



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

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS RESIDUALES DE
LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA DE LA
LIBERTAD”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

FLOR MARÍA FIGUEROA SORIANO

EVELYN ELIZABETH TOMALÁ MONTENEGRO

TUTOR:

ING. CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

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

TEMA:

**“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS
RESIDUALES DE LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR(ES):

FLOR MARÍA FIGUEROA SORIANO

EVELYN ELIZABETH TOMALÁ MONTENEGRO

TUTOR:

ING. CARLOS ALFREDO MALAVÉ CARRERA

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Marllelis Gutiérrez Hinostrroza,

PhD.

DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Carlos Alfredo Malavé Carrera

DOCENTE TUTOR



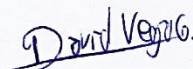
Ing. Israel Yagual Pita, Msc.

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Carlos Alfredo Malavé Carrera

DOCENTE DE LA UIC



Ing. David Vega González

SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Con gratitud infinita, elevo mi tesis como un tributo a la presencia divina de Dios, cuya gracia y sabiduría han iluminado cada página de este camino académico.

A mis padres Benito Tomalá Santos y en especial a mi amada madre Bélgica Montenegro Suarez, quien con su amor incondicional y cuidado constante han sido mi apoyo más firme. Agradezco tus sacrificios y tu luz que ha guiado mis pasos en este viaje.

A mi hijo Emir León, mi fuente de inspiración, cuya sonrisa ha iluminado los días más desafiantes. Este logro lleva consigo la promesa de un futuro mejor para ti.

A mi compañero de vida Julio León López, agradezco tu paciencia, apoyo inquebrantable y amor constante. Juntos hemos enfrentado los desafíos, y este logro es una celebración de nuestra fortaleza como equipo.

A toda mi familia y hermanos, cuyas risas, abrazos y aliento han sido mi refugio. Este proyecto es un esfuerzo conjunto, y cada uno de ustedes ha dejado su huella en esta obra.

Que esta tesis sirva como un testimonio de la importancia del amor, dedicación, constancia, sobre todo la unidad familiar. A todos ustedes, mi corazón rebosa de agradecimiento y dedicación.

Evelyn Elizabeth Tomalá Montenegro

DEDICATORIA

Quiero expresar mi sincero reconocimiento a mis padres, Leonardo Figueroa y Annabel Soriano, así como a mi hermana menor, María Belén Figueroa, dedicándoles este trabajo de titulación. A lo largo de mi vida y carrera profesional, han sido una fuente constante de amor y apoyo incondicional, y este logro no habría sido posible sin ellos.

Flor María Figueroa Soriano

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS RESIDUALES DE LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”** elaborado por las estudiantes Figueroa Soriano Flor María, egresadas de la carrera de Ingeniería en 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 **7%** de la valoración permitida.

 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

TESIS PARA COMPILATIO - FLOR FIGUEROA Y EVELYN TOMALÁ MONTENEGRO

7%
Textos sospechosos

3% Similitudes
<
1% similitudes entre comillas

3% Idioma no reconocido

0% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS PARA COMPILATIO - FLOR FIGUEROA Y EVELYN TOMALÁ MONTENEGRO.docx	Depositante: CARLOS ALFREDO MALAVE CARRERA	Número de palabras: 9101
ID del documento: a65670fca8db656f1206e34f5eb117331ae72be5	Fecha de depósito: 14/12/2023	Número de caracteres: 60.853
Tamaño del documento original: 88,23 kB	Tipo de carga: Interface	
	fecha de fin de análisis: 14/12/2023	

FIRMA DEL TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALFREDO
MALAVE CARRERA**

Ing. Carlos Malavé Carrera

C.I.: 0912370095

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Flor María Figueroa Soriano y Evelyn Elizabeth Tomalá Montenegro, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS RESIDUALES DE LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Petróleos, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos 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.

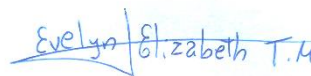
Atentamente,



Flor María Figueroa Soriano

Autora de Tesis

C.I. 2450418435



Evelyn Elizabeth Tomalá Montenegro

Autora de tesis

C.I. 2450827569

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. CARLOS MALAVÉ CARRERA, PHD/MSC.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS RESIDUALES DE LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD” previo a la obtención del Título de Ingeniero en Petróleos elaborado por los estudiantes. Flor María Figueroa Soriano y Evelyn Elizabeth Tomalá Montenegro, egresados de la carrera de 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:
**CARLOS ALFREDO
MALAVE CARRERA**

ING. CARLOS MALAVÉ CARRERA
DOCENTE TUTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios principalmente por ser una guía luminosa a lo largo de nuestra carrera universitaria, a nuestros padres quienes han sido los principales impulsores de nuestras metas, confiando en nosotros y en nuestras aspiraciones, reconocemos su dedicación y paciencia, manifestadas diariamente mientras aguardaban el progreso y desarrollo continuo de este proyecto.

También expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa al éxito de este proyecto de titulación, a mi tutor el Ing. Carlos Malavé Carrera por sus enseñanzas, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso, al Ing. Roberto Silva por su orientación experta, sus valiosas ideas y discusiones que enriquecieron este trabajo, y al Ing. Jimmy Tomalá, cuyas experiencias y conocimientos fueron fundamentales, viéndose reflejado en la culminación de esta tesis de grado.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a este proyecto. Su colaboración ha sido invaluable y ha dejado una marca duradera en mi experiencia académica. Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo de cada uno de ustedes. ¡Gracias!".

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

La Libertad, diciembre 16 del 2023.

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

Magíster En Diseño Y Evaluación

De Modelos Educativos

Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de **INGENIERO EN PETRÓLEOS** de: **FIGUEROA SORIANO FLOR MARÍA & TOMALÁ MONTENEGRO EVELYN ELIZABETH**, cuyo tema es: **“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS RESIDUALES DE LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”**, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Docente de Español A: Literatura
C.I. 0924489255
Reg. Senescyt: 1050-14-86052904
Teléfono: 0962989420
e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

CONTENIDO

Pág.

<i>DEDICATORIA</i>	<i>iii</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>iv</i>
<i>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO</i>	<i>v</i>
<i>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</i>	<i>vi</i>
<i>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</i>	<i>vii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>viii</i>
<i>CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA</i>	<i>ix</i>
<i>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 HIPÓTESIS	4
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5 ALCANCE	5
1.6 VARIABLES	5
1.6.1 Variables Dependientes	5
1.6.2 Variables Independientes	5
2 <i>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</i>	6
2.1 ORIGEN DEL PETRÓLEO	6
2.2 HISTORIA DEL PETRÓLEO EN EL ECUADOR	6
2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN REFINERIAS	7

2.4	MARCO LEGAL	8
2.5	REGLAMENTO AMBIENTAL PARA OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS.....	9
2.6	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE TRABAJO.....	11
2.7	CARACTERIZACIÓN DEL PETRÓLEO.....	12
2.7.1	Definición del Petróleo	12
2.7.2	Clasificación del Petróleo	12
2.8	GRAVEDAD API.....	14
2.9	COMPUESTOS FUNDAMENTALES DEL PETRÓLEO	15
2.10	SLOP.....	15
2.10.1	¿Qué es el Slop?.....	16
2.10.2	Deshidratación de Slop	16
2.11	EMULSIÓN	17
2.12	CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES	17
2.12.1	Según su Naturaleza	17
2.12.2	Según su Estabilidad.....	18
2.12.3	Según la Facilidad para Romperlas	19
2.13	EMULSIÓN DEL SLOP	19
2.14	ORIGEN DE LAS EMULSIONES	19
2.15	FACTORES QUE IMPACTAN EN LA ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES.....	20
2.16	DISOLUCIÓN O DESINTEGRACIÓN DE LA EMULSIÓN	21
2.17	CENTRIFUGACIÓN.....	21
2.18	BSW	22
2.19	SEDIMENTOS BÁSICOS Y AGUA (BSW).....	22
3	<i>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</i>	23
3.1	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	23
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	23

3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	24
3.4	ANÁLISIS DE AGUA Y SEDIMENTOS	24
3.5	PRUEBAS TUBO CENTRÍFUGA ZANAHORIA	25
3.5.1	MATERIALES RFEQUERIDOS	27
3.6	DESARROLLO DE LA PRUEBA: LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE TUBO TIPO ZANAHORIA.....	27
3.7	REGISTRO DE RESULTADOS	28
3.8	PRUEBA THIEF	28
3.9	PRUEBA COMPUESTA.....	29
4	<i>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</i>	30
4.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
5	<i>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	35
6	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	37
7	<i>ANEXOS</i>	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Ilustración 1 Situación de los yacimientos de petróleo.....	6
Ilustración 2 Diagrama de análisis de riesgo.....	9
Ilustración 3 Piscina de Slop	11
Ilustración 4 Fraccionamiento S.A.R.A de una muestra de hidrocarburo	13
Ilustración 5 Microfotografía de una emulsión de Slop en agua.....	17
Ilustración 6 Microfotografía de una emulsión de agua en petróleo.....	18
Ilustración 7 Cuadro de barras con químico Heptano	32
Ilustración 8 Cuadro de barras con químico Pentano	33

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Rangos porcentuales aproximados proporcionales a la composición molecular de los hidrocarburos	12
Tabla 2 Gravedad API del petróleo	14
Tabla 3 Datos obtenidos posterior a la centrifugación	31
Tabla 4 Datos obtenidos en la prueba de tubo de zanahoria con químico Heptano.....	32
Tabla 5 Datos obtenidos en la prueba de tubo de zanahoria con químico Pentano	33

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Estudiantes Evelyn y Flor con la muestra de Slop tomada de RLL	41
Anexo 2 verificación de la muestra de Slop	41
Anexo 3 Análisis de la muestra	42
Anexo 4 Adición de demulsificante Pentano	42
Anexo 5 Adición de demulsificante Heptano	43
Anexo 6 Dilución de las gotas	43
Anexo 7 Toma de peso de los instrumentos	44
Anexo 8 Toma de peso de muestra en recipiente	44
Anexo 9 Muestra en centrífuga	45
Anexo 10 Centrífuga del laboratorio de petróleos.....	45

**“OPTIMIZACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS
RESIDUALES DE LAS PISCINAS API EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE LA REFINERÍA DE LA LIBERTAD”**

Autores: Figueroa Soriano Flor María

Tomalá Montenegro Evelyn Elizabeth

Tutor: Malavé Carrera Carlos Alfredo, Ing

RESUMEN

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. Los resultados indican una significativa reducción de la contaminación y la posibilidad de reutilizar las aguas residuales tratadas, alineándose con prácticas de laboratorio de aguas y sedimentos (Bsw) sostenibles. La optimización continua del sistema y el monitoreo ambiental riguroso son recomendaciones clave para mantener la eficiencia a lo largo del tiempo. Además, se destaca la importancia de la investigación de metodologías avanzadas y la promoción de la conciencia ambiental entre el personal involucrado. En conclusión, la implementación exitosa del método representa un paso trascendental hacia la gestión sostenible de los recursos hídricos y la reducción del impacto ambiental asociado con las aguas residuales de las piscinas API en la refinería La Libertad.

PALABRAS CLAVE: Optimización, Recuperación de hidrocarburos residuales, Piscinas API, Eficiencia del proceso, Impacto ambiental

**“OPTIMIZATION OF RESIDUAL HYDROCARBON RECOVERY FROM API
TANKS AT THE LA LIBERTAD REFINERY TREATMENT PLANT.”**

Autores: Figueroa Soriano Flor María

Tomalá Montenegro Evelyn Elizabeth

Tutor: Malavé Carrera Carlos Alfredo, Ing

ABSTRACT

The optimization of residual hydrocarbon recovery from API tanks at the La Libertad refinery treatment plant was carried out through a comprehensive system involving various treatment stages. Advanced methodologies were implemented to reduce waste pollution and neutralize elements, enhancing process efficiency. Results indicate a significant reduction in pollution and the possibility of reusing treated wastewater, aligning with sustainable practices for laboratory analysis of water and sediment (BSW). Continuous system optimization and rigorous environmental monitoring are key recommendations for maintaining efficiency over time. Additionally, the importance of researching advanced methodologies and promoting environmental awareness among staff is emphasized. In conclusion, the successful implementation of the method represents a significant step toward sustainable management of water resources and the reduction of environmental impact associated with API tank wastewater at the La Libertad refinery.

KEYWORDS: Optimization, Recovery of Residual Hydrocarbons, API Tanks, Process Efficiency, Environmental Impact.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la refinería La libertad existen actualmente 3 piscinas que contienen hidrocarburos residuales, 2 en el sector Cautivo y 1 en La Libertad, que están cubiertas en su máxima capacidad, convirtiéndose en pasivos ambientales, porque se han venido acumulando por años. Así mismo las 3 plantas (Universal, Parsons y Cautivo) generan en sus procesos hidrocarburos residuales, conocidos como SLOP, que requieren ser recuperados de manera cíclica a fin de no incrementar esta clase de pasivos ambientales.

Se incrementó la nueva planta de tratamiento de SLOP en refinería La Libertad, la que permite eliminar el pasivo ambiental que se encuentra acumulado en las 3 piscinas y además recuperar el SLOP como crudo a ser reprocesado, con el beneficio que esto representa de obtener crudo y eliminar un pasivo ambiental.

La responsabilidad que recae sobre EP PETROECUADOR de mitigar los pasivos ambientales, tal como se detalla en el Plan de Manejo Ambiental de la refinería La Libertad, de acuerdo con las pautas establecidas en el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones de Hidrocarburos en el Ecuador, específicamente en el Decreto Ejecutivo No. 1215. (MORENO, Agosto,2011)

1.2 ANTECEDENTES

El origen de la industria petrolera en Ecuador se remonta a la provincia de Santa Elena. En el período comprendido entre 1909 y 1929, diversas actividades de extracción de petróleo fueron llevadas a cabo en esta región por empresas privadas tanto nacionales como extranjeras. En 1919, la compañía Anglo Ecuadorian Oilfields fue establecida en Londres, Reino Unido, con el propósito de explotar los yacimientos de Ancón en la península de Santa Elena, cuya investigación y exploración habían comenzado cinco años antes.

En 1929, la mencionada compañía alcanzó su máximo rendimiento con la perforación del pozo 4, que generó una producción diaria de 3,000 barriles. Posteriormente, se sumaron centenares de pozos a esta producción. En ese momento, la empresa tomó la decisión de construir la primera refinería en suelo ecuatoriano para satisfacer las necesidades del mercado interno y dejar de depender de las importaciones de derivados, especialmente desde Perú. Así surgió la refinería La Libertad, ubicada en la península de Santa Elena.

En el año 1940, Anglo Ecuatorian Oilfields estableció la refinería con dos instalaciones iniciales, Foster y Stratford, en las proximidades del actual terminal de derivados. Estas instalaciones se abastecieron con una producción diaria de 7,000 barriles de crudo provenientes de Ancón, siendo transportados en esa época por ferrocarril hasta las instalaciones de refinación. La planta Foster estuvo en funcionamiento hasta 1956, mientras que la Stratford operó hasta 1968, abasteciendo el 65% de la demanda nacional de productos derivados del petróleo durante su período de actividad.

En el año 1956, se erigió una unidad de refinación adicional con dos instalaciones, Universal y Cracking Térmico. Posteriormente, en 1968, se integró la planta Parsons, con una capacidad inicial de refinación de 20,000 barriles diarios, lo que introdujo nuevos productos en el mercado. En 1989, la refinería de Anglo Ecuatorian Oilfields fue transferida nuevamente al Estado ecuatoriano tras la finalización de la concesión otorgada.

En el mes de noviembre de 1989, se estableció la subsidiaria Petropenínsula, la cual asumió la responsabilidad de gestionar las refinerías Anglo, incluyendo la planta Repetrol, que desde agosto de 1990 pasó a ser conocida como Cautivo. Estas instalaciones se fusionaron bajo una estructura administrativa y operativa unificada, dando lugar a la creación de la refinería La Libertad, que en la actualidad está bajo la dirección de la Gerencia de Refinación de EP Petroecuador.

En el presente, la refinería La Libertad tiene una capacidad de producción de 45,000 barriles diarios de derivados, con una carga anual promedio de 14,850,000 barriles.

La instalación cuenta con tres unidades de destilación primaria: la Planta Parsons, capaz de procesar 26,000 barriles por día (bpd); la Planta Universal, con una capacidad de 10,000 bpd; y la Planta Cautivo, con una capacidad de 9,000 bpd. El crudo procesado, con una densidad de 28. 5° API, atiende las necesidades de varias provincias ecuatorianas, a excepción de la gasolina extra. (Petroecuador, 2007)

Los hidrocarburos, como componentes esenciales del crudo, constituyen entre el 50% y el 98% en peso del contenido total. Estas sustancias complejas se agrupan en cuatro categorías: saturados, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos asfáltenos y resinas. La degradación de estos compuestos requiere la intervención de diversas especies microbianas, ya que cada microorganismo por sí mismo tiene limitaciones para degradar las distintas moléculas presentes. Los consorcios microbianos, formados por múltiples cepas de diversos géneros, exhiben la capacidad enzimática necesaria para transformar las variadas moléculas que componen los hidrocarburos, mitigando de esta manera el impacto ambiental y en la salud humana.

El entendimiento de la diversidad microbiana presente en el suelo es esencial para identificar qué poblaciones tienen un papel activo en la degradación de hidrocarburos. Las técnicas moleculares de análisis químico han posibilitado la detección de bacterias no cultivables, ofreciendo información sobre su función y rendimiento en el entorno. Estos hallazgos respaldan las estrategias de biorremediación basadas en la utilización de la microbiota autóctona del suelo, presentando una opción costo-eficiente para restablecer la calidad ambiental en el recurso suelo.

El éxito de la biorremediación se encuentra vinculado a la existencia de microorganismos que posean la capacidad metabólica apropiada en la ubicación afectada por la contaminación. Por esta razón, resulta crucial llevar a cabo una caracterización microbiológica en el lugar del vertido, que abarque la cuantificación de los microorganismos presentes, pruebas de biofactibilidad y análisis de biodegradabilidad en entorno de laboratorio. Estos estudios suministran información esencial para anticipar la duración necesaria para la biodegradación en el campo.

La velocidad de descomposición microbiana de hidrocarburos en suelos se encuentra influenciada por diversos parámetros fisicoquímicos, tales como la presencia de nutrientes (nitrógeno, fósforo), el contenido de oxígeno (O₂), la presión parcial de gases (P_v), la temperatura (T), el pH, la concentración de sales, el tamaño (diámetro) y la distribución de partículas (tamices), la capacidad reguladora del suelo, y la solubilidad (K_{sp} y %S), así como la concentración, cantidad y biodisponibilidad de los contaminantes. La disminución natural constituye uno de los principales mecanismos para eliminar los hidrocarburos del suelo, donde la biodegradación ocurre in situ mediante procesos fisicoquímicos de interacción entre el contaminante y el suelo.

El objetivo principal es reducir la concentración del contaminante de manera natural gracias a la acción de las poblaciones nativas de microorganismos del suelo. Otras vías para disminuir la concentración del contaminante incluyen la dispersión, dilución, volatilización, adsorción y reacciones químicas en el suelo. (Arrieta Ramírez, Rivera Rivera, Arias Marin, & Rojano, febrero-mayo, 2012)

1.3 HIPÓTESIS

La Optimización de la recuperación de hidrocarburos residuales de las piscinas API en la planta de tratamiento de la Refinería de La Libertad ayudará a que el porcentaje de recuperación de SLOP sea mayor y también a su vez reducirá el impacto ambiental.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Optimizar la recuperación de hidrocarburos residuales de las piscinas API en la planta de tratamiento de la Refinería de La Libertad.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Implementar sistema de tratamiento adecuado de recuperación de hidrocarburos de las aguas residuales de las piscinas API.

- Reducir la contaminación por residuos y hacerlos inocuos para el medio ambiente.
- Reutilizar si es posible, estas aguas residuales después del tratamiento.

1.5 ALCANCE

Este proyecto se efectuará de manera que la obtención de hidrocarburos proveniente de las aguas residuales de las piscinas API se efectúe de una manera óptima que permita obtener un mayor porcentaje de este hidrocarburo para que de esta manera sea más conveniente reducir el daño ambiental y a su vez incrementar el factor de recobro.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Variables Dependientes

- Recuperación de crudo.

1.6.2 Variables Independientes

- Características de las aguas residuales
- Viscosidad de los fluidos
- Diluyente (emulsificante)

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ORIGEN DEL PETRÓLEO

Dentro de todas las teorías que han buscado explicar el origen del petróleo, la más respaldada es aquella que atribuye su inicio a procesos orgánicos. Durante millones de años, la flora marina, representada por el fitoplancton, realizó la conversión del dióxido de carbono en materia vegetal, que a su vez servía de alimento para diversos microorganismos marinos, como el zooplancton, en un proceso análogo al que sigue ocurriendo en la actualidad. Al fallecer, los restos de las sucesivas generaciones de este fitoplancton se depositaron en el lecho marino, mezclándose con sedimentos arenosos. Esta materia orgánica inició un proceso lento de descomposición bajo la influencia de la presión y la actividad de bacterias anaerobias, dando origen al petróleo. Posteriormente, movimientos geológicos permitieron que el petróleo formado escapara de su lecho original, migrando a lo largo de capas permeables situadas entre otras impermeables. Finalmente, el petróleo quedó retenido en fallas, anticlinales u otros accidentes geológicos de la roca porosa. (Yergin, 1992)

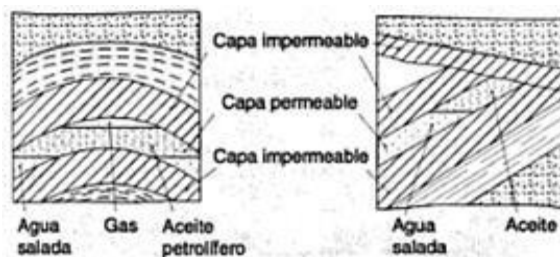


Ilustración 1 Situación de los yacimientos de petróleo

2.2 HISTORIA DEL PETRÓLEO EN EL ECUADOR

La producción petrolera en Ecuador se puede dividir en dos fases bien definidas. La primera abarca el período desde la década de 1930 hasta la década de 1960, cuando se llevó a cabo la explotación petrolera en la Península de Santa Elena, extrayendo un crudo liviano con una gravedad API de 32°. (Comercio, 2012)

La segunda etapa comienza en 1970 con el descubrimiento del campo Lago Agrio en el Oriente Ecuatoriano y se extiende hasta la actualidad (Patrice Baby., 2004)

En cuanto a la refinación del petróleo, se trata de un proceso industrial de tipo cerrado, lo que significa que no existe la posibilidad de que alguno de sus procesos se realice al aire libre. Este proceso implica la obtención de derivados que se separan según su punto de ebullición, y al ser un proceso cerrado, proporciona una protección a la salud de los trabajadores, siempre y cuando no haya fugas de producto.

2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN REFINERIAS

El tratamiento de aguas residuales provenientes de refinerías de petróleo plantea un desafío significativo para los fabricantes, tanto en términos de robustez como de flexibilidad operativa, constituyendo un aspecto crucial debido a la variabilidad en las concentraciones de los efluentes descargados. (SUMIOWATER, 2013)

La actividad esencial de la explotación y procesamiento del petróleo, integrada en el modelo productivo, persiste como una práctica fundamental. Las extensas instalaciones de refinación producen efluentes que contienen niveles significativos de contaminantes, y hasta el momento, las tecnologías implementadas han mostrado ser inadecuadas para eliminar compuestos orgánicos persistentes, como el fenol, como lo indican los niveles elevados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) observados en los efluentes caracterizados. (Cuadra & Rebeca, 2016)

Las aguas residuales industriales que contienen compuestos fenólicos presentan un desafío significativo en términos de descarga debido a su limitada capacidad de biodegradación, alta toxicidad y preocupaciones ambientales. Tanto los compuestos fenólicos como el benceno, etilbenceno, xileno, tolueno e hidrocarburos aromáticos policíclicos exhiben una toxicidad extrema, y su estabilidad les confiere la capacidad de persistir durante períodos prolongados, acumulándose en la biota y causando daños considerables tanto en los ecosistemas como en la salud humana. (Cuadra & Rebeca, 2016)

El objetivo propuesto aborda la recuperación de residuos de hidrocarburos provenientes de la limpieza de tanques de almacenamiento (piscinas API) de la Refinería La Libertad, con el fin de resolver los pasivos ambientales de la planta y cumplir con las normas y procedimientos ambientales certificados. La construcción de la planta de recuperación y tratamiento de hidrocarburos residuales-SLOP, llevada a cabo por EP Petroecuador dentro de las instalaciones del centro refinador peninsular, responde a este propósito. (EP, 2016)

La biorremediación, como método para eliminar contaminantes utilizando microorganismos, constituye un proceso complejo que debe considerar la naturaleza y cantidad de los contaminantes, las condiciones locales y la composición de la comunidad microbiana autóctona. Este proceso implica el tratamiento in situ o en biorreactores del material contaminado. (Hernández, 2011)

Durante los tratamientos de este tipo, se produce la emisión de compuestos volátiles a la atmósfera. Sin embargo, no todos los hidrocarburos se degradan con la misma velocidad o eficiencia; los hidrocarburos aromáticos policíclicos (o PHA's por sus siglas en inglés), que son comúnmente encontrados en crudos extrapesados similares a las borras, tienden a ser recalcitrantes, potencialmente bioacumulables y altamente carcinogénicos. Por lo tanto, la degradación de estos compuestos mediante biorremediación no es sencilla y requiere precaución. (Hernández, 2011)

2.4 MARCO LEGAL

En todas las operaciones industriales, las tareas están intrínsecamente vinculadas a la probabilidad de que se produzcan diversas interacciones entre el entorno y el individuo, lo que significa que cada trabajo conlleva un riesgo.

En la siguiente tabla, se detalla el análisis de riesgos asociados con las actividades descritas y desarrolladas durante la investigación. El Artículo 23 aborda los factores de riesgo identificados en la empresa, específicamente en los procesos propios de la EP Petroecuador. En este contexto, se identifican factores de riesgo tales como mecánicos, físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales.

La prevención de estos riesgos para la seguridad y la salud se lleva a cabo mediante la implementación de acciones preventivas en la fuente y en el entorno.

Solo en casos en los que resulte técnicamente factible, se recurre al uso de medios de protección personal (Cajamarca, 2015).

PROCESO	ACTIVIDAD	DESCRIPCION DEL FACTOR	EFECTO O CONSECUENCIA	TIPO DE RIESGO	ESTIMACION DEL RIESGO									
					Probabilidad			Consecuencia				RIESGO		
					B	M	A	LD	D	ED				
TRATAMIENTO QUIMICO DEL SLOP CONTENIDO EN LOS TANQUES Y-T8011/2 DE LA REFINERIA DE ESMERALDAS DE LA EP PETROECUADOR	1. TOMA DE MUESTRAS DE PISCINA DE SLOP	CAÍDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL	GOLPES, TRAUMATISMO	MECÁNICO	X					X		R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO	
		CAÍDAS DE PERSONAS EN EL MISMO NIVEL	TORCEDURAS, FISURAS	MECÁNICO	X					X		R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO	
		PICADURA DE INSECTOS: ABEJAS, ETC.	ALERGIAS	BIOLÓGICO		X					X		R.MODERADO	RIESGO NO CONTROLADO
		EXPOSICIÓN A VAPORES (GASOLINA, DIESEL, BIOCLEANER, QUÍMICOS)	IRRITACION DE MUCOSAS	QUÍMICO			X			X			R.IMPORTANTE	RIESGO NO CONTROLADO
	2. ANALISIS DE LABORATORIO	CAÍDAS DE PERSONAS EN EL MISMO NIVEL	TRAUMATISMO	MECÁNICO	X					X			R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO
		RADIACIONES NO IONIZANTES: UV	IRRITACION DE LA CONJUNTIVA DEL OJO	FÍSICO	X					X			R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO
		EXPOSICIÓN A VAPORES (GASOLINA, DIESEL, BIOCLEANER, QUÍMICOS)	IRRITACION DE MUCOSAS	QUÍMICO		X				X			R.MODERADO	RIESGO NO CONTROLADO
		PICADURA DE INSECTOS: ABEJAS, ETC.	ALERGIAS	BIOLÓGICO			X			X			R.IMPORTANTE	RIESGO NO CONTROLADO
	3. TABULACION DE RESULTADOS	RADIACIONES NO IONIZANTES: UV	IRRITACION DE LA CONJUNTIVA DEL OJO	FÍSICO	X					X			R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO
		PICADURA DE INSECTOS: ABEJAS, ETC.	ALERGIAS	BIOLÓGICO	X					X			R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO
		POSICIONES ESTÁTICAS: SENTADO, PARADO	BURSITIS	ERGONÓMICO	X					X			R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO
		CANSANCIO Y FATIGA	FATIGA	SICOSOCIAL	X					X			R.TOLERABLE	RIESGO CONTROLADO
	4. REDACCION Y PRESENTACION DE TESIS	PICADURA DE INSECTOS: ABEJAS, ETC.	ALERGIAS	BIOLÓGICO	X					X			R.TRIVIAL	RIESGO CONTROLADO
		POSICIONES ESTÁTICAS: SENTADO, PARADO	LUMBALGIAS	ERGONÓMICO		X				X			R.MODERADO	RIESGO NO CONTROLADO
		STRESS	PROBLEMAS MUSCULO ESQUELETICOS	SICOSOCIAL		X				X			R.MODERADO	RIESGO NO CONTROLADO

Ilustración 2 Diagrama de análisis de riesgo

2.5 REGLAMENTO AMBIENTAL PARA OPERACIONES HIDROCARBURÍFERAS

Monitoreo (ambiental): Supervisión constante a través de registros ininterrumpidos, observaciones y mediciones, recolección de muestras y análisis de laboratorio, junto con la evaluación de estos datos para discernir el impacto de los parámetros observados en la salud y el entorno (= monitoreo ambiental).

Art.39.- Calificación de laboratorios.- Los exámenes de carácter físico-químico y biológico destinados a los Estudios Ambientales, así como al seguimiento y la supervisión de los parámetros contemplados en esta normativa, deberán llevarse a cabo en laboratorios previamente certificados por la Subsecretaría de Protección Ambiental del

Ministerio de Energía y Minas, siguiendo las regulaciones establecidas con este fin (Bejarano, 2010).

Art.66.- Gestión y procesamiento de vertidos, emisiones y residuos. - Cada instalación destinada a la industrialización debe contar con sistemas cerrados para el tratamiento de vertidos, la supervisión de emisiones atmosféricas y la gestión de residuos sólidos generados durante los diversos procesos. Estos sistemas deben ajustarse a los requisitos establecidos en los artículos 28, 29, 30, 31 y 32 de la presente normativa. Se otorgará preferencia al empleo de tecnologías limpias. Adicionalmente, se deberán acatar las siguientes disposiciones:

Manejo de desechos sólidos. Los desechos sólidos especiales, tanto domésticos como industriales, serán sometidos a tratamiento y gestión de acuerdo con las siguientes directrices (Bejarano, 2010):

- a) En el caso de los desechos industriales, se implementará una planta de tratamiento que cumpla con especificaciones técnicas ambientalmente aceptables, con el objetivo de reducir tanto el volumen como la concentración de los contaminantes presentes en dichos desechos.
- b) Los residuos sólidos especiales, considerados peligrosos, serán clasificados, tratados y dispuestos de manera apropiada, según sea necesario.
- c) Es imperativo proporcionar capacitación al personal en relación con la manipulación, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición de los desechos generados en el ámbito industrial.

Art. 63.- Estudios Ambientales.- Los Estudios Ambientales correspondientes al área de influencia, que abarcarán el Diagnóstico Ambiental– Línea Base, ya sea mediante su presentación inicial o mediante una actualización y/o profundización, serán requeridos para respaldar el proceso de diseño, construcción y operación de infraestructuras destinadas a la industrialización de hidrocarburos, como plantas de gas, refinerías, instalaciones petroquímicas, instalaciones de fabricación de aceites y grasas lubricantes, así como instalaciones destinadas al tratamiento y/o reciclaje de aceites empleados, entre otras (Bejarano, 2010).

2.6 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE TRABAJO

Antes de acceder a la instalación de Slop, es obligatorio participar en una sesión de seguridad industrial dirigida por parte del personal encargado de la Salud y Seguridad Industrial en Refinería La Libertad. Durante esta charla, se proporciona información sobre los posibles riesgos asociados con la entrada a una planta de refinación industrial.

A continuación, la seguridad se inicia a nivel individual, con cada persona utilizando su Equipo de Protección Personal (EPP), que incluye casco, botas de seguridad, guantes, mascarilla, gafas de seguridad, y vestimenta de manga larga y pantalón, preferiblemente en tela ignífuga.

En el área de trabajo de la planta de Slop, existen riesgos al tomar muestras para realizar análisis. Desde el momento en que el personal ingresa al lugar de trabajo, es posible observar la presencia de gases tóxicos en el entorno de la planta. Durante la toma de muestras de Slop, se aconseja el uso de guantes de caucho y gafas de seguridad, ya que, al abrir la válvula de salida, existe el riesgo de que la persona se ensucie o manche de manera significativa.

Dado que el Slop generado por la refinería se dirige a una piscina, se advierte evitar situarse en los bordes de la piscina para prevenir resbalones y posibles caídas al agua.



Ilustración 3 Piscina de Slop

2.7 CARACTERIZACIÓN DEL PETRÓLEO

2.7.1 Definición del Petr6leo

El petr6leo es una combinaci6n natural en estado l6quido con una composici6n compleja que engloba una serie de hidrocarburos y elementos inorg6nicos, tales como azufre, ox6geno y nitr6geno, en proporciones que pueden variar (Farias, 2014).

2.7.2 Clasificaci6n del Petr6leo

El petr6leo en su estado crudo est6 constituido mayormente por hidrocarburos, siendo el carbono el componente principal, representando alrededor del 85%, y el hidr6geno alrededor del 13%. (Blanco, 2010)

Adem6s, contiene otros elementos como nitr6geno y azufre, presentes en aproximadamente el 0,5%, as6 como metales como hierro y n6quel, que constituyen menos del 0,1%. (Turgeon, 2022). La Tabla 1 presenta los intervalos porcentuales aproximados de los diversos compuestos de hidrocarburos.

Tabla 1 Rangos porcentuales aproximados proporcionales a la composici6n molecular de los hidrocarburos (Turgeon, 2022)

COMPOSICI6N POR PESO	
Elemento	Rango porcentual
Carbon6n	83 -87%
Hidr6geno	10 -14%
Nitr6geno	0,1-2,0%
Ox6geno	0,1-1,5%
Azufre	0,5-6,0%
Metales	menos de1000ppm

Los hidrocarburos pueden dividirse en cuatro categorías mediante un proceso de separación, denominadas saturados o parafinas, aromáticos, resinas y asfáltenos, conocidos comúnmente como S.A.R.A., tal como se ilustra en la Figura 3. Este fraccionamiento se logra mediante un tratamiento químico o físico aplicado a los hidrocarburos. (Alina Gómez Loarte, Luis Huamán Mesia, Carmen Lauro Guzmán, César Quiróz Peralta, Daniel Quineche Meza, César Serra Guerra, Miguel Inicio Barandiarán, 2000)

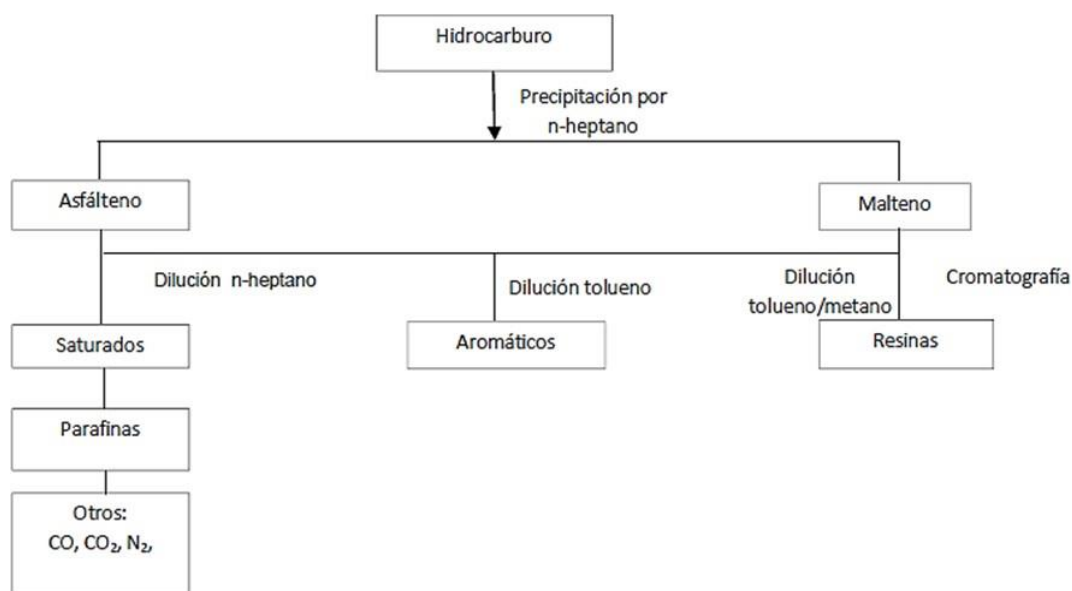


Ilustración 4 Fraccionamiento S.A.R.A de una muestra de hidrocarburo

El petróleo se clasifica en tres categorías según su composición:

a) Parafinas

Los compuestos parafínicos se distinguen por su tonalidad más clara, fluidez y baja densidad, que oscila entre 0,75 y 0,85 g/ml. Estos se identifican por contener más del 50% de hidrocarburos saturados, siendo los alcanos o parafinas superiores al 40% dentro de esta categoría (León, 2011).

b) Nafténico o Asfáltico

Los hidrocarburos nafténicos y asfálticos son sustancias alicíclicas, como el ciclopentano y el ciclohexano, junto con sus diversos derivados que pueden presentar diferentes sustituciones (Urquijo B. , 1969).

c) Mixto

Atributos y eficiencias situados en un punto intermedio entre las dos variables fundamentales (Coloma, 2012).

2.8 GRAVEDAD API

La gravedad API constituye una medida de la densidad relativa de distintos líquidos de petróleo, expresada en grados, y se desarrolló a través del Instituto Estadounidense del Petróleo (American Petroleum Institute, API). Esta escala está calibrada en un instrumento de hidrómetro y fue concebida de modo que la mayoría de los valores se ubiquen en el rango de 10° a 70° de gravedad API. (Schlumberger, 2022)

De acuerdo con su densidad API, el crudo se categoriza en: liviano, mediano, pesado y extrapesado como se detalla en la Tabla

TIPO DE PETRÓLEO	CARACTERÍSTICAS
Liviano	API es mayor que 30 grados
Mediano	API está entre 22 y 30 grados
Pesado	API está entre 22 y 10 grados
Extrapesado	API menor que 10 grados

Tabla 2 Gravedad API del petróleo (Schlumberger, 2022)

Los crudos también se dividen en categorías de "dulces" (con menos del 0,5% de contenido de azufre) y "agrios" (con un contenido de azufre superior al 1,0%). (Guillaume Fontaine, 2004)

2.9 COMPUESTOS FUNDAMENTALES DEL PETRÓLEO

Los elementos predominantes consisten en hidrocarburos saturados de estructura lineal (parafinas), de tipo cíclico (naftenos) y aromáticos. Dada la composición intrincada del petróleo, su descripción suele expresarse en función de familias de hidrocarburos. Comúnmente. (Luz, 2019)

Se identifican las siguientes categorías:

- **Hidrocarburos saturados.**

Los hidrocarburos saturados son categorizados como parafinas, isoparafinas y naftenos. Las olefinas (alquenos) y los alquinos no son componentes naturales presentes en los crudos, pero pueden surgir en algunas fracciones como resultado de procesos térmicos y catalíticos aplicados en refinerías.

Las n-parafinas de alto peso molecular ejercen una influencia significativa en la viscosidad, ya que tienden a cristalizar fácilmente, incluso a temperaturas por encima del ambiente, formando suspensiones. Por otro lado, las isoparafinas con el mismo número de átomos de carbono exhiben puntos de solidificación más bajos. (Bouzas, 2010)

- **Hidrocarburos aromáticos.**

Los hidrocarburos aromáticos constituyen en una categoría de compuestos que consisten en cadenas de carbono e hidrógeno dispuestas de manera exclusiva en una estructura cíclica, adoptando una forma de anillo. Estos compuestos exhiben dobles resonantes conjugados. (Noguera, 2020)

2.10 SLOP

Uno de los subproductos resultantes es conocido como slop oil o coloquialmente referido como producto de slop (Network, 2014). La formación de este subproducto tiene lugar en los siguientes procesos:

- Durante la preparación de los tanques de crudo para su envío a la planta, se lleva a cabo el drenaje de agua. La mezcla de agua con residuos de hidrocarburos se dirige hacia la red aceitosa.
- Se produce el drenaje de hidrocarburos de las corrientes operativas debido a diversas razones, como naftas contaminadas o la retirada de servicio para el mantenimiento de equipos estáticos o rotativos. Estas corrientes son canalizadas hacia la red aceitosa.

2.10.1 ¿Qué es el Slop?

La palabra "slop" se traduce literalmente como "derrame" o "vertimiento". Sin embargo, en el contexto de los hidrocarburos, las refinerías a nivel mundial utilizan el término "slop" para referirse a una mezcla de productos hidrocarburos de baja calidad o contaminados, originados en los procesos de diversas plantas de refinación y petroquímica (Sereco, 2022).

La composición de esta mezcla es altamente heterogénea, ya que depende de la relación y clase de los productos que la conforman, razón por la cual no se puede calcular su gravedad API. Por otro lado, en la actividad de exploración y explotación de hidrocarburos, el "slop oil" se considera una emulsión, resultado de la combinación de agua con hidrocarburo.

2.10.2 Deshidratación de Slop

En el curso de la deshidratación del slop, el objetivo primordial consiste en la segregación del agua, ya sea en forma libre o emulsionada, dado que esta última contiene sales inorgánicas (Donis R., Federico A. Ricaurte F., Marvin J., 2017). Como consecuencia de un proceso de deshidratación de slop eficaz, se busca lograr lo siguiente:

1. Inicialmente, se procederá con la separación del agua.
2. La separación de los sedimentos se erige como un proceso esencial.
3. Se busca una precisa delimitación de la interfaz entre el agua y el slop.

4. Se persigue alcanzar la máxima velocidad y eficacia en el proceso de separación.
5. Se pretende minimizar la presencia de aceite en el agua segregada, procurando su reducción al mínimo posible.

2.11 EMULSIÓN

Se hace referencia a una emulsión como la cantidad de agua contenida o localizada dentro de una composición hidrocarburífera. Una emulsión se configura como un sistema que surge al mezclar dos fases líquidas no miscibles, siendo una de ellas dispersada en la otra. La estructura de la emulsión se estabiliza mediante un agente emulsionante presente en una de las fases (Salager, 1999).

En esta situación particular, la sustancia líquida que configura las diminutas gotas dentro de la emulsión se identifica como la fase dispersa, mientras que la sustancia que envuelve la fase dispersa se conoce como fase continua o medio dispersante. En el contexto específico de la investigación en cuestión, los líquidos no miscibles abordados son el agua y el petróleo (Poindexter, 2003).

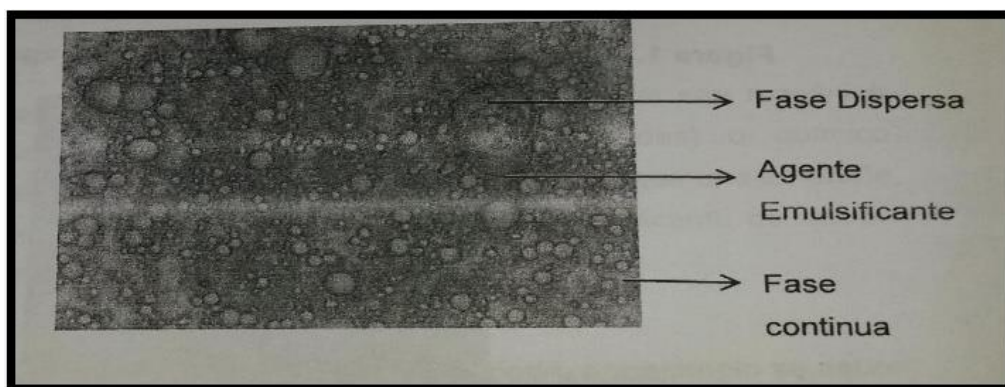


Ilustración 5 Microfotografía de una emulsión de Slop en agua

2.12 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES

Las emulsiones se categorizan según los criterios que se consideren, tales como:

2.12.1 Según su Naturaleza

- **Directa Agua/Petróleo(A/P)**

Es aquella en la cual la fase externa o continua consiste en petróleo, mientras que la fase dispersa está compuesta por agua.

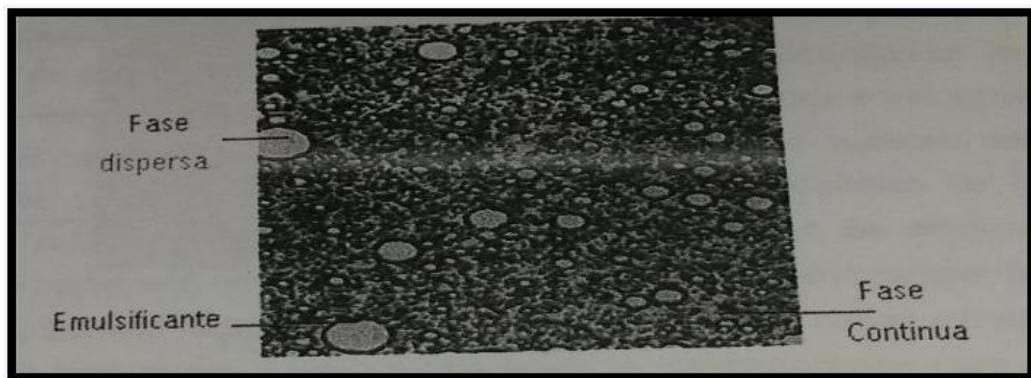


Ilustración 6 Microfotografía de una emulsión de agua en petróleo

- **Inversa Petróleo/ Agua (P/A)**

La fase continua se caracteriza por ser el agua, mientras que la fase dispersa se representa por el petróleo.

- **Emulsiones Multi – Fásicas O Mixtas**

Se encuentran en situaciones en las que ambas clases de emulsiones, tanto la de agua/petróleo como la de petróleo/agua, se presentan simultáneamente. Este fenómeno ocurre en los tanques de almacenamiento, donde diversas emulsiones se han combinado y se les ha permitido reposar durante un período determinado.

2.12.2 Según su Estabilidad

- **Estable**

Después de su formación, la única forma de lograr la separación de las fases es mediante la aplicación de tratamientos químicos, mecánicos y/o térmicos.

- **Inestable**

Ocurre cuando, después de su formación, al permitir que la emulsión repose durante un periodo, las fases se separan naturalmente debido a la gravedad.

2.12.3 Según la Facilidad para Romperlas

- **Floja o Suave**

Se refiere a la situación en la que la emulsión puede descomponerse mediante un tratamiento simple, ya sea de naturaleza mecánica (mediante la separación en un tanque debido a la diferencia de densidades) o química (mediante la adición de desemulsionante), como se presenta en este proyecto. Por experiencia, se ha observado que una emulsión se considera débil cuando al agregar entre 1 y 4 gotas (0,04 ml) de un desemulsionante de acción rápida (D.A.R) y someterla a centrifugación, se rompe.

- **Dura**

Se refiere a la situación en la cual se necesita emplear diversos procedimientos para descomponer la emulsión. Esto implica la utilización de separadores mecánicos y tratadores electrostáticos, además de aplicar un tratamiento químico adicional. Con base en la experiencia, se ha constatado que una emulsión se considera resistente cuando, al agregar más de 10 gotas (0,1 ml) de un desemulsionante de acción rápida (D.A.R) y someterla a centrifugación, se produce su ruptura.

2.13 EMULSIÓN DEL SLOP

La formación de la emulsión en el Slop se produce cuando el agua entra en contacto con el hidrocarburo, lo que implica que el agua está dispersa en el interior del hidrocarburo. Esto dificulta su utilización, ya que la separación mediante métodos físicos no es muy eficaz. Por esta razón, se requiere la aplicación de agitación, cambios de temperatura y agentes químicos desemulsionantes para facilitar la separación del agua y el hidrocarburo. (Richard, 1992)

2.14 ORIGEN DE LAS EMULSIONES

Para que se origine una emulsión, es necesario cumplir con tres condiciones, según indicó (Purchas, 1981):

- a) Los líquidos deben carecer de miscibilidad entre sí.
- b) La agitación debe ser lo bastante intensa para lograr la dispersión de un líquido en el otro.
- c) Es esencial contar con la presencia de un agente emulsificante.

2.15 FACTORES QUE IMPACTAN EN LA ESTABILIDAD DE LAS EMULSIONES

La resistencia de las emulsiones puede evaluarse considerando el tiempo necesario para que las fases se separen o la cantidad en mililitros de desemulsionante de acción rápida requerida en el laboratorio para separar la emulsión mediante el método de BSW por centrifugación (según ASTM D4007-08) (Kokal, S; AL-Jamal, J, 1999).

Esto está influenciado por diversos factores, que incluyen:

- **Viscosidad de la fase continua**

El "Slop" de alta viscosidad demanda un período más extenso para que las gotas de agua se fusionen y se depositen en comparación con un "Slop" de menor viscosidad. Este fenómeno se atribuye a que las gotas de agua en el "Slop" de alta viscosidad no pueden desplazarse tan rápidamente como en uno de baja viscosidad, debido a la oposición generada entre la fase continua y las moléculas de la fase dispersa.

- **Temperatura**

Generalmente, el incremento de la temperatura ocasiona tres efectos notables en la estabilidad de la emulsión: la viscosidad disminuye, facilitando la coalescencia de las gotas de agua; la película de emulsificante alrededor de las gotas se debilita o rompe debido a la expansión de las gotas de agua; y con frecuencia, hay una reducción en la eficiencia del emulsificante, como, se menciona el proceso de fusión de agentes parafínicos. Asimismo, el incremento de la temperatura conlleva a un aumento en la disparidad de densidad entre los fluidos, dando lugar a una separación acelerada del agua.

- **Tiempo de existencia de la emulsión**

El registro cronológico de las edades de las emulsiones se inicia desde su formación, con la finalidad ulterior de someterlas a un proceso de tratamiento o facilitar su separación según sea necesario. Como resultado, estas emulsiones desarrollan estabilidad con el transcurso del tiempo, fenómeno condicionado por la presencia del agente emulsionante y las características del agua, lo que contribuye a una mayor capacidad de resistencia frente a la deshidratación. (Vernon, 1992)

2.16 DISOLUCIÓN O DESINTEGRACIÓN DE LA EMULSIÓN

En una emulsión que involucra agua en Slop (Sharamm, 1992), se evidencian de manera constante dos fuerzas antagónicas:

La tensión superficial del agua facilita la formación de gotas más grandes a partir de gotas pequeñas, las cuales eventualmente se sedimentan debido a la gravedad.

- a) La película formada por el agente emulsificador alrededor del agua actúa como una barrera para impedir la unión de las gotitas, incluso en el caso de colisiones entre ellas, evitando la formación de gotas más grandes.

La única opción en este escenario es romper la película del agente emulsificante que está generando estas fuerzas en conflicto. Con este propósito, se emplean actualmente tres métodos generales de tratamiento, variando en su aplicación según las características específicas de las emulsiones (Mendez, 1992). Dichos métodos son:

- a) Método mecánico
- b) Método químico
- c) Método eléctrico

El método químico se muestra más efectivo, ya que se ha demostrado que la separación de agua en el petróleo se logra en cantidades mayores y en un tiempo reducido, dependiendo del grado API del hidrocarburo, mediante este enfoque.

2.17 CENTRIFUGACIÓN

Se trata de un dispositivo con la capacidad de hacer girar cuatro o menos tubos de centrífuga a una velocidad cuidadosamente controlada. La cabeza giratoria, los amortiguadores y demás componentes de la centrífuga han sido diseñados de manera que una fuerza centrífuga de baja intensidad sea distribuida para otorgarle mayor potencia ((INEN), 1998).

Su función principal es acelerar el proceso de decantación o sedimentación de los componentes presentes en la muestra mediante la aplicación de fuerzas centrífugas. Estas fuerzas deben ser uniformes en dirección y magnitud, razón por la cual se recomienda colocar dos tubos idénticos de centrífuga en posiciones opuestas, o disponer de cuatro tubos iguales de centrífuga en cualquier disposición.

Los tubos de centrifuga tienen una forma cónica, y la precisión en la lectura de los resultados depende en gran medida del conocimiento detallado sobre el funcionamiento de este instrumento. En el caso de los tubos de 100 ml, se utiliza para determinar la cantidad de BSW (Basic Sediment and Water) (Wakeman, 1995).

2.18 BSW

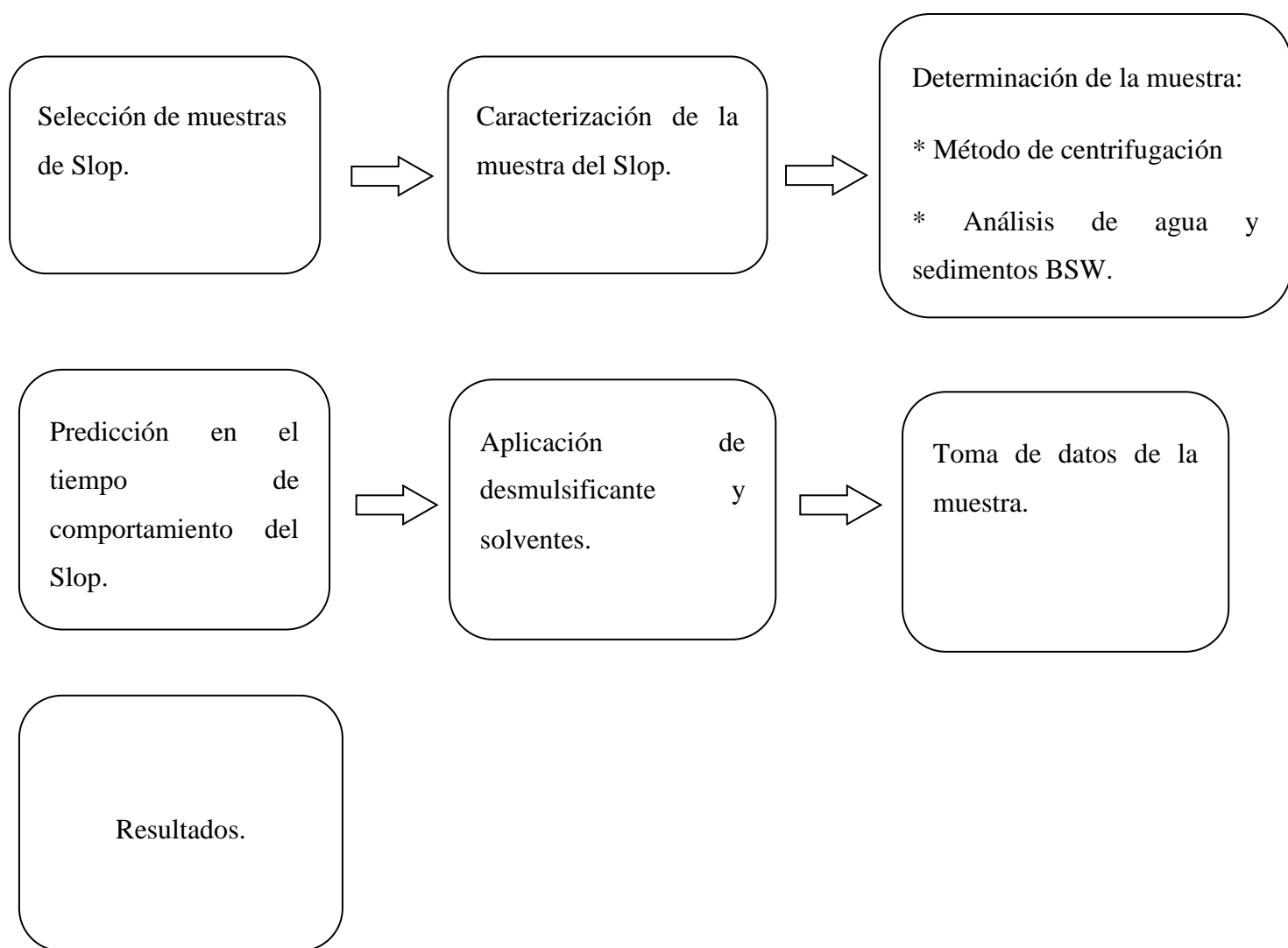
El BSW (por sus siglas en inglés, "Basic Sediment and Water") es una propiedad de considerable relevancia al momento de realizar la evaluación de la calidad del crudo. Existen diversas metodologías para su determinación, las cuales varían en cuanto a precisión y validez. Una de las pruebas más precisas es el método de centrifugación, mediante el cual se puede determinar con exactitud el contenido de agua y sedimentos en una muestra, aprovechando las capacidades de la centrífuga (Echeverri Parra, 2023).

2.19 SEDIMENTOS BÁSICOS Y AGUA (BSW)

El propósito principal de determinar el BSW (Basic Sediment and Water) en el petróleo radica en obtener con precisión el porcentaje de agua presente en la producción, permitiendo así calcular la cantidad exacta de petróleo producido. Además, esta información es crucial para tomar decisiones correctivas en caso de que se detecte un alto contenido de agua. Para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema, es aconsejable que el porcentaje de BSW no supere el 10%, ya que valores superiores podrían ocasionar problemas de corrosión y formación de escala (carbonato de calcio) en los componentes del subsuelo y la superficie, reduciendo así la vida útil de dichos elementos. El análisis del BSW se realiza en el laboratorio mediante el uso de tubos que contienen la muestra de petróleo cuyo contenido de sedimentos básicos y agua se desea determinar. Estos tubos suelen estar marcados con porcentajes de 100 y 200% (Marcelo René Morales, 2013).

3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN



3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación es la optimización de la recuperación de hidrocarburos residuales de las muestras de las piscinas API de la planta de tratamiento de la refinería La Libertad de forma cualitativa, por lo cual, el enfoque de la investigación será de carácter experimental, implicando la manipulación de variables, muestras y el entorno en el cual se llevarán a cabo las pruebas de laboratorio.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Debida caracterización del crudo Slop de las piscinas API de la Refinería La Libertad, su identificación y descripción del crudo Slop y otras fracciones se centraron en la determinación de la gravedad específica en grados ($^{\circ}$ API), la cuantificación del contenido de agua y sedimentos en cada tipo de crudo, así como la separación y análisis granulométrico de los sólidos presentes en el crudo Slop. Los procedimientos detallados para la evaluación de la gravedad en grados API, el análisis del contenido de agua y sedimentos, así como el análisis granulométrico, se presentan a continuación.

3.4 ANÁLISIS DE AGUA Y SEDIMENTOS

Para llevar a cabo la determinación de agua y sedimentos, se siguió el procedimiento establecido en la norma ASTM D4007-08, siguiendo los pasos detallados a continuación:

1. Se dispusieron de heptano y pentano en los tubos destinados para la centrifugación.
2. Se añadieron muestra de Slop en cada tubo, alcanzando la marca de 100 ml.
3. Se realizó una agitación vigorosa en cada tubo.
4. Antes de aplicar el demulsificante, se llevó a cabo una prueba preliminar.
5. Se procedió a conectar la centrífuga.
6. Los tubos se posicionaron en la centrifuga de manera opuesta, logrando un equilibrio en tres soportes tubulares. Luego, se cerró la tapa de la centrifuga.
7. La velocidad de la centrífuga se ajustó y se centrifugó por un periodo de 5 minutos.
8. Tras el tiempo especificado, los tubos se retiraron de la centrifuga y se procedió a leer la cantidad de agua libre mediante la escala del tubo. Todos los datos resultantes fueron debidamente registrados.

9. Se optaron por los agentes químicos demulsificantes que serían empleados en la prueba.
10. En cada uno de los tubos utilizados en la prueba anterior, se eliminó la emulsión que se encontraba sobre el agua libre mediante un alambre delgado, se agitó vigorosamente y se añadieron de 2 a 3 gotas del demulsificante seleccionado.
11. Posteriormente, se sometieron los tubos a centrifugación nuevamente, manteniendo las mismas condiciones iniciales, y se procedió a registrar los valores correspondientes al volumen total de agua obtenido en cada tubo.
12. Se anotó el volumen de emulsión resultante, calculado como la diferencia entre el valor de agua total leído y el valor de agua libre registrado en la primera centrifugación (sin adición de demulsificante).
13. Se registró el valor correspondiente a la cantidad de sedimentos presente en la muestra.

3.5 PRUEBAS TUBO CENTRÍFUGA ZANAHORIA

La prueba de tubo centrifuga zanahoria representa uno de los métodos para la selección de agentes químicos demulsificante. Su denominación se deriva del tipo de recipiente empleado, en el cual se introduce una cantidad específica de muestra emulsionada que será objeto de tratamiento.

A través de esta prueba, es posible identificar qué compuesto químico desestabiliza de manera eficaz la emulsión presente en el crudo. Además, la prueba proporciona información acerca de la proporción precisa del compuesto químico requerida para tratar el volumen de crudo emulsionado sometido a evaluación.

Existen bases y principios específicos que deben regir estas pruebas para garantizar la confiabilidad de sus resultados.

Estos incluyen:

- La muestra empleada en la prueba debe ser representativa del petróleo emulsionado que se someterá a tratamiento.
- La muestra seleccionada debe ser fresca para evitar el impacto del envejecimiento, un fenómeno presente en algunas emulsiones que puede distorsionar los resultados de la prueba. No obstante, en el caso del crudo Slop, este principio carece de relevancia considerando que este tipo de crudo ha estado almacenado durante varios meses, experimentando un proceso de envejecimiento que ha vuelto su emulsión muy estable.
- Durante la prueba, se deben replicar las condiciones de agitación y temperatura que se encuentran en el sistema de bombeo del crudo que será objeto de análisis.

Para efectuar las pruebas se desarrollaron las siguientes etapas:

1. Toma de muestra
2. Materiales requeridos
3. Preparación de las muestras del compuesto demulsificante
4. Desarrollo de la prueba
5. Registro de resultados
6. Prueba Thief
7. Prueba Compuesta

Toma de muestra: Las muestras de crudo Slop fueron extraídas directamente de los tanques de almacenamiento, especialmente aquellas provenientes del estrato inferior de los tanques. Este estrato presenta una mayor concentración de agua y sedimentos debido a la estratificación que experimenta el crudo durante su periodo de almacenamiento. La selección de este método de muestreo tiene como objetivo tratar el crudo en condiciones desfavorables, garantizando así que el resto del crudo responda de manera más favorable al proceso de tratamiento.

3.5.1 MATERIALES RFEQUERIDOS

Los materiales utilizados en las pruebas de tubos centrifuga zanahoria fueron:

1. Tubos centrífuga zanahoria, graduadas 100 ml
2. Compuestos químicos demulsificante
3. Micropipetas de 1ml graduadas en 0.01 ml y 0.001ml
4. Heptano, pentano, diésel utilizado como solvente
5. Jeringas graduadas de 50ml y 100ml de vidrio y con punta metálica para extracción del agua del tubo de zanahoria
6. Centrífuga para la separación de agua y sedimentos

3.6 DESARROLLO DE LA PRUEBA: LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE TUBO TIPO ZANAHORIA

- Se realiza una homogeneización exhaustiva del crudo emulsionado que será sometido a tratamiento.
- Se seleccionan los tubos tipo zanahoria, en función de la cantidad de demulsificante a probar y las diversas dosificaciones deseadas, y se llenan con 100 ml de la muestra de crudo emulsionado.
- A continuación, se dosifica en los tubos la solución previamente preparada del demulsificante seleccionado, ajustando la proporción según se requiera.
- Los tubos tipo zanahoria se tapan y se etiquetan de manera identificativa.
- Se procede a agitar el crudo con la solución de demulsificante, replicando las condiciones de mezclado.
- Los tubos de zanahoria se introducen en la centrífuga a una temperatura constante y se les concede suficiente tiempo para fomentar la ruptura de la emulsión y la subsiguiente separación de las fases.

3.7 REGISTRO DE RESULTADOS

Una vez que se ha establecido la configuración de la prueba, es esencial llevar a cabo un monitoreo del tiempo, expresado en minutos u horas, necesario para que una cantidad específica de agua se segregue mediante decantación. Este seguimiento abarca desde el inicio hasta el tiempo final predefinido o establecido para la prueba. Además, se requiere documentar detalles particulares, como la temperatura de procesamiento, la denominación y la proporción del agente desmenuante empleado, las propiedades del agua segregada (ya sea claridad, ligera turbidez o turbidez), junto con las particularidades de la interfaz (que puede manifestarse como suavidad, suavidad con interrupciones, rugosidad o la presencia de bolsas de agua), así como la cuantificación de la emulsión presente en la interfaz, son consideraciones cruciales.

3.8 PRUEBA THIEF

Se selecciona una de las pruebas y se extrae una alícuota de crudo utilizando una jeringa de 10 ml, tomando la muestra justo por encima de la interfase crudo-agua. Posteriormente, se introduce una cantidad de 10 ml de esta muestra en una probeta de 100 ml, la cual se diluye con 10 ml de solvente (ya sea heptano o pentano). A continuación, se añaden 4 gotas de un agente rompedor de emulsiones, se agita vigorosamente hasta alcanzar la homogeneidad y se procede a determinar el porcentaje de agua y sedimentos presentes en el crudo ubicado justo por encima de la interfase, utilizando el procedimiento descrito anteriormente.

3.9 PRUEBA COMPUESTA

Después de llevar a cabo la prueba Thief, se procede a extraer la totalidad del contenido de agua y sedimentos de la probeta mediante el uso de una jeringa de 100 ml. El crudo restante se mezcla de manera uniforme y, posteriormente, se toma una muestra de 10 ml que se transfiere a una probeta de 100 ml. Esta muestra se diluye con 10 ml de solvente (heptano o pentano). A continuación, se incorporan 4 gotas de un agente desestabilizador de emulsiones, se agita enérgicamente hasta obtener una mezcla homogénea y, por último, se calcula el porcentaje medio de agua y sedimentos en el crudo tratado, siguiendo el procedimiento mencionado previamente.

Es importante señalar que las pruebas de botella no siguen un protocolo experimental estandarizado, ya que constituyen ensayos basados en la experiencia y la experimentación. Los resultados pueden variar según el tipo de crudo, el tipo y la cantidad del agente demulsificante, así como la temperatura, lo que hace que estos ensayos sean inherentemente susceptibles a variaciones.

4 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tratamiento químico de una emulsión suele ser eficaz y económicamente viable, aunque se debe utilizar en conjunto con otros métodos de tratamiento para lograr una separación satisfactoria de la emulsión. El éxito de este tratamiento químico se basa en varios factores, como la elección adecuada del tipo y la dosificación del demulsificante, la provisión de suficiente agitación para garantizar un contacto íntimo entre el químico y la emulsión, la adición de calor cuando sea necesario y un tiempo suficiente de asentamiento para lograr la separación.

En cuanto a sus beneficios, el tratamiento químico presenta la capacidad de prevenir de manera integral la formación de emulsiones mediante la aplicación temprana de demulsificante. Además, la ruptura de la emulsión puede llevarse a cabo a temperaturas bajas, lo que disminuye los costos asociados al calentamiento del emulsionante y la pérdida de gravedad vinculada al proceso de calentamiento. Sin embargo, es esencial considerar las desventajas, como el riesgo de generar nuevas emulsiones debido a una sobredosificación, las cuales suelen ser más difíciles de romper que las emulsiones originales. Asimismo, no siempre resulta económicamente viable romper las emulsiones únicamente mediante tratamiento químico, siendo frecuente la necesidad de energía adicional, como calentamiento o electricidad, para mitigar los costos asociados al tratamiento químico.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio de los diversos análisis fueron los siguientes:

BSW CENTRIFUGACIÓN NORMA ASTM D4007-08

Tabla 3 Datos obtenidos posterior a la centrifugación

Cantidad (en gotas) de un agente rompedor de emulsión de acción rápida.	Sin químico			Con químico			Emulsión
	% H ₂ O	% Sed	Total	% H ₂ O	% Sed	Total	%
1	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5
2	0	0	0	1	1	2	1
3	0	0	0	1	1,5	2,5	2,5
4	0	0	0	1,5	2	3,5	3

Se llevó a cabo la prueba de contenido de agua con la adición de 4 gotas y se observó que ya no se produce una separación adicional de agua en la probeta cónica debido al consumo de un demulsificante de acción rápida, lo que indica la presencia de una emulsión resistente.

Los resultados de la prueba de contenido de agua con y sin la presencia de un demulsificante químico revelan mejoras significativas en ambas situaciones. Esta mejora se atribuye al agente químico demulsificante, que expulsa una mayor cantidad de agua de la muestra, un fenómeno que no se observa en el análisis sin la presencia del demulsificante químico.

Los resultados obtenidos de los ensayos utilizando el tubo de zanahoria se presentaron de la siguiente manera:

Tabla 4 Datos obtenidos en la prueba de tubo de zanahoria con químico Heptano

% DE SEPARACIÓN DE SLOP CON QUÍMICO HEPTANO						
Dosis (rpm)	Tiempo					
	3min	5 min	10min	15 min	20 min	30min
0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
200	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
400	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
600	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
800	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1000	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

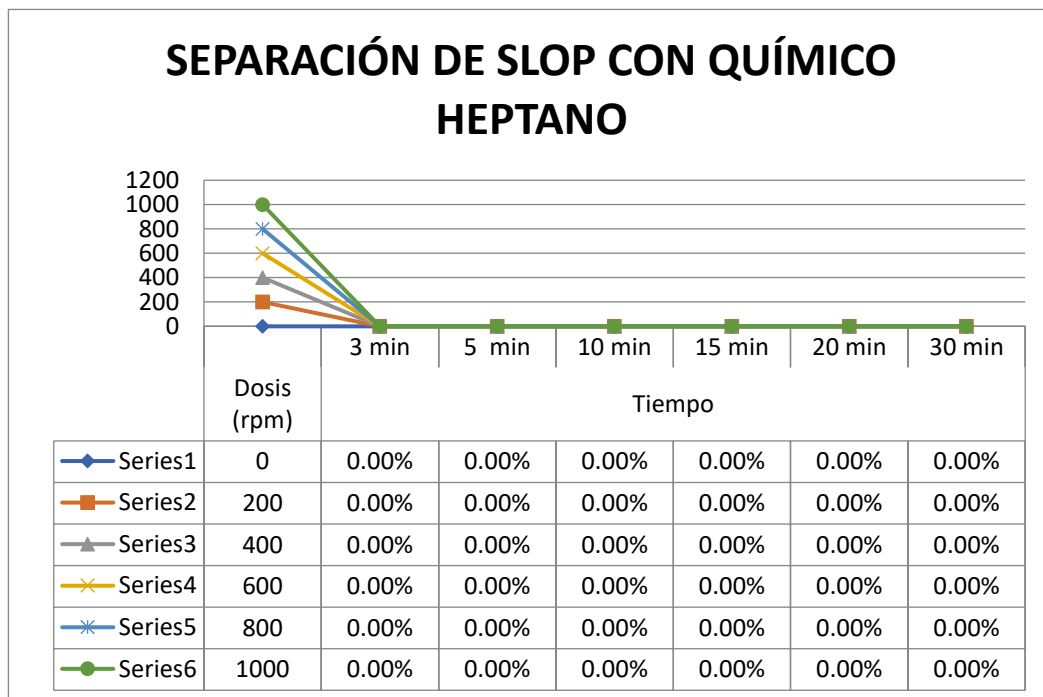


Ilustración 7 Cuadro de barras con químico Heptano

No se observó ninguna separación discernible; posiblemente, se requiera incrementar la dosificación del agente químico.

Tabla 5 Datos obtenidos en la prueba de tubo de zanahoria con químico Pentano

% DE SEPARACIÓN DE SLOP CON QUÍMICO PENTANO						
Dosis (rpm)	Tiempo					
	3min	5 min	10min	15 min	20 min	30min
0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
200	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
400	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
600	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
800	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
1000	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

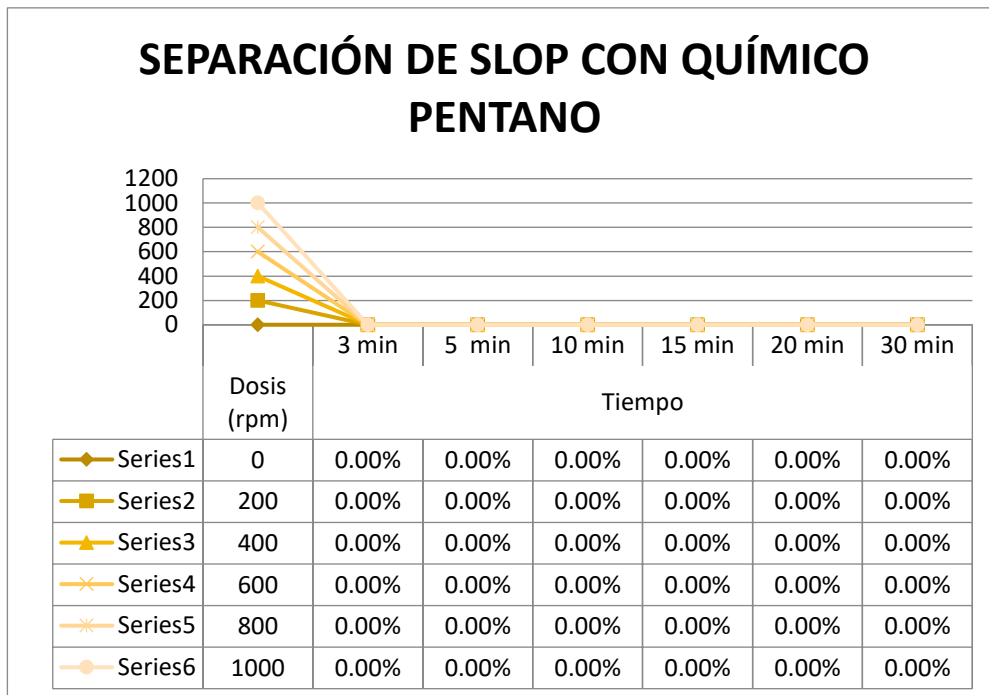


Ilustración 8 Cuadro de barras con químico Pentano

No se observó ninguna separación, posiblemente se requiere agregar una mayor cantidad de producto químico.

% DE SEPARACIÓN DE SLOP CON QUÍMICO (DIESEL)						
Dosis(rpm)	Tiempo					
	5min	10min	15min	20 min	25 min	30 min
0	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
200	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
400	0,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
600	0,00%	10,00%	15,00%	20,00%	30,00%	30,00%
800	0,00%	10,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%
1000	0,00%	10,00%	20,00%	30,00%	40,00%	45,00%

Tabla 1. Datos obtenidos en la prueba con químico diésel

La eficacia en la separación de agua del SLOP se mejoró significativamente mediante la aplicación de una dosis de 1000 rpm y se obtuvo una emulsión del 45,00%, como se evidencia al compararla con otras dosis, siendo esta la que arrojó los resultados más favorables.

5 CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La ejecución efectiva del sistema de tratamiento destinado a la recuperación de hidrocarburos en las aguas residuales de las piscinas API se considera un logro destacado. Este avance no solo refleja un compromiso con las mejores prácticas ambientales, sino que también representa un paso significativo hacia la gestión sostenible de los recursos.
- La aplicación del sistema de tratamiento ha demostrado ser eficiente en la reducción de la contaminación por residuos, al mismo tiempo que posibilita la neutralización de estos elementos para hacerlos inofensivos para el medio ambiente. Este resultado aborda directamente la necesidad imperante de minimizar el impacto ambiental negativo asociado con las aguas residuales de las piscinas API.
- La viabilidad de reutilizar las aguas residuales después del tratamiento no solo contribuye a la conservación de los recursos, sino que también fomenta la adopción de prácticas ambientales.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar evaluaciones periódicas del sistema de tratamiento con el propósito de identificar oportunidades de optimización. Este enfoque garantizará una eficiencia constante y la adaptabilidad del sistema a posibles variaciones en las condiciones operativas.
- Se propone la implementación de un programa de monitoreo ambiental riguroso para evaluar la efectividad a largo plazo del tratamiento. Este monitoreo debe abordar tanto la calidad del agua tratada como su impacto ambiental, asegurando así el cumplimiento continuo de los estándares medioambientales.
- Dada la rápida evolución de las tecnologías ambientales, se recomienda la investigación y exploración continuas de nuevas tecnologías que puedan mejorar la eficiencia del tratamiento y la reutilización de aguas residuales.
- Es esencial implementar programas de concientización ambiental dirigidos al personal involucrado en el proceso. La promoción de buenas prácticas ambientales contribuirá significativamente a la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SUMIOWATER. (2013). *sumiowater.com*. Obtenido de <https://sumiowater.com/tratamiento-de-aguas-residuales-en-refinerias-de-petroleo/>
- Cuadra, A., & Rebeca. (2016). *Phenolic Wastewater Refinery Treatment by Electrochemical Methods*. Venezuela: Multiciencias, vol. 16, núm. 3, pp. 239-247, 2016.
- EP, P. (6 de Abril de 2016). *www.eppetroecuador.ec*. Obtenido de [www.eppetroecuador.ec](https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/BOLETIN-117-2016.pdf): <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/BOLETIN-117-2016.pdf>
- Bejarano, G. N. (29 de Septiembre de 2010). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ambiental-de-Actividades-Hidrocarburíferas.pdf>
- Farias, L. M. (2014). *Propiedades de los fluidos del yacimiento*. Reverté.
- Turgeon, A. y. (2022). *Petroleum*. Evers (Ed.), National Geographic.
- León, E. A. (2011). De la caracterización de crudos que es la clave para diagnosticar la precipitación de parafinas. *Revista Fuentes]:El reventón Energético*.
- Urquijo, B. (1969). *El Petróleo en Cataluña: análisis económico*. Moneda y Crédito.
- Noguera, B. (2020). *¿Qué son los hidrocarburos aromáticos?* IQR: Ingeniería Química .
- Yergin, D. (1992). *HISTORIA DEL PETRÓLEO*. BARCELONA: P & J.CAMBIO 16.
- Comercio, E. (26 de 07 de 2012). Breve reseña sobre la historia petrolera del Ecuador. *El comercio*.

- Patrice Baby., M. R. (2004). *La Cuenca Oriente: Geología y petróleo*. London : Lima: Institut français d'études andines.
- Cajamarca., L. R. (2015). *Tratamiento Químico de Slop contenido en los tanques Y-P8011/12 de la Unidad de almacenamiento y transferencia de la Refinería de Esmeraldas de la EP PetroEcuador*. Quito - Ecuador. Obtenido de Tesis.
- Blanco, P. C. (2010). *El Petróleo. Historia y Refino*.
- Alina Gómez Loarte, Luis Huamán Mesia, Carmen Lauro Guzmán, César Quiróz Peralta, Daniel Quineche Meza, César Serra Guerra, Miguel Inicio Barandiarán. (2000). *Ministerio de Educación*. Obtenido de <https://www.une.edu.pe/docentesune/jjhoncon/Descargas/Fasciculos%20CTA/Los%20Hidrocarburos.pdf>
- Guillaume Fontaine, C. (2004). *Petróleo y Desarrollo Sostenible en Ecuador*. Quito-Ecuador: Flacso, Sede Ecuador.
- Luz, M. A. (2019). *La Industria del Petróleo*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12272/3987>
- Sereco, S. (2022). *Sereco Servicios Ecológicos*. Obtenido de Sereco Gestión S.L Servicios Ecológicos: <https://www.serecogestion.com/tratamiento-de-slop-oil/>
- Richard, G. (1992). *Commercial Emulsion Breaking. En Emulsions Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry*. Washington, DC. USA.: Sharamm Laurier.
- Kokal, S; AL-Jamal, J. (1999). *Quantification of Various factors Affecting Emulsion Stability: Watercut, Temperature, Shear, Asphaltene Content, Demulsifier Dosage and Mixing Different Crudes*. . Texas, USA. : SPE Annual Technical Conference and Exhibition.
- Sharamm, L. (1992). *etroleum Emulsions: Basic Principles. En Emulsions Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry*. Washington, DC. USA. : Sharamm Laurier .

- Mendez, F. (1992). *Estabilidad Dinámica de Emulsiones de Aceite en Agua*. . Venezuela.
- (INEN), I. E. (1998). *Norma Técnica Ecuatoriana*. Obtenido de https://www.grupoquimicomarcos.com/downloads/medios_de_preservacion_de_muestras.pdf
- Echeverri Parra, S. (2023). *Método para el cálculo del porcentaje de agua en emulsiones agua-crudo usando aprendizaje de máquinas*.
- Marcelo René Morales, G. (2013). *MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRUEBA DE POZOS Y BSW EN LAS PLATAFORMAS DEL BLOQUE 16 DE REPSOL*. Quito.
- Wakeman, R. (1995). *election of Equipment for Solid/Liquid Separation Processes*. En Filtration+Separation.
- Vernon, S. K. (1992). *Crude Oil Emulsions*. Washington, DC. USA: Sharamm Laurier.
- Poindexter, M. C. (2003). *lassifying Crude oil Emulsions Using Chemical Demulsifiers and Statistical Analyses*. . Colorado, USA. : PE Annual Technical Conference and Exhibition.
- Purchas, D. (1981). *Solid/Liquid Separation Technology*. Croydon, England: Uplands Press Ltd. Primera edición. .
- Network, B. (2014). *EL BLOG VERDE*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014,.
- MORENO, Z. M. (Agosto,2011). *Tratamiento Biológico de Lodos de Limpieza Originados en los Fondos de Tanques de Crudo, Residuos y Combustibles Blancos de la Refinería La Libertad, Quito, Ecuador*. QUITO, ECUADOR: Escuela Politécnica Nacional.
- Petroecuador, E. (2007). *El petróleo: su adquisición, utilidades y las relaciones institucionales en Petroecuador*. Quito,ECUADOR.
- Arrieta Ramírez, O. M., Rivera Rivera, A. P., Arias Marin, L., & Rojano, B. (febrero-mayo, 2012). La biorremediación de un suelo contaminado con diesel se lleva a

cabo mediante la utilización de microorganismos autóctonos. *Gestión y Ambiente*, vol. 15, núm. 1, pp. 27-39.

Hernández, I. L. (2011). *El establecimiento de un procedimiento químico orientado a la recuperación de crudo a partir de los residuos generados durante las operaciones de mantenimiento de tanques y tuberías en distritos de producción petrolera en Colombia*. Bogotá D.C., Colombia.

Cajamarca, L. R. (2015). "*Proceso Químico aplicado al tratamiento del slop presente en los tanques Y-T8011/12 de la unidad de almacenamiento y transferencia de la Refinería de Esmeraldas de la empresa pública PETROECUADOR durante el año 2014.*". UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK. QUITO-ECUADOR: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.

Donis R., Federico A. Ricaurte F., Marvin J. (2017). *Análisis completo del proceso de deshidratación del crudo slop en el área de tanques del sector norte en Lagunillas*. Venezuela.

Salager, J. (1999). *El proceso de elaboración, la composición y la manufactura de emulsiones con el objetivo de lograr las propiedades deseadas*. Venezuela.

Coloma, D. (2012). *Eliminación de parafinas y asfaltenos de los sistemas de bombeo electrosumergible (ESP) durante operaciones destinadas a optimizar la producción*. Quito, Ecuador.

Schlumberger. (2022). *Índice de gravedad API del crudo*. Energy Glossary.

Bouzas, I. (2010). *Determinación de la precipitación de parafinas en crudos de petróleo mediante el empleo de la técnica de precipitación fraccionada por transformada (FTIR)*.

https://www.tdx.cat/bitstream/10803/288300/1/JPB_TESIS.pdf

7 ANEXOS



Anexo 1 Estudiantes Evelyn y Flor con la muestra de Slop tomada de RLL



Anexo 2 Verificación de la muestra de Slop



Anexo 3 Análisis de la muestra



Anexo 4 Adición de demulsificante Pentano



Anexo 5 Adición de demulsificante Heptano



Anexo 6 Dilución de las gotas



Anexo 7 Toma de peso de los instrumentos



Anexo 8 Toma de peso de muestra en recipiente



Anexo 9 Muestra en centrífuga



Anexo 10 Centrífuga del laboratorio de petróleos