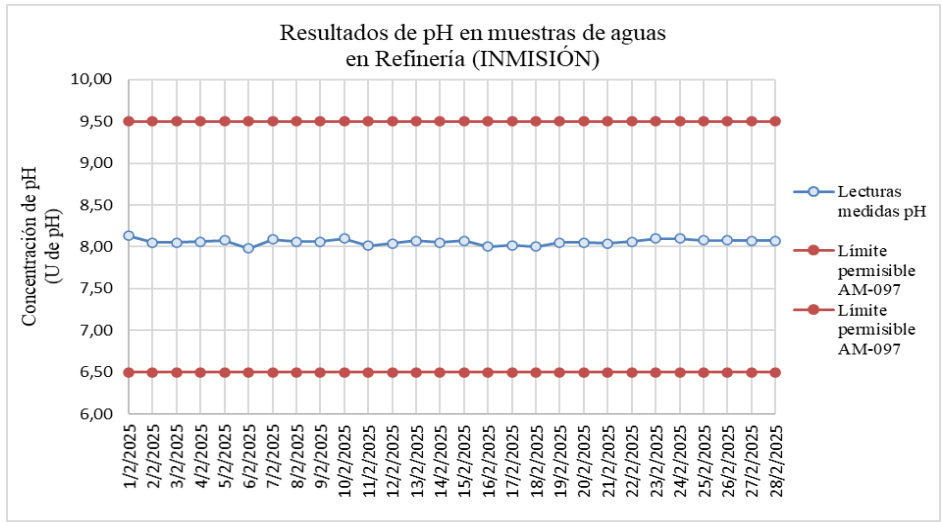


Figura 68: Resultados de pH por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

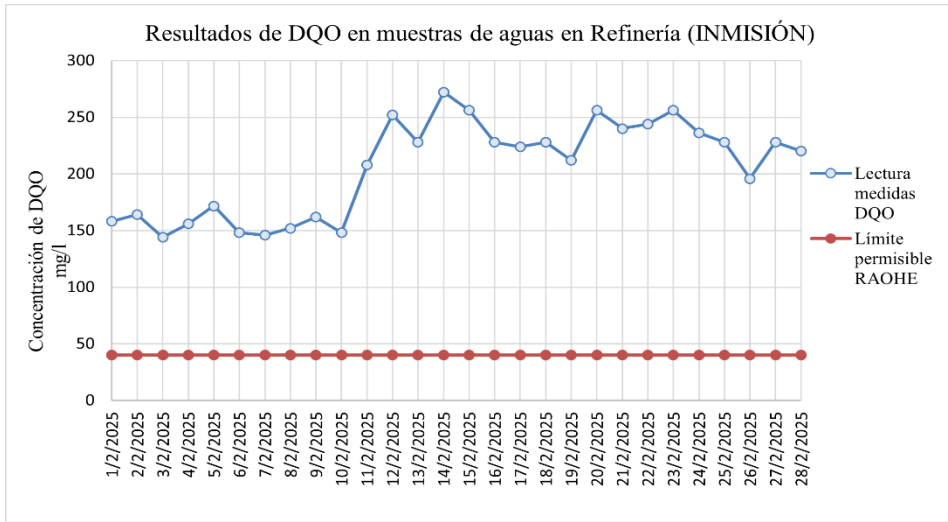


Figura 69: Resultados de DQO por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

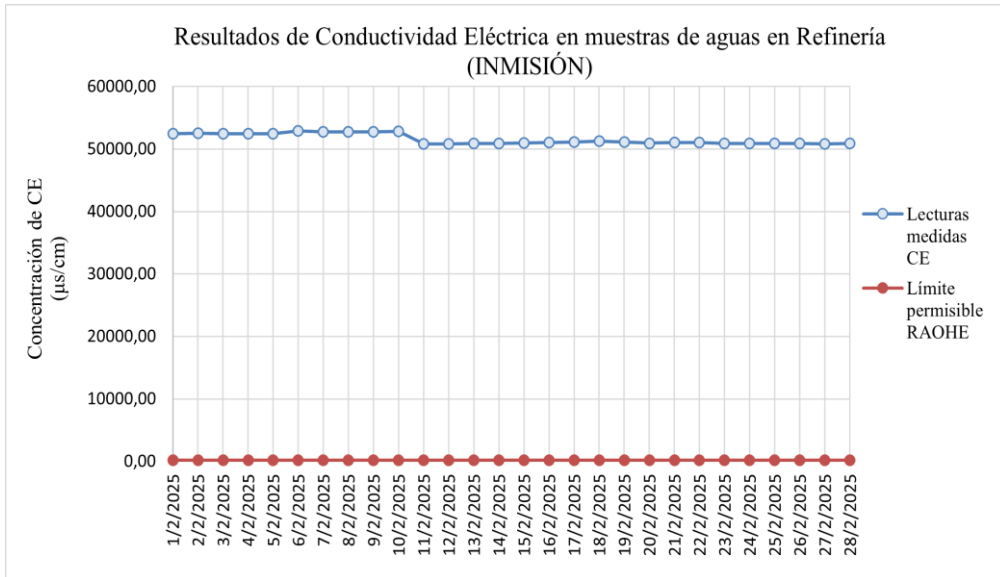


Figura 70: Resultados de CE por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

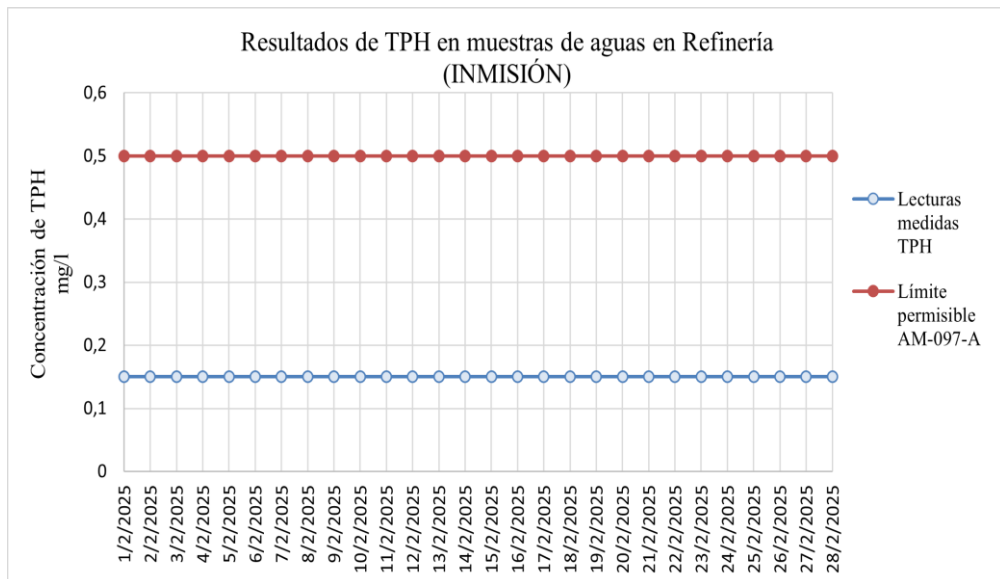


Figura 71: Resultados de TPH por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

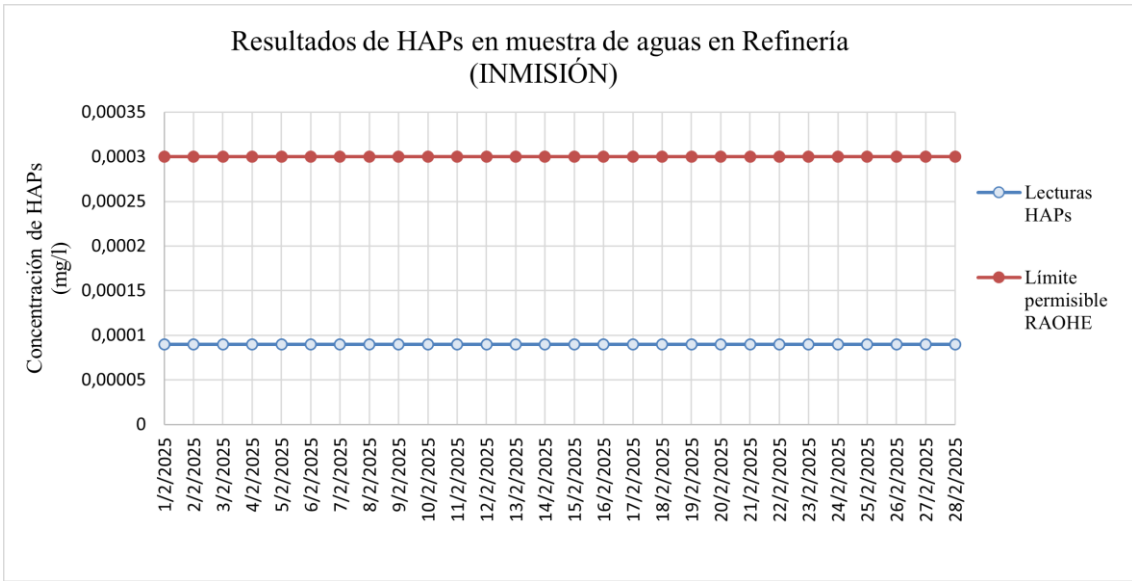


Figura 72: Resultados de HAPs por inmisi3n.

Elaborado por: Maholy L3pez.

Tabla 13: Análisis de inmisión en Planta Cautivo.

NOMBRE DE LA EMPRESA	EP PETROECUADOR - GERENCIA DE REFINACIÓN - REFINERÍA LA LIBERTAD							
PERÍODO / AÑO	FEBRERO // 2025							
NOMBRE DEL LABORATORIO	LABORATORIO DE SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE - LABSSA - EP PETROECUADOR							
PUNTO DE MUESTREO	INMISIÓN - PLANTA CAUTIVO							
PARÁMETRO	pH	CE	TPH	DQO	HAPs	T°	T° muestra	
LÍMITE PERMISIBLE (RAOHE)	6<pH<8	< 170	< 0,5	< 30	< 0,0003	más 3 °C		
LÍMITE PERMISIBLE (A.M. 097-A)	6,5 - 9,5	NA	0,5	NA	NA	3°C Max 32°C		T° AGUAS ARRIBA
FECHA/UNIDAD	(u de pH)	(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(°C)	(°C)	
2025-02-01	8,10	52570,00	<0,20	150	<0,00013	-	-	-
2025-02-02	8,04	52530,00	<0,20	160	<0,00013	-	-	-
2025-02-03	7,82	52530,00	<0,20	148	<0,00013	-	-	-
2025-02-04	8,08	46820,00	<0,20	149	<0,00013	-	-	-
2025-02-05	8,09	52830,00	<0,20	141	0,00014	-	-	-
2025-02-06	8,07	53090,00	<0,20	148	<0,00013	-	-	-
2025-02-07	8,07	48320,00	<0,20	140	<0,00013	-	-	-
2025-02-08	8,07	52710,00	<0,20	147	<0,00013	-	-	-
2025-02-09	8,11	52700,00	<0,20	154	<0,00013	-	-	-
2025-02-10	8,08	52740,00	<0,20	166	<0,00013	-	-	-
2025-02-11	8,06	50760,00	<0,20	244	<0,00013	-	-	-
2025-02-12	8,07	50830,00	<0,20	232	<0,00013	-	-	-
2025-02-13	8,06	50920,00	<0,20	204	<0,00013	-	-	-
2025-02-14	8,06	50810,00	<0,20	284	<0,00013	-	-	-
2025-02-15	8,12	50900,00	<0,20	228	<0,00013	-	-	-
2025-02-16	8,01	50940,00	<0,20	248	<0,00013	-	-	-
2025-02-17	8,04	51020,00	<0,20	248	<0,00013	-	-	-
2025-02-18	8,05	51060,00	<0,20	252	<0,00013	-	-	-
2025-02-19	8,05	51120,00	<0,20	320	<0,00013	-	-	-
2025-02-20	8,06	50990,00	<0,20	232	<0,00013	-	-	-
2025-02-21	8,04	51090,00	<0,20	236	<0,00013	-	-	-
2025-02-22	8,06	51050,00	<0,20	272	<0,00013	-	-	-
2025-02-23	8,11	51040,00	<0,20	248	<0,00013	-	-	-
2025-02-24	8,11	50880,00	<0,20	224	<0,00013	-	-	-
2025-02-25	8,05	50970,00	<0,20	232	<0,00013	-	-	-
2025-02-26	8,11	50850,00	<0,20	272	<0,00013	-	-	-
2025-02-27	8,15	50760,00	<0,20	236	<0,00013	-	-	-
2025-02-28	8,11	50940,00	<0,20	244	<0,00013	-	-	-
PROMEDIO MENSUAL	8,07	51206,07	<0,20	213	<0,00013	-	-	-

NOTA: Los ensayos marcados con "Rojo" se encuentran fuera de los límites permisibles del AM-97A, los ensayos marcados con "Naranja" se encuentran fuera de los límites permisibles del RAOHE 1215.

Fuente: EPP PETROECUADOR.

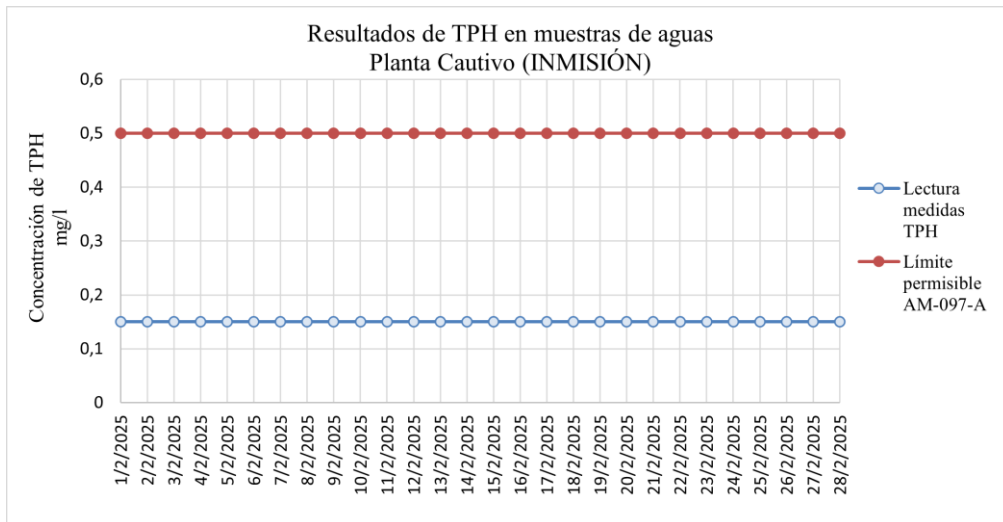


Figura 73: Resultados de TPH en Planta Cautivo por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

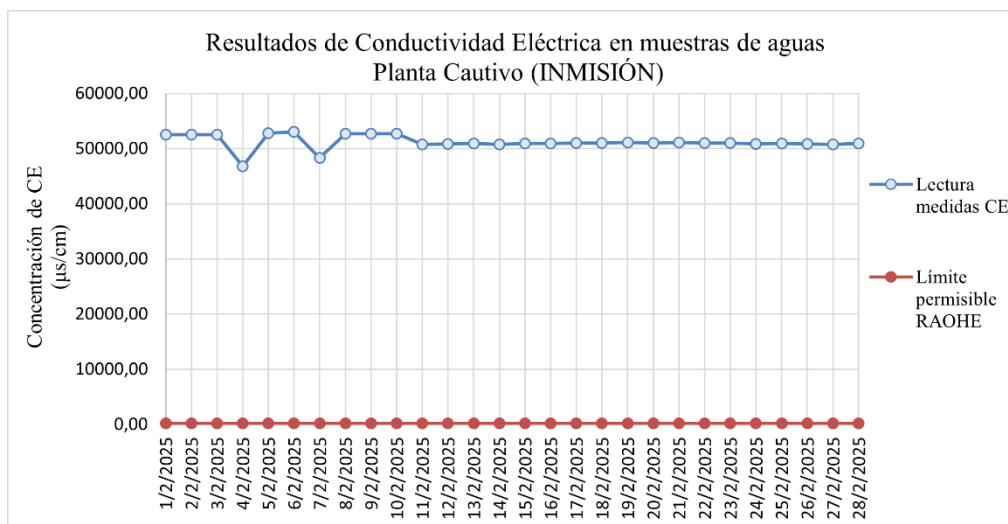


Figura 74: Resultados de TPH en Planta Cautivo por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

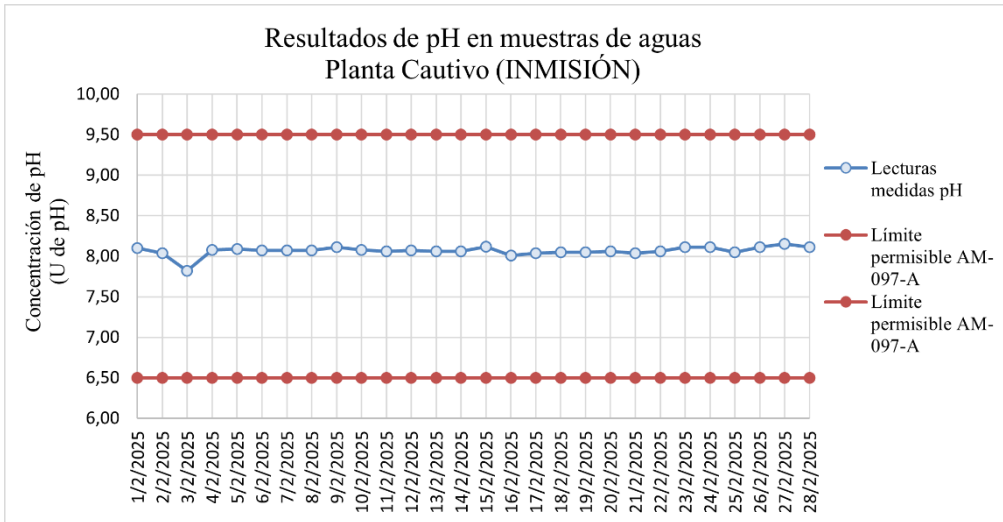


Figura 75: Resultados de pH en Planta Cautivo por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

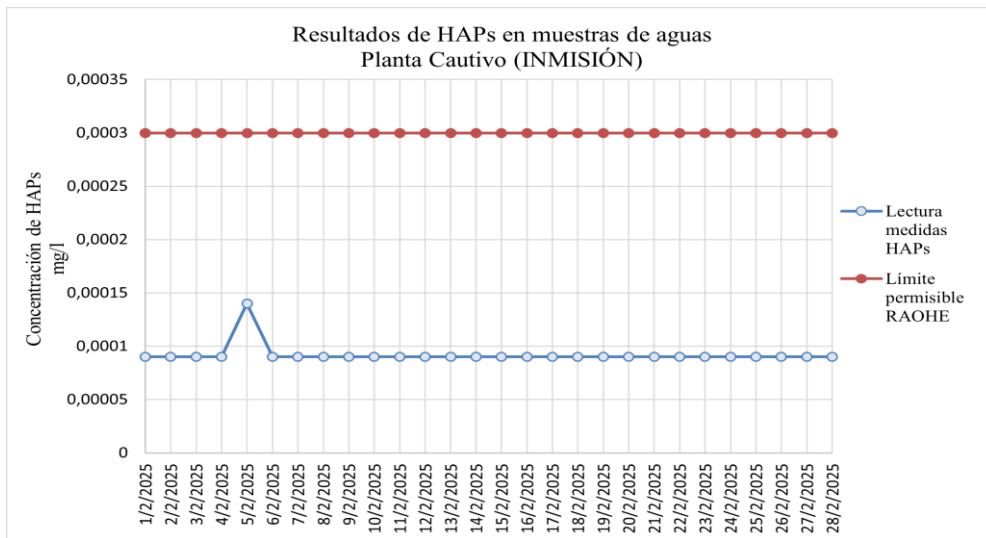


Figura 76: Resultados de HAPs en Planta Cautivo por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

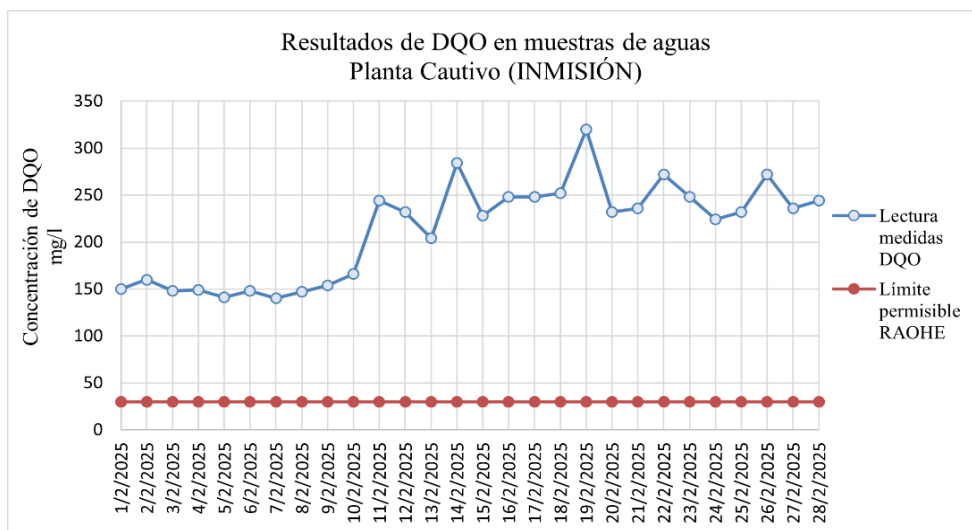


Figura 77: Resultados de DQO en Planta Cautivo por inmisión.

Elaborado por: Maholy López.

4.11 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.11.1 Refinería, descarga.

En el punto de descarga de refinería, de acuerdo con los valores reportados en el período del 01 al 28 del mes de febrero del 2025, se evalúa que:

- Todos los parámetros que se comparan con los límites permisibles establecidos en la normativa.

Con respecto al cumplimiento de los límites permisibles de la tabla 4a. del RAOHE 1215 (derogado) para los parámetros que no tienen límite permisible en el AM-97-A, se tiene:

- La **conductividad eléctrica** durante todo este mes, sobrepasa el límite permisible de la tabla 4a. del RAOHE 1215 ($2500\mu S/cm$), obteniendo un promedio mensual de $49393,57\mu S/cm$ **no cumple**.
- Los **sólidos totales** durante todo este mes sobrepasan el límite permisible de la tabla 4a. del RAOHE 1215 (1700 mg/l) obteniendo un promedio mensual de 34922 mg/l , el cual **no cumple**.
- El resto de los parámetros **cumplen** con lo establecido en la Tabla 4a. del RAOHE 1215.

4.11.2 Refinería, inmisión.

En el punto de control de refinería, en el período del 01 al 28 del mes de febrero del 2025, se verifica lo siguiente:

- Todos los parámetros que se comparan con los límites permisibles establecidos en la Tabla 2 del AM 97-A se verifica que sus promedios cumplen con los límites permisibles establecidos en esta normativa.

Con respecto al cumplimiento con los límites permisibles de la tabla 4b. del RAOHE 1215 (derogado) para los parámetros que no tienen límite permisible en el AM-97-A, se tiene.

- La **conductividad eléctrica** durante todo el mes sobrepasa el límite permisible de la Tabla 4b del RAOHE 1215 ($170\mu S/cm$), obteniendo un promedio mensual de $51547,50\mu S/cm$, el cual **no cumple**.

- La **demanda química de oxígeno** durante todo el mes sobrepasa el límite permisible (30mg/l) de la Tabla 4b. del RAOHE 1215, obteniendo un promedio mensual de 206 mg/l, el cual **no cumple**.
- El **resto de los parámetros cumplen** con lo establecido en la Tabla 4b. del RAOHE 1215.

Nota: es importante considerar que, para las actividades de operación y mantenimiento, Refinería La Libertad utiliza agua de mar, el cuerpo receptor monitoreado es mar.

4.11.3 Planta Cautivo, descarga.

En el punto de descarga de la planta Cautivo, en el período del mes de febrero del 2025, se tiene que.

- **Todos los parámetros** que se comparan con los límites permisibles establecidos en el Tabla 10 del AM 97-A, se verifica que sus promedios **cumplen** con los límites permisibles en esta normativa.

Con respecto al cumplimiento con los límites permisibles de la tabla 4a. del RAOHE 1215 (derogado) para los parámetros que no tienen límite permisible en el AM-97-A, se tiene.

- La **conductividad eléctrica** en diez ocasiones sobrepasa el límite permisible de la tabla 4a. Del RAOHE 1215 (2500 $\mu S/cm$), obteniendo un promedio mensual de 51003,00 $\mu S/cm$ el cual **no cumple**.
- Los **sólidos totales** en diez ocasiones sobrepasan el límite permisible de la tabla del RAOHE 1215 (1700mg/l) obteniendo un promedio mensual de 34062 mg/l el cual **no cumple**.
- Todos **los demás parámetros cumplen** con los límites permisibles establecidos en esta normativa.

Nota: durante el mes de febrero, la descarga de planta Cautivo se ha monitoreado por Diez (10) ocasiones, ya que de acuerdo con las observaciones realizadas cuando se ha monitoreado en las cadenas de custodia, el usuario indica: No se reporta descarga del efluente cautivo, continúa proceso de tratamiento de agua en Aljibe #3.

4.12. PLANTA CAUTIVO, INMISIÓN

En el punto de descarga de la planta Cautivo, en el período del 1 al 28 del mes de febrero del 2025, se tiene que.

- **Todos los parámetros** que se comparan con los límites permisibles establecidos en el Tabla 2 del AM 97-A, se verifica que sus promedios **cumplen** con los límites permisibles en esta normativa.

Con respecto al cumplimiento con los límites permisibles de la tabla 4b. del RAOHE 1215 (derogado) para los parámetros que no tienen límite permisible en el AM-97-A, se tiene.

- La **demanda química de oxígeno** durante todo el mes sobrepasa el límite permisible (<30mg/l) de la Tabla 4b. del RAOHE 1215(derogado), obteniendo un promedio mensual de 206 mg/l, el cual **no cumple**.
- La **conductividad eléctrica** durante este mes sobrepasa para el límite permisible de la tabla 4b del RAOHE 1215 (<1700 $\mu S/cm$), obteniendo un promedio mensual de 51206,07 $\mu S/cm$), el cual **no cumple**.
- El **resto de los parámetros cumplen** con lo establecido en la tabla 4b del RAOHE 1215.

Nota: para las actividades de operación y mantenimiento, la Refinería La Libertad utiliza agua de mar, el cuerpo receptor monitoreado es mar.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El sistema actual de tratamiento y recuperación de aguas oleosas en la Refinería La Libertad cumple parcialmente con los estándares ambientales establecidos, pero presenta deficiencias operativas en algunas unidades. Se identificó una eficiencia media en la separación de fases (agua-aceite-lodos), lo cual afecta la calidad del efluente y puede generar riesgos ambientales.
- Se logra una disminución significativa de la carga de los hidrocarburos y sólidos que llegan a las etapas del tratamiento, esto potencia el rendimiento general de la planta y disminuye los gastos operativos y de mantenimiento vinculados a obstrucciones o sobrecargas de sistemas biológicos o fisicoquímicos.
- A pesar de sus limitaciones, el sistema cumple con un rol esencial en la sostenibilidad ambiental en las operaciones de la refinería, permitiendo la recuperación parcial de agua y reduciendo el impacto de los efluentes industriales.
- Una de las mayores fortalezas que tiene el sistema API en RLL es su diseño pasivo y de consumo energético reducido. Adicionalmente, su funcionamiento es simple y necesita un mantenimiento relativamente bajo, lo que hace una solución rentable para el tratamiento de aguas residuales en refinería.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la limpieza de los ductos (conducto, canal, tubería) de las diferentes descargas con el fin de que no se generen estancamiento de agua en el trayecto de estas, así como la acumulación de sólidos.
- ✓ Continuar con la limpieza de los accesos a los diferentes puntos de monitoreo.
- ✓ Se propone la implementación de un programa de monitoreo ambiental estricto para determinar a largo plazo el tratamiento de aguas residuales. Este seguimiento debe tratar la calidad del agua tratada como el efecto en el medio ambiente, garantizando de esta manera el cumplimiento de las regulaciones ambientales vigentes.
- ✓ Se sugiere realizar un estudio técnico-económico para determinar la viabilidad de incorporar un tratamiento terciario (como filtros de carbón activado o membranas) que permita alcanzar niveles más altos de purificación, en función del destino final del efluente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I. ..., Bedoya, L. ..., & Calderón, D. ... (2022). *Tratamiento de aguas residuales del sector hidrocarburos en Colombia para el cumplimiento del sistema integrado de gestión ambiental norma ISO 14001-2015*. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Bogotá.
- Alvarado, P., & Lazo, G. (2014). *Estudio de factibilidad técnico económico para la instalación de un proceso de tratamiento de lodos eleaginosos en la refinería de talara*. Universidad Nacional De Trujillo, Trujillo.
- Arboleda, F. (2003). *La gestión ambiental en Petroindustrial, filial de Petroecuador, años 1998-2002*. Instituto de altos estudios nacionales, Quito.
- CEPAL U. (1990). *Impacto ambiental de la contaminación hídrica producida por la Refinería Estatal de Esmeraldas: Análisis técnico y económico*. Esmeraldas: Sindal.net.
- Chico, L. ... (2015). “*Tratamiento Químico de slop contenido en los tanques Y-T8011/12 de la unidad de almacenamiento y transferencia de la Refinería de Esmeraldas de la EP PETROECUADOR del año 2015.*”. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.
- Condori, A. (2018). *Evaluación de la tratabilidad del efluente generado por un laboratorio metalúrgico aplicando la electrocoagulación*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Cordoba, M. (2021). *Diseño de la automatización del separador api para la recuperación de hidrocarburos refinados mediante skimmer en Ecopetrol S.A.* Santa Martha, Colombia.
- Correa, S., Puerta, A., & Restrepo, B. (2019). *Investigación Evaluativa*. Colombia. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59795598/investigacion_evaluativa__santiago_correa20190619-115488-1k49c7h-libre.pdf?1560951470=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DInvestigacion_evaluativa.pdf&Expires=1747261659&Signature=ZIZVoQ8OUWPkr

Cynus, L. q. (2023). *Dispersantes en el Tratamiento del Agua: Mejorando Eficiencia y Calidad*. Obtenido de <https://quimicacygnus.com/dispersantes-en-el-tratamiento-del-agua-mejorando-eficiencia-y-calidad/>

Derypol. (21 de 10 de 2024). Floculantes para el Tratamiento de Aguas Residuales. *Derypol*. Obtenido de <https://www.derypol.com/floculantes-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20los%20floculantes%3F,grandes%20y%20f%C3%A1ciles%20de%20separar.>

Díaz, M. ..., Rivas, L. ..., Fernández, D. ..., Salazar, D. ..., Miller, S. ..., & La Maza, N. .. (Junio de 2017). Selección del programa químico de tratamiento para aguas residuales oleosas. *Selección del programa químico de tratamiento para aguas residuales oleosas*, págs. 89-100.

Envirotec. (2020). *Envirotec*. Obtenido de https://geografiacriticaecuador.org/minkayasuni/wp-content/uploads/2020/02/TT_Capitulo-09-Plan-de-Monitoreo.pdf

Figueroa, F., & Tomalá, E. (2024). *Optimización de la recuperación de hidrocarburos residuales de las piscinas API en la planta de tratamiento de la refinería de La Libertad*. Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad.

Floculantes y coagulantes. (2025). *ChemTreat*. Obtenido de <https://es.chemtreat.com/coagulants-flocculants/#:~:text=Los%20coagulantes%20en%20el%20tratamiento,los%20%C3%B3lidos%20suspendidos%20del%20agua.>

Galviz, J. ..., & Rivera, X. .. (2013). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) de la empresa jugos hit de la ciudad de Pereira*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Genesis Water technologies . (2023). Obtenido de <https://es.genesiswatertech.com/entrada-en-el-blog/Impactos-ambientales-de-la->

descarga-de-aguas-residuales-industriales-no-tratadas/?utm_source=chatgpt.com

González, O. (2015). *El derecho al buen vivir como norma constitucional y su relación en la evacuación de las aguas residuales en el sector la carioca del cantón la libertad*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad.

Gualdrón, L. .. (2016). Evaluación de la calidad de aguas de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinámica Ambiental*, 1(20), 83-102.

Gutiérrez-Benítez, O. C.-R.-R.-V.-S. (Agosto de 2022). Enfoque a procesos y estrategias de Producción Más Limpia para reducir la contaminación por residuales oleosos. *Mi Scielo*, págs. 265-284.

Higiene Ambiental. (Noviembre de 2022). Obtenido de <https://higieneambiental.com/calidad-del-agua-muestreo>

León , C. (2009). *Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respirométrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico*. Universidad tecnológica de pereira, pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/d470347c-e864-4382-b19e-1be09b6c6371/content>

lopez, m., olon, k., loor, j., zuñouhs, b., suarez, e., & lopez, o. (2018). *edy*. Obtenido de www

López, P. (2012). *Población muestra y muestreo* . Scielo.

Mañuga, T., Gutiérrez, H., Rodríguez, J., & Villarreal, A. (10 de Agosto de 2010). Tratamiento de residuos de DQO generados en laboratorios de análisis ambientales. *Scielo*, págs. 87-95. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v30n2/v30n2a09.pdf>

Moreno, V. (2019). • *Sistema de tratamiento del agua residual generada por la industria siexpal s.a. Por métodos físicos, químicos y biológicos, año 2019*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.

- Moreno, Z. (2012). *Tratamiento biológico de lodos de limpieza procedentes de los fondos de los tanques de crudo, residuos y combustibles blancos de la refinería la libertad*.
- Narváez, O., & Villegas, L. (2014). *Introducción a la investigación: Guía Interactiva*. Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/index.html>
- Nicomedes, E. (2018). Tipos de investigación.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. . pág. 228.
- Popayán, A. .. (2021). *Estudio de diferentes técnicas de remoción de aceites en aguas residuales proveniente de la industria petrolera*. Universidad de Pamplona.
- Sulfato de Aluminio. (s.f.). *Floculantes de Mexico* . Obtenido de <https://liquidtech.com.mx/sustancias/3/sulfato-de-aluminio>
- Torres, K. ..., & Gutiérrez, M. .. (2017). Estado del arte de las tecnologías más utilizadas en la refinería de América para el tratamiento de aguas residuales. *Academia.edu*, 1-15.
- Torres, K., & Gutiérrez, M. (11 de 3 de 2018). Estado del arte de las tecnologías más utilizada en la Refinería de América para el tratamiento de aguas residuales. *Estado del arte de las tecnologías más utilizada en la Refinería de América para el tratamiento de aguas residuales*, págs. 1-15.
- Valerio, L. .. (2011). *Ingeniería Básica Ambiental para el Diseño de Mejoras del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Refinería de RECOPE S.A en Moín-Limón*. Instituto tecnológico de Costa Rica, Limon, Costa Rica.
- Ve international chemicals*. (2025). Obtenido de *Ve international chemicals*: <https://ve-chemicals.com/que-es-el-sulfato-de-aluminio/#:~:text=Es%20importante%20tener%20en%20cuenta,realizara%20una%20llamada%20para%20contactarnos>.

ANEXOS

Anexo A: Tabla 4a.- RAOHE.

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Límite Permisible ¹⁾	Promedio Anual ²⁾
Potencial Hidrógeno	pH	---	5 - 9	5 - 9
Conductividad Eléctrica	CE	uS/cm	<2 500	<2 000
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<20	<15
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80
Sólidos Totales	ST	mg/l	<1 700	<1 500
Bario	Ba	mg/l	<5	<3
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0,5	<0,4
Plomo	Pb	mg/l	<0,5	<0,4
Vanadio	V	mg/l	<1	<0,8
Fenoles		mg/l	<0,15	<0,10

Fuente: RAOHE.

Anexo B: Tabla 4b-RAOHE.

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Límite Permisible ¹⁾	Promedio Anual ²⁾
Temperatura ³⁾	---	°C	+3	---
Potencial Hidrógeno ⁴⁾	pH	---	6 - 8	6 - 8
Conductividad Eléctrica ⁵⁾	CE	uS/cm	<170	<120
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<0,5	<0,3
Demanda Química de Oxígeno ⁶⁾	DQO	mg/l	<30	<20
Hidrocarburos Aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0,0003	<0,0002

Fuente: RAOHE.

Anexo C: Sector Carioca.



Fuente: Maholy López.

Anexo D: Separador Api-1.



Fuente: Maholy López.

Anexo E: Mini-Separador 1-C.



Fuente: Maholy López.

Anexo F: Mini- Separadores 1-D.



Fuente: Maholy López.

Anexo G: Etapas de los Mini-Separadores.



Fuente: Maholy López.

Anexo H: Tanque de Crudo #33.



Fuente: Maholy López.