



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO  
ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH**

**REALIZADO POR:  
JOHANA MARÍA GOITÍA VILLALBA  
YANNELYS DEL VALLE BENITEZ PIAMO**

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente para  
obtener el título de:**

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**MATURÍN, FEBRERO DE 2024**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO,  
ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH**

**REALIZADO POR:  
JOHANA MARÍAGOITÍA VILLALBA  
C.I. 25.395.622  
YANNELYS DEL VALLEBENITEZ PIAMO  
C.I. 20.918.252**

**REVISADO POR:**

**MSc. CARLOS DE LA CRUZ**

**Asesor Académico**

**MATURÍN, FEBRERO DE 2024**



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO,  
ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH

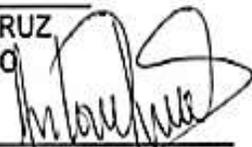
REALIZADO POR:

JOHANA MARÍA GOITÍA VILLALBA  
C.I. 25.395.622  
YANNELYS DEL VALLE BENITEZ PIAMO  
C.I. 20.918.252

APROBADO POR:

  
MSc. CARLOS DE LA CRUZ  
ASESOR ACADÉMICO

  
MSc. NORIS BELLO  
JURADO

  
Ing. CESAR RIVERO  
JURADO

Maturin Febrero 2024



ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
SUB-COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

CTG-EICA-IP-2024

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

ACTA N° 000003092-00210-01-2024

En Maturín, siendo las 8:00 am del día 23 de febrero del 2024 reunidos en la Sala "A1 Postgrado", Campus: Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado profesores: MSc. Carlos De La Cruz (Asesor Académico), MSc. Noris Bello (Jurado), Ing. Cesar Rivero (Jurado). A fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de **Ingeniero de Petróleo**, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: **LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH**. Por la Bachiller: **YANNELYS DEL VALLE BENITEZ PIAMO, C.I. 20 918 252**. El jurado, luego de la discusión del mismo acuerdan calificarlo como: APROBADO POR UNANIMIDAD

Br. Yannelys del Valle Benitez Piam  
C.I.: 20 918 252

Prof. MSc. Carlos De La Cruz  
C.I.: 12 664 336  
Asesor Académico

Prof. MSc. Noris Bello  
C.I.: 4714349  
Jurado

Prof. Ing. Natali Ramos  
C.I.: 14 145 134  
Sub-Comisión de Trabajo de Grado

Prof. Ing. Cesar Rivero  
C.I.: 5 553 689  
Jurado

Prof. Ing. Jesús Otahola  
C.I.: 14 940 176  
Jefe de Departamento



Según establecido en resolución de Consejo Universitario N° 034/2009 de fecha 11/06/2009 y Artículo 13 Literal J del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. NOTA: Para que esta acta tenga validez debe ser asentada en la hoja N°- 346 del 15° libro de Actas de Trabajos de Grado del Departamento de Ingeniería de Petróleo, EICA de la Universidad de Oriente y estar debidamente firmada por el (los) asesor (es) y miembros del jurado.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS

ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
SUB-COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

CTG-EICA-IP-2024

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

ACTA N° 000003091-00209-01-2024

En Maturín, siendo las 8:00 am del día 23 de febrero del 2024 reunidos en la Sala "A1 Postgrado", Campus: Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado profesores: MSc. Carlos De La Cruz (Asesor Académico), MSc. Noris Bello (Jurado), Ing. Cesar Rivero (Jurado). A fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de **Ingeniero de Petróleo**, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: **LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH**. Por la Bachiller: **JOHANA MARÍA GOITÍA VILLALBA, C.I. 25 395 622**. El jurado, luego de la discusión del mismo acuerdan calificarlo como: APROBADO POR UNANIMIDAD

*Johana Goitia*

Br. Johana María Goitia Villalba  
C.I.: 25 395 622

*Carlos De La Cruz*

Prof. MSc. Carlos De La Cruz  
C.I.: 12 664 336  
Asesor Académico

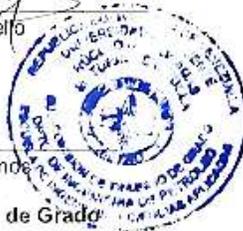
*Noris Bello*

Prof. MSc. Noris Bello  
C.I.: 4714349  
Jurado

*Natalí Ramo*

Prof. Ing. Natalí Ramo  
C.I.: 14 145 134

Sub-Comisión de Trabajo de Grado



*Cesar Rivero*

Prof. Ing. Cesar Rivero  
C.I.: 5 553 689  
Jurado

*Jesús Otahola*

Prof. Ing. Jesús Otahola  
C.I.: 14 940 176  
Jefe de Departamento



Según establecido en resolución de Consejo Universitario N° 034/2009 de fecha 11/06/2009 y Artículo 13 Literal J del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. NOTA: Para que esta acta tenga validez debe ser asentada en la hoja N°- 345 del 15° libro de Actas de Trabajo de Grado del Departamento de Ingeniería de Petróleo, EICA de la Universidad de Oriente y estar debidamente firmada por el (los) asesor (as) y miembros del jurado.

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS

## RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad De Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo Universitario, para su autorización



## DEDICATORIA

Dedicada a mis padres

A mi madre por acompañarme en todo momento y darme su apoyo incondicional; y a mi padre que aunque no está físicamente conmigo su presencia me acompañaba siempre.

Johana Goitia

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada primeramente a dios gracias a él he logrado concluir mi carrera, con todo mi corazon a mis padres Yelitza Piamo Juan Benitez que siempre estuvieron presente apoyándome y a mis hijos Isaias Rene y mi angel del cielo Emma Victoria

Yannelys benitez

## AGRADECIMIENTOS

A Dios

“Le agradezco, por haberme acompañado y guiado en esta meta tan importante que puso en mi vida y que con su ayuda pude concluir satisfactoriamente, a pesar de tantos obstáculos que se presentaron en el camino, que me ayudaron a crecer como persona, pude lograr mi objetivo”

A mis padres

“Nancy Villalba y Juan Goitía, ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Siempre han sido mis pilares de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, aunque mi padre ya no nos acompaña físicamente, les dedico a ustedes este logro amados padres, como una meta más conquistada. Orgullosa de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

A mis familiares

“Rafmar, Leangela, María Alcira, Pedro Luis, Irma, Zoraida, Jesús Pacheco, Rubismary, Danny, Kisaí, Carolina, Kicsia, Lisandro, Mayerling, Alexis, Néstor y a todos mis familiares , gracias por formar parte importante durante mi vida y mi trayectoria universitaria, estoy feliz y agradecida de que sean mi familia”

A mí amiga

“Johandlys Yanez, agradecida de que Dios te haya puesto en mi camino y ser mi compañerita de carrera estudios, aventuras y de la vida”

A mis amigos y compañeros

“José Alberto, Crissol, Gabriel Fuentes, Juan Alejandro Marcano, Hugo, José Alejandro, Valmore, Ángel, Gracias por haber llegado a mi vida y demostrarme que la amistad verdadera existe”

A nuestro tutor

Carlos De La Cruz .Sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiésemos logrado tan fácil. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesitamos; Gracias por sus orientaciones”

A mí compañera de tesis

“Gracias por tu apoyo y dedicación en este proyecto tan importante de nuestras vidas, hoy culminamos una etapa y le abrimos la puerta a un sinfín de oportunidades que Dios nos brindará”

Agradecidas con todos por su apoyo...

Johana Goitia

## AGRADECIMIENTOS

A Dios Le agradezco por darme mucha sabiduría durante toda mi trayectoria en la universidad para así poder lograr mi objetivo

A mis padres Yelitza Piamo y Juan Benitez por todo el apoyo durante todos estos años

A mi compañera de trabajo Yenny Luces un apoyo fundamental y aliento para continuar la carrera

A mis compañeras de estudio nayledis Jiménez y Andrea Rodriguez

A mi tutor Carlos de la cruz por su valioso apoyo paciencia y comprensión; sin usted esto no fuera sido posible

A mi esposo Ybsen Peinado por todo su apoyo

A mi compañera de tesis Johana Goitia fuimos un gran equipo en la realización de este proyecto

Yannelys benitez

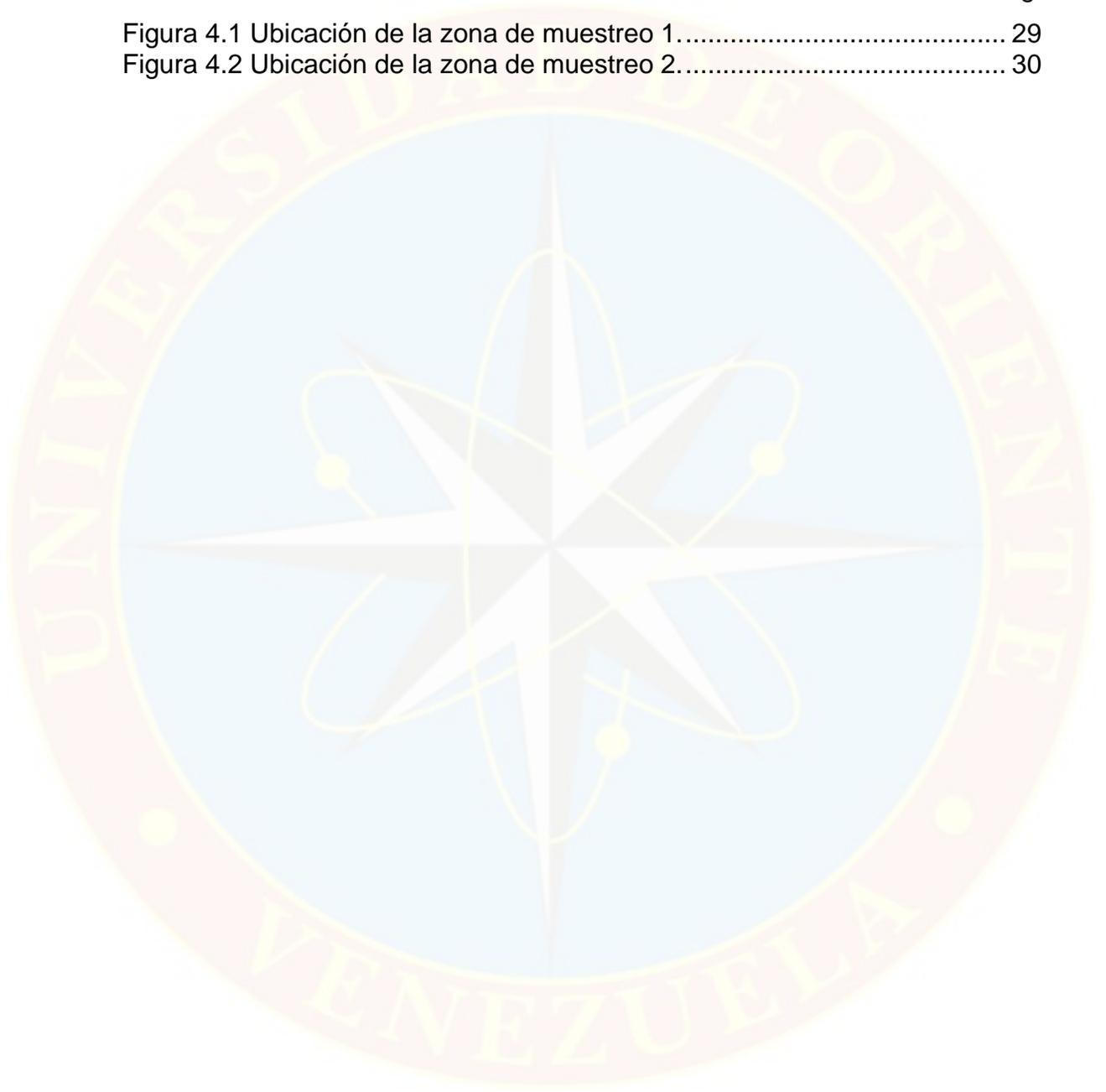
## INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
INDICE GENERAL .....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE GRÁFICAS .....	xv
INDICE DE TABLAS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES .....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1 Objetivo general .....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.2 BASES TEÓRICAS .....	8
2.2.1 Petróleo .....	8
2.2.2 Composición de los hidrocarburos .....	8
2.2.3 Contaminación de Suelos.....	9
2.2.4 Técnicas de restauración de suelos contaminados .....	10
2.2.4.1 Estrategia de restauración .....	10
2.2.4.2 Lugar en el que se realiza el proceso de remediación. ....	11
2.2.4.3 Tipo de tratamiento. ....	12
2.2.5 Lavado de Suelos.....	13
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	15
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>17</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>17</b>
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	18
3.4 SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	18
3.5 SISTEMA DE VARIABLES .....	19
3.6 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	19
3.6.1 Caracterización de la muestra de crudo en función de gravedad API, densidad, viscosidad cinemática y %AyS. ....	19
3.6.1.1 Determinación de la gravedad API.....	20
3.6.1.2 Determinación de la densidad .....	20

3.6.1.3	Determinación de viscosidad cinemática .....	20
3.6.1.4	Determinación de % AyS .....	21
3.6.2	Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del proceso de lavado. ....	21
3.6.2.1	pH.....	22
3.6.2.2	Conductividad eléctrica .....	22
3.6.2.3	Textura .....	22
3.6.2.4	Materia Orgánica.....	23
3.6.2.5	Hidrocarburos totales del petróleo (HTP) .....	23
3.6.3	Evaluación de la eficiencia del proceso de restauración del suelo mediante el lavado con el surfactante CON 100 DH. ....	24
3.7	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	25
3.8	RECURSOS .....	26
3.8.1	Recursos humanos.....	26
3.8.2	Recursos materiales y bibliográficos .....	26
3.8.3	Recursos financieros .....	26
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>27</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	.....	<b>27</b>
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE CRUDO EN FUNCIÓN DE GRAVEDAD API, DENSIDAD, VISCOSIDAD CINEMÁTICA Y %AYS. ....	27
4.2	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE LAVADO. ....	29
4.2.1	Determinación de las propiedades del suelo antes del proceso de lavado.....	30
4.2.2	Determinación de las propiedades del suelo luego del proceso de lavado.....	32
4.2.2.1	pH.....	32
4.2.2.2	Conductividad eléctrica (CE) .....	34
4.2.2.3	Materia orgánica del suelo (MO) .....	35
4.2.2.4	Textura del suelo.....	37
4.2.2.5	Hidrocarburos totales del petróleo.....	39
4.3	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN DEL SUELO MEDIANTE EL LAVADO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH. ....	41
<b>CAPÍTULO V</b>	.....	<b>45</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>45</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	45
5.2	RECOMENDACIONES.....	46
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	.....	<b>47</b>
<b>APÉNDICE</b>	.....	<b>53</b>
<b>HOJAS METADATOS</b>	.....	<b>63</b>

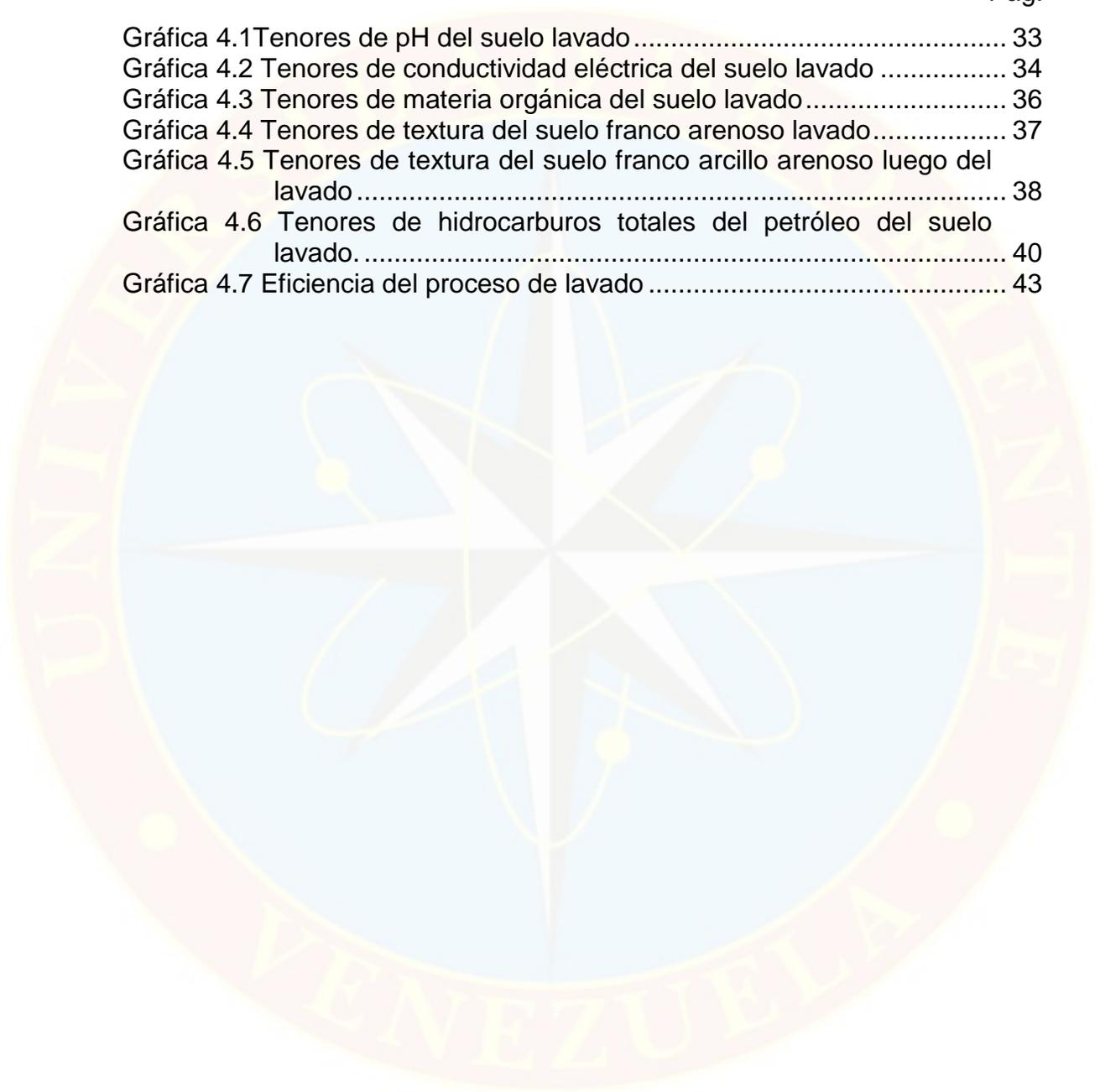
## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4.1 Ubicación de la zona de muestreo 1.....	29
Figura 4.2 Ubicación de la zona de muestreo 2.....	30



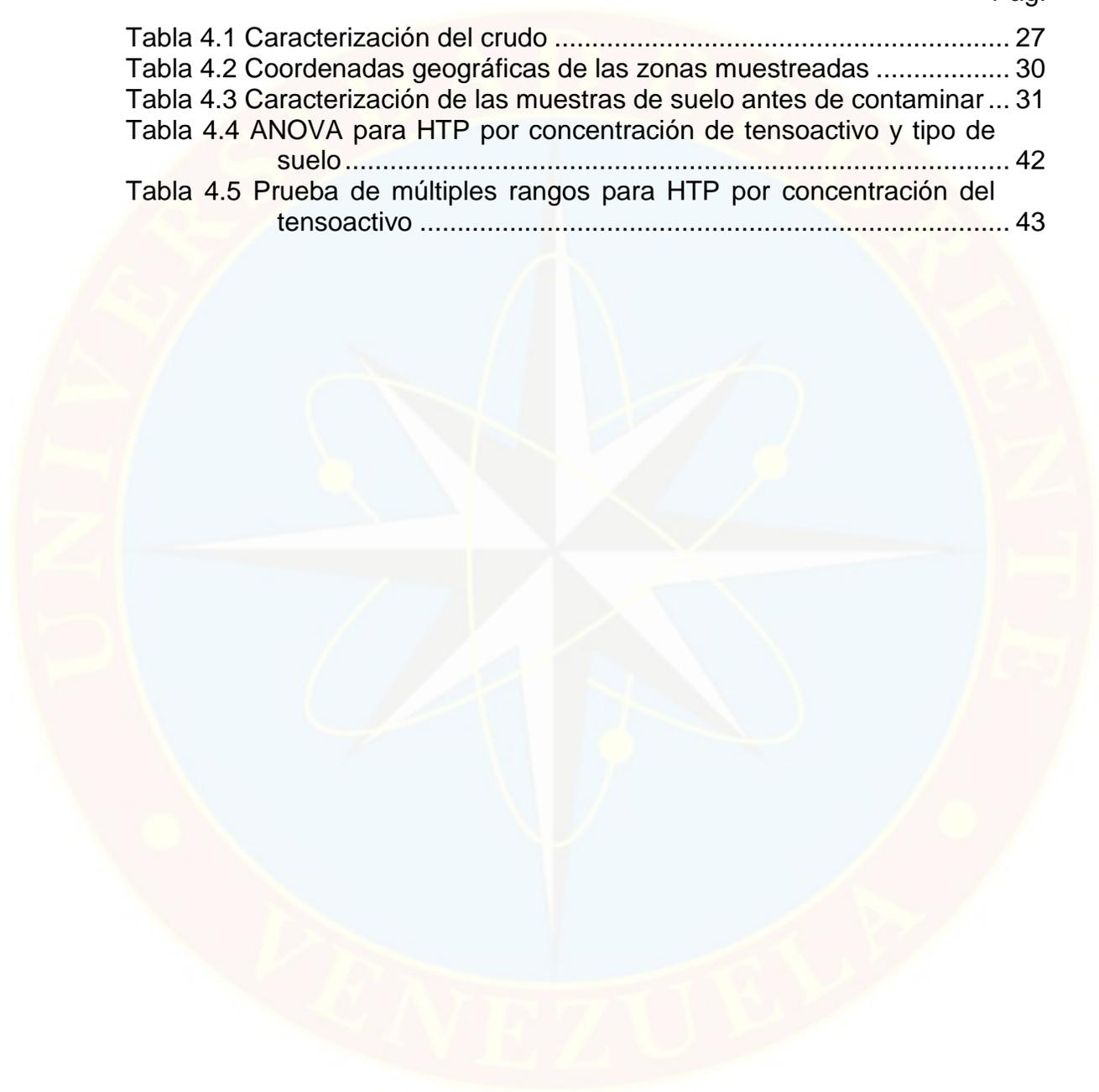
## INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 4.1 Tenores de pH del suelo lavado .....	33
Gráfica 4.2 Tenores de conductividad eléctrica del suelo lavado .....	34
Gráfica 4.3 Tenores de materia orgánica del suelo lavado .....	36
Gráfica 4.4 Tenores de textura del suelo franco arenoso lavado .....	37
Gráfica 4.5 Tenores de textura del suelo franco arcillo arenoso luego del lavado .....	38
Gráfica 4.6 Tenores de hidrocarburos totales del petróleo del suelo lavado .....	40
Gráfica 4.7 Eficiencia del proceso de lavado .....	43



## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4.1 Caracterización del crudo .....	27
Tabla 4.2 Coordenadas geográficas de las zonas muestreadas .....	30
Tabla 4.3 Caracterización de las muestras de suelo antes de contaminar ...	31
Tabla 4.4 ANOVA para HTP por concentración de tensoactivo y tipo de suelo .....	42
Tabla 4.5 Prueba de múltiples rangos para HTP por concentración del tensoactivo .....	43





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO,  
ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH**

**AUTORES:**

**Johana María Goitía Villalba  
Yannelys Del Valle Benitez Piamo**

**ASESOR:**

**MSc. Carlos De La Cruz**

**Febrero, 2024**

**RESUMEN**

Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la eficiencia del proceso de lavado ex situ de un suelo contaminado con hidrocarburos asistido con el surfactante CON 100 DH, Primeramente, se caracterizó el crudo a utilizar, luego se hizo el muestreo de suelo y se determinó pH, CE, MO, HTP y textura antes y después de contaminar, para este punto se utilizó un diseño de tanque con deflectores; además de 3 concentraciones de la solución de lavado 0,5,1 y 3% y dos tipos de suelo. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza con dos factores y finalmente se determinó la eficiencia del proceso para cada uno de los tratamientos. La caracterización del crudo lo clasificó como crudo pesado. Los suelos muestreados resultaron de textura franco arenosa y franco arcillo arenoso, lo cual lo hizo apto para aplicar el proceso de lavado según el decreto 2635 y con propiedades características de un suelo de sabana. Luego del lavado solo el suelo franco Arcillo arenoso cumplió con el rango de pH entre 6 y 9 según normativa venezolana para confinamiento, todas las muestras fueron clasificadas como no salinas, la materia orgánica mostro un aumento considerable de origen petrogénico y solo el tratamiento al 0,5% del suelo franco arenoso estuvo por debajo de los 10000 mg/Kg de HTP que indica el decreto 2635. De acuerdo al porcentaje de eficiencia la muestra al 3% del suelo franco arenoso resulto la más optima.

**Palabras claves:** lavado de suelo, tensoactivo, tanque agitado

## INTRODUCCIÓN

El petróleo es una mezcla extremadamente compleja de compuestos orgánicos que pueden contener azufre, oxígeno y nitrógeno y metales pesados tales como níquel, vanadio, cromo y cobre, que pueden estar libres o asociados (Speight, 2014). La composición química de cada tipo crudo varía y puede tener diversos efectos sobre los organismos dentro de un mismo ecosistema. Estas diferencias en los efectos tóxicos se deben a una composición cualitativa diferente, así como a las diferencias de concentración de cada componente. Los constituyentes del petróleo usualmente se discriminan en cuatro grandes grupos: saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos (Speight, 2001), en donde los compuestos con mayor potencial tóxico son los saturados y aromáticos.

La contaminación por petróleo y sus derivados es uno de los problemas ambientales más comunes en la actualidad y puede producirse durante todos los procesos de la cadena de valor de la industria petrolera, principalmente por prácticas inadecuadas o accidentes en las operaciones. La contaminación por petróleo causa daños ecológicos, por lo que la recuperación de ecosistemas contaminados se ha convertido en una materia prioritaria de investigación. Considerando que Venezuela cuenta con las mayores reservas de petróleo en el mundo (OPEC, 2016) y que la industria petrolera es el principal motor de su economía (PDVSA, 2015) se puede concluir que el país es altamente vulnerable a la degradación ambiental por la actividad petrolera y por ello es necesario evaluar los efectos de la contaminación por petróleo sobre los ecosistemas silvestres y agroecosistemas del país.

Diferentes estudios han determinado el efecto de la contaminación por petróleo sobre los ecosistemas. Dicha contaminación ocasiona el deterioro de la calidad del ambiente, amenazas a la salud pública, así como daños a las especies vegetales y animales (Greenpeace, 2012). De acuerdo a la legislación venezolana (República de Venezuela, 1998), es obligatorio por parte de los responsables, la descontaminación de su emplazamiento, lo cual resulta a veces en una operación laboriosa, y por supuesto costosa, que incluye la recolección e interpretación de información histórica acerca de las actividades realizadas en ese lugar y de los posibles niveles de contaminantes que puedan estar presentes en el sitio. En caso de encontrar contaminantes en concentraciones no permitidas se debe realizar un saneamiento ambiental, que incluya en algunos casos, la recuperación vegetal de las áreas afectadas. Debido a lo anteriormente planteado surgió la necesidad de evaluar el surfactante CON 100 DH como agente remediador de suelos.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA Y SUS GENERALIDADES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los derrames de hidrocarburos de petróleo son una de las principales fuentes de contaminación de suelos y aguas ya que ocasionan perturbaciones en los ecosistemas al afectar su estructura y bioprocesos. Este tipo de contingencias ambientales originan efectos directos sobre la biota, ya que el petróleo contiene compuestos químicos tóxicos que producen daños a plantas, animales y humanos, pero principalmente sobre las poblaciones de microorganismos, los cuales representan parte importante del ecosistema y son claves para los procesos biogeoquímicos (Vasudevan y Rajaram, 2001).

Por la gran importancia que representan los recursos naturales, entre ellos el suelo, para el hombre y todos los seres vivos; esta situación ha despertado el interés por encontrar diferentes alternativas de procesos o procedimientos para evitar la contaminación por hidrocarburos de los recursos naturales, y restaurar aquellos que ya han sido contaminados. A pesar de ello, los estudios que se han generado resultan escasos y la mayoría de ellos presentan un enfoque más inclinado hacia la parte de las propiedades químicas del recurso contaminado

Aunque una parte significativa de los hidrocarburos presentes en el medio ambiente es biodegradable, las tasas de biodegradación de los hidrocarburos en el medio ambiente están limitadas por su hidrofobicidad y baja solubilidad en agua (Alexander, 1999). En consecuencia, para mejorar

el proceso de biodegradación, se han desarrollado estrategias con el objetivo de incrementar la solubilidad de los compuestos hidrofóbicos mediante la adición de tensioactivos y por lo tanto aumentar la biodisponibilidad de los mismos

Debido a lo antes expuesto en esta investigación se evaluó el surfactante CON 100 DH en el proceso de lavado ex situ con tanque de agitación de un suelo contaminado con hidrocarburo.

## **1.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar la eficiencia del proceso de lavado ex situ de un suelo contaminado con hidrocarburos asistido con el surfactante CON 100 DH.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar la muestra de un crudo en función de °API, densidad, viscosidad cinemática y % AyS.
- Analizar las propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del proceso de lavado.
- Evaluar la eficiencia del proceso de restauración del suelo mediante el lavado con el surfactante CON 100 DH.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La contaminación por petróleo causa daños ecológicos, por lo que la recuperación de ecosistemas contaminados se ha convertido en una materia prioritaria de investigación. Considerando que Venezuela cuenta con una de las mayores reservas de petróleo en el mundo (OPEC, 2016) y que la industria petrolera es el principal motor de la economía, se puede concluir que el país es altamente vulnerable a la degradación ambiental por la actividad petrolera.

De acuerdo a la legislación venezolana, es obligatorio por parte de responsables, la descontaminación de su emplazamiento, lo cual resulta a veces en una operación laboriosa y por supuesto costosa, que incluye la recolección e interpretación de información que permita determinar los posibles niveles de contaminación y cuáles serían las formas o maneras más idóneas para lograr la restauración del área afectada. Por esta razón, es necesario la evaluación de surfactantes como el CON 100 DH en un proceso de lavado ex situ que permita determinar qué tan eficiente puede ser el producto en el proceso de restauración de suelos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Martínez y Rivero. (2022). En su tesis titulada: "Evaluación del surfactante axsr 0808 en la recuperacion de un suelo impactado por hidrocarburos". El objetivo principal fue evaluar la eficiencia del surfactante AXSR 0808 en la recuperación de un suelo impactado por hidrocarburo. En primer lugar, se realizó una caracterización del crudo a utilizar y luego se hizo el muestreo del suelo al cual se le midió el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, hidrocarburos totales del petróleo y textura antes y después del proceso de lavado. Se pesaron 5 kg de suelo y se contaminó con el hidrocarburo hasta obtener una concentración inicial de 76408 mg/kg. Seguidamente se tomaron 6 muestras del suelo contaminado a las cuales se les aplicó la dilución del surfactante a 2 concentraciones (3 y 20%) tomando en cuenta una relación de 1:3 de suelo: surfactante. Se aplicó un análisis de varianza unifactorial para medir el efecto de las concentraciones en los HTP y se determinó el porcentaje de eficiencia. Los resultados arrojaron que el suelo cumplía con los requisitos (Decreto 2635) para ser sometido al proceso de lavado y que la concentración ejerce un efecto significativo en la recuperación del suelo contaminado, determinándose que el tratamiento que mejor resultó fue el de concentración 3% con una eficiencia de 46,62%.

Esta investigación aportó una base teórica en los procedimientos metodológicos y se tomaron parcialmente fragmentos teóricos para sustentar la planificación del experimento.

Gelder, G. y García, Y.(2022). En su tesis titulada: “Evaluación del proceso de restauración de un suelo con el surfactante biodeclean 1040, mediante la técnica de lavado y lavado con tanque de agitación”.El objetivo de esta investigación fue realizar una evaluación del proceso de restauración de un suelo con el surfactante Biodeclean 1040, mediante la técnica de lavado y lavado con tanque de agitación. Se tomó una muestra de suelo y se le midió el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, textura e hidrocarburos totales del petróleo. Luego se contaminaron 2 kg de suelo con 77,5 ml de crudo para obtener una concentración inicial de 76408 mg/kg de HTP. Se sometieron 200 g de suelo contaminado al lavado con tanque agitado(1700 rpm) utilizando 600 ml de una solución del surfactante al 0,5% y repitiendo el procedimiento para 3 y 20%. En el lavado convencional se prepararon 3 bandejas con las mismas proporciones de suelo y crudo y fueron tratadas con el surfactante a las mismas concentraciones mencionadas y se tomaron muestras cada 7 días durante 21 días. Adicionalmente se realizó un análisis multivariante para comparar los resultados obtenidos por ambos métodos de lavado. Los resultados indicaron que el suelo era ácido, no salino y rico en materia orgánica; además la caracterización del crudo lo clasificó como un crudo pesado. Se determinó que si existen diferencias significativas entre los métodos de lavado y entre las concentraciones en estudio. Finalmente, el método más eficiente fue el de lavado con tanque agitado y utilizando una solución del tensoactivo de 0,5 %.

Esta investigación sirvió como base para comparar los resultados obtenidos en esta investigación y analizar el comportamiento del surfactante en el proceso de lavado.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Petróleo**

El petróleo es una mezcla compleja de compuestos químicos cuyas características y proporción de sus constituyentes varían en función de su origen geológico y geográfico (Flores, Torras y Tellez, 2004). Cuando la cantidad de petróleo en el ambiente supera la porción que puede ser reciclada, se convierte en un contaminante de impacto negativo ya que entre sus componentes existen altas concentraciones de sustancias consideradas como residuos peligrosos por su efecto dañino a la salud; algunos de estos residuos son cancerígenos y otros completamente sintéticos y altamente tóxicos, por lo que no pueden ser degradados de manera natural (Flores, Torras y Tellez, 2004).

### **2.2.2 Composición de los hidrocarburos**

El crudo de petróleo se caracteriza por ser un líquido viscoso, negro y con una composición química compleja que puede contener miles de compuestos pertenecientes a la familia de los hidrocarburos (Viñas, 2005). Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno, la mayoría se extrae de combustibles fósiles (Flores-Puente, et al. 2004). La composición elemental del crudo de petróleo está en función de la abundancia de los compuestos tipo hidrocarburo: carbono (84-87%), hidrógeno (11-14%), azufre (0-8%), oxígeno y nitrógeno (0-4%), y metales como el níquel y el vanadio (Viñas, 2005).

Los hidrocarburos presentes en el petróleo se encuentran agrupados en las siguientes familias (Viñas, 2005):

1. Parafinas volátiles. Son alcanos no ramificados y ramificados formados por cadenas de 1 a 10 átomos de carbono, representa hasta el 30 % del crudo de petróleo.
2. Parafinas no volátiles. Son alcanos lineales y ramificados formados por cadenas de 11 a 40 átomos de carbono, puede constituir entre el 15-20 % del crudo de petróleo.
3. Naftenos o cicloalcanos. Son compuestos que pueden llegar a representar hasta el 31 % del crudo.
4. Oleofinas o alquenos. Son compuestos que están poco presentes en el crudo de petróleo pero adquieren importancia en los productos resultantes de refinado.
5. Hidrocarburos aromáticos. Son estructuras formadas por moléculas que contienen uno o varios anillos de seis miembros de carbono (anillos bencénicos) subdividiéndose en hidrocarburos monoaromáticos (un anillo bencénico), diaromáticos (dos anillos bencénicos) y poliaromáticos (HAPs, con más de dos anillos bencénicos).

### **2.2.3 Contaminación de Suelos**

El suelo representa todo tipo de material terroso. Es un conjunto de partículas con una organización definida y propiedades que varían rápidamente en dirección vertical, es decir que verticalmente presenta cambios considerables mucho más rápido que horizontalmente (Juárez y Rico, 2006). Existe una gran variedad de causas por las cuales se originan los suelos, y por esta razón hay una gran diversidad de tipos de suelos resultantes. Para poder realizar la clasificación del suelo, es necesario contar con datos referentes a su granulometría y sus límites de consistencia. Un suelo contaminado es aquel cuyas características han sido alteradas por la

presencia de componentes de carácter peligroso, generalmente producidos por el hombre, con una concentración tal que pueda ser considerada un riesgo tanto para la salud humana como para el medio ambiente. De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, un contaminante es “toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural” (LGEEPA,2008).

#### **2.2.4 Técnicas de restauración de sueloscontaminados**

En los últimos años se ha puesto mayor atención en el desarrollo de técnicas que permitan la recuperación y reutilización de los suelos contaminados. Existen diferentes criterios en base a los cuales se pueden clasificar las tecnologías de restauración, entre los principales se encuentran los siguientes (Volke y Velasco,2002).

##### **2.2.4.1 Estrategia de restauración**

Son tres estrategias básicas que pueden ser empleadas en conjunto o por separado:

- **Destrucción o modificación de loscontaminantes.**

Se realiza alterando la estructura química del contaminante. Generalmente es una técnica costosa que se utiliza cuando el contaminante es altamente tóxico y es necesario eliminarlo del suelo.

- **Extracción o separación.**

Se realiza mediante el aprovechamiento de las propiedades físicas o químicas del contaminante, como solubilidad, volatilización o carga eléctrica, entre otros.

- **Aislamiento o inmovilización del contaminante.**

Los contaminantes se estabilizan con el uso de métodos físicos o químicos. Se agregan materiales sólidos con baja permeabilidad como silicatos, cemento, polímeros orgánicos y termoplásticos (Castillo, 2008).

#### **2.2.4.2 Lugar en el que se realiza el proceso de remediación.**

Generalmente, existen dos tipos de tratamiento en esta clasificación:

- **In situ.** Se realiza en el mismo lugar donde se encuentra la contaminación, sin necesidad de excavar el suelo. Su principal ventaja es la disminución de costos en el procedimiento; sin embargo, requiere mayor tiempo de tratamiento, puede ser inseguro en cuanto a heterogeneidad en las características del suelo y presenta dificultad para verificar la eficacia del proceso.
- **Ex situ.** La realización de este tipo de tratamientos requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes del tratamiento. Existen dos variantes una vez que el suelo ha sido extraído: que se aplique el tratamiento en el mismo sitio utilizando unidades móviles que son trasladadas al lugar (*onsite*), o bien transportar el suelo a las instalaciones donde se le aplicara el proceso

de recuperación. Este tratamiento requiere menos tiempo de ejecución y es más seguro en cuanto a uniformidad ya que es posible homogeneizar y muestrear periódicamente; sin embargo, es necesario excavar el suelo, lo cual aumenta los costos por el equipo utilizado, además de que debe considerarse la manipulación del material y la posible exposición al contaminante.

#### **2.2.4.3 Tipo de tratamiento.**

Se basa en el principio de la tecnología de remediación y puede ser tratamiento biológico, físico químico o térmico

- **Tratamientos biológicos.** Emplean las actividades metabólicas de organismos como plantas, hongos y bacterias, para transformar o remover los contaminantes. También se le conoce como biorestauración y su realización consiste en el incremento en la disponibilidad de  $O_2$  y añadir nutrientes en el suelo. Para ello, se puede utilizar pozos de inserción de peróxido o nitratos. También se puede utilizar paja o astillas como agentes de carga para mejorar el suelo (Zytner, Salb y Brook, 2001). Este tipo de tecnologías son benéficas para el ambiente, no presentan costos elevados, los contaminantes generalmente son destruidos y se requiere de un mínimo o ningún tratamiento posterior; por otro lado, presenta la desventaja de no poder usarse si el tipo de suelo no favorece el crecimiento de los organismos, además de requerir mayores tiempos de tratamiento y es necesario verificar la toxicidad de los productos del proceso.
- **Tratamientos fisicoquímicos.** Utiliza las propiedades físicas y/o químicas (porosidad, densidad, tamaño de las partículas, viscosidad,

etc.) de los contaminantes o del medio contaminado para destruir, separar o contener la contaminación. Algunas de las ventajas de este tratamiento son: que pueden realizarse en periodos cortos, el equipo es accesible y no se requiere de mucha energía. Sin embargo, los residuos generados por técnicas de separación deben ser tratados, lo cual aumenta los costos y la necesidad de permisos; además los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de los contaminantes por lo que se requieren sistemas de recuperación.

- **Tratamientos térmicos.** Utilizan calor para volatilizar, quemar, descomponer o fundir los contaminantes del suelo. Los vapores, cenizas y residuos líquidos generados requieren de tratamiento especial. Presentan la ventaja de ser los procesos más rápidos con una alta eficacia para eliminar el contaminante, aunque también es el grupo de tratamientos más costoso.

### **2.2.5 Lavado de Suelos**

Este método consiste en el uso de soluciones de lavado que contienen algún tipo especial de aditivo como surfactantes, ácidos, bases oxidantes, disolventes o simplemente agua con la finalidad de incrementar la solubilidad y/o movilidad del contaminante para su eliminación del suelo. La selección del tipo de agente a emplearse depende del contaminante que se quiere remover, en el caso de los hidrocarburos es común emplear surfactantes (Castillo, 2008).

La solución de lavado se conjunta con la acción de un procedimiento mecánico para la depuración del suelo. Este proceso se emplea principalmente para contaminantes peligrosos como los hidrocarburos, metales o plaguicidas, que son sustancias que tienden a unirse fácilmente en

forma física o química a limos y arcillas, los cuales a su vez se unen a arenas y gravas. Por esta razón, resulta más difícil separar el contaminante cuando hay gran cantidad de finos. El agua de lavado debe ser sometida a un tratamiento para poder reutilizarla o desecharla, ya que contiene una gran cantidad de contaminantes (EPA, 1996).

Después del proceso de lavado, el suelo es sometido a una prueba para determinar si aún contiene contaminantes y estimar la cantidad de los mismos presentes. Si el total de los contaminantes pasaron al agua de lavado y el suelo se encuentra limpio, puede ser usado en el sitio o llevado a otro lugar para usarlo como relleno. Si el material todavía está contaminado se le puede someter a otro ciclo de lavado o un tratamiento diferente para eliminar el contaminante (EPA, 1996). El uso principal de esta técnica es reducir el volumen de suelo a tratar ya que durante el proceso, las gravas y arenas se separan de los limos y arcillas, que son la fracción del material donde se concentran mayoritariamente los contaminantes. De esta forma, si es mayor la cantidad de agregados gruesos en el material que se va a tratar, el lavado es más eficaz en función del material. (EPA,1996).

Algunas de las ventajas de esta técnica son las siguientes (EPA, 1996):

- Permite controlar las condiciones en las que se tratan las partículas del suelo, tales como temperatura y pH.
- Permite tratar los desechos peligrosos *insitu*.
- Ofrece la posibilidad de retirar una gran variedad de contaminantes del suelo.
- Es un procedimiento muy rápido en comparación con los tiempos empleados por otros métodos de restauración.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Suelo:** es la porción más superficial de la corteza terrestre, constituida en su mayoría por residuos de roca provenientes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica fruto de la actividad biológica que se desarrolla en la superficie. (Juárez y Rico,2005)

**Hidrocarburo:** es el compuesto de tipo orgánico que surge al combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono. Según los expertos en la materia, en este compuesto la forma molecular se basa en átomos de carbono enlazados con átomos de hidrógeno. Estas cadenas de átomos de carbono pueden ser abiertas o cerradas y lineales o ramificadas. (Viñasl, 2006)

**Surfactante:** son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases (p.ej., dos líquidos insolubles uno en otro). (Volke y Belasco,2002)

**Actividad petrolera:** la industria petrolera incluye procesos globales de exploración, extracción, refinó, transporte (frecuentemente a través de buques petroleros y oleoductos) y mercadotecnia de productos del petróleo. Los productos de mayor volumen en la industria son combustibles (fueloil) y gasolina. (Zytner, Salb y Brook, 2001)

**Campo petrolero:** un campo de petróleo está formado por un yacimiento con una forma adecuada para el entrapamiento de hidrocarburos y que se encuentra cubierto por una roca impermeable o una roca que actúa como sello. Habitualmente, los profesionales de la industria utilizan el término con la presunción implícita de magnitud económica.(Viñas, 2005).

**Conservación Ambiental:** método de utilización de un recurso natural o el ambiente total de un ecosistema particular, para prevenir la explotación, polución, destrucción o abandono y asegurar el futuro uso de ese recurso. (Cabrera, 2000)



## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación, reúne por su nivel la característica de un estudio tipo explicativa, según Arias. (2006), establece que: “la investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimiento” (p. 26), con la cual se estudió la reacción del surfactante con suelos contaminados de hidrocarburos.

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación de diseño experimental. Según Arias. (2006), define: es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto. (pag.23).

En función al diseño que se empleó, la investigación se realizó para estudiar el impacto que causa el surfactante CON 100 DH en la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante lavado con el mismo.

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Esta investigación está basada en un diseño estadístico multifactorial que fueron la concentración del surfactante a evaluar (0,5, 1 y 3 %) y el tipo de suelo Franco-Arenoso y Franco-Arcilloso.

En cuanto a la población de este trabajo estuvo representada por una muestra de cinco kilogramos de suelo, el cual fué contaminado con crudo pesado a una concentración de  $76408 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

El termino población se refiere a “cualquier conjunto finito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos en estudios”. (Arias, Fideas 2006).

La muestra según Arias F. (2006), puede ser definida como. “la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Para este caso se tuvieron 18 muestras de 200 gr de suelo contaminado, las cuales se trabajaron de la siguiente manera 3 muestras para trabajarla en suelo franco-arenoso a una concentración de surfactante de 0,5%, 1%, 3% y 3 muestra para trabajarlas en suelo franco-arcilloso (3 concentraciones de surfactantes \* 2 tipo de suelos \* 3 repeticiones = 18 muestras).

### 3.4 SISTEMA DE HIPÓTESIS

En este trabajo de investigación, la hipótesis a comprobar estuvo dada por el siguiente planteamiento: Verificar que el surfactante utilizado es

eficiente para extraer los hidrocarburos presentes en el suelo contaminado independientemente del tipo de suelo a utilizar. Según Arias. (2006), en su libro de proyecto de la investigación, define la hipótesis de la siguiente manera: “es una suposición que expresa la posible relación entre dos o más variables, la cual se formula para responder tentativamente a un problema o pregunta de investigación”. (p. 47)

### **3.5 SISTEMA DE VARIABLES**

Las variables independientes de este trabajo de investigación fueron representadas por las concentraciones de surfactante y el tipo de suelo. Por lo tanto, las variables dependientes fueron constituidas por las propiedades físicas y químicas del suelo antes y después de los tratamientos. Según Arias. (2006), define variable de la siguiente manera: “es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación”. (p.57)

### **3.6 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

#### **3.6.1 Caracterización de la muestra de crudo en función de gravedad API, densidad, viscosidad cinemática y %AyS.**

Para lograr este objetivo se procedió a solicitar una muestra de crudo pesado en el laboratorio de procesamiento de hidrocarburos, a la cual se le midió la gravedad API, la densidad, la viscosidad y el porcentaje de agua y sedimentos, para lograr así la verificación de que cumple con los estándares de clasificación de un crudo pesado.

### 3.6.1.1 Determinación de la gravedad API

Para la determinación de la gravedad API del crudo a estudiar se utilizó el método del Hidrómetro (Norma ASTM D 287), este método está basado en la utilización de un hidrómetro en el cual se observará de manera directa la gravedad API.

### 3.6.1.2 Determinación de la densidad

Para determinar la densidad se utilizó el método del picnómetro (Norma ASTM D 891); que se basa en la utilización de un picnómetro, el cual posee un sello de vidrio que dispone a su vez de un tapón previsto de un finísimo capilar.

### 3.6.1.3 Determinación de viscosidad cinemática

La determinación de la viscosidad se basó en la norma ASTM D 2196-10, la cual se refiere a la utilización del viscosímetro Brookfield que consiste en una operación rotacional a una velocidad y temperatura deseada, obteniendo el valor de la viscosidad dinámica. Para la determinación de la viscosidad cinemática se utilizará la siguiente ecuación:

$$v = \mu / \rho \quad (3.1)$$

Donde:

$v$  = viscosidad cinemática (cSt)

$\mu$  = viscosidad dinámica (cP)

$\rho$  = densidad (g/mL)

#### **3.6.1.4 Determinación de % AyS**

La determinación de este parámetro se realizó bajo la norma COVENIN 2683-90 a través de la centrifuga, la cual consiste en colocar volúmenes iguales de tolueno saturado con agua y crudo, posteriormente son llevado a baño térmico durante 30 min y luego se procede a la centrifugación, pasado el tiempo de centrifugación se procede a leer el volumen de agua y capa de sedimentos en el fondo del tubo.

#### **3.6.2 Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo antes y después del proceso de lavado.**

Se trató de observar si el suelo tiene alguna modificación en sus propiedades tras el lavado con tanque de agitación mediante un análisis comparativo del antes y después de dicho proceso.

Se pesaron 5 kilogramos de suelo los cuales fueron contaminados con crudo pesado hasta obtener una concentración inicial de 76408 mg/kg de suelo. Esta concentración debido a que el método gravimétrico para determinar los hidrocarburos totales en suelos, exige que exista una contaminación de hidrocarburo considerable.

Para el lavado del suelo se utilizó un Mezclador LightningLab Master L1U08F. El equipo incluye una flecha de acero de 60 cm provista de un impulsor A100 provisto de 3 paletas inclinadas 45 grados. Se usó un tanque de 10 cm de ancho y 25 cm de alto con deflectores. Para el experimento se colocó la flecha centrada en el tanque de agitación lo más recto posible y a 5 cm del fondo. Se trabajó cada experimento con una relación suelo/surfactante de 1:3 (200 g suelo/600 mL de Surfactante). Una vez

montado el experimento se trabajó el mezclado por 60 min a unos 1500 rpm, luego se dejó en reposo por 24 horas para que decante el material sólido y se retiró la fase acuosa y se repitió el procedimiento. El suelo lavado fue luego caracterizado.

### **3.6.2.1 pH**

Para este parámetro se usó el método US EPA 9045C (1995). Primeramente, se pesarán 10 gr de suelo, luego se le agregaron 20 ml de agua destilada KCL (0.1 N),  $\text{CaCl}_2$  (0.01 M), se agitó durante un minuto, dejando reposar durante 10 minutos. Para finalizar se midió el pH mediante un pHmetro marca Orion previamente calibrado.

### **3.6.2.2 Conductividad eléctrica**

La cuantificación de este parámetro se realizó bajo el método US EPA 9045C (1995). Primeramente, se tomaron 20 g de suelo y se le agregaron 40 ml de agua destilada, se agitó por 1 minuto, se dejó reposar por 15 minutos, se agitó por 1 minuto, luego se dejó reposar por 15 minutos para tomar las lecturas de la suspensión en el conductímetro.

### **3.6.2.3 Textura**

Se determinó por el método del hidrómetro descrito por Bouyucos (1962). El método del hidrómetro implica dispersar las partículas de suelo con una sustancia tal como metafosfato de sodio y después agitar la solución. La cantidad de arena, limo y arcilla en la muestra de suelo está determinada, después de la dispersión, por un hidrómetro, que mide las partículas en suspensión. La cantidad de cada tipo de partícula es

determinada utilizando la ley de Stokes, que determina la cantidad de cada tipo de partícula presente por la velocidad a la que cada tipo de ellas cae fuera de suspensión, en base a su tamaño.

#### **3.6.2.4 Materia Orgánica**

Para determinar la materia orgánica del suelo (MOS) se utilizó el método de calcinación o método de pérdida por ignición (LOI). Las muestras se secaron al horno a 105 °C durante 3h, se enfriaron en una desecadora y se pesaron antes de ser calcinadas a 550 °C durante 2h en un horno de mufla. Después de la combustión, las muestras se enfriaron en un desecador y se volvieron a pesar. Con estos valores, se calculó el porcentaje de MOS mediante la siguiente ecuación propuesta por Schulte y Hopkins (1996). Todo el procedimiento se repitió por triplicado y fué realizado en el laboratorio de suelos del postgrado en agricultura tropical.

$$\%MO = ((PCS - PCSC) / (PCS - PC)) * 100 \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

PCS: peso del crisol con el suelo seco (g)

PCSC: peso del crisol con el suelo después de la combustión (g)

PC: peso del crisol (g)

#### **3.6.2.5 Hidrocarburos totales del petróleo (HTP)**

Para extraer los hidrocarburos del suelo contaminado se utilizó el método de reflujo con equipo Soxhlet, tomando como referencia los métodos D5369-93 de la ASTM (2003) y 3540C y 3541 de la US EPA (1996, 1994). La

determinación de este parámetro es importante para cuantificar la cantidad extraída de hidrocarburo.

### **3.6.3 Evaluación de la eficiencia del proceso de restauración del suelo mediante el lavado con el surfactante CON 100 DH.**

Para la evaluación del surfactante primeramente se aplicó un análisis de varianzamultifactorial. Los análisis de varianza sirven para estudiar el efecto de uno o más factores cuando al menos uno de ellos es un factor intra-sujetos. En los factores inter-sujeto o completamente aleatorizados, a cada nivel del factor se le asigna o le corresponde un grupo diferente de sujetos. Por el contrario, un factor intra-sujeto se caracteriza porque todos los niveles del factor se aplican a los mismos sujetos. (Morrison 1976).

El propósito de este experimento fue averiguar si existen diferencias significativas entre las muestras dependiendo de la concentración del surfactante y el tipo de suelo, este procedimiento se realizó utilizando el programa StatgraphicsCenturion. Se trata, por lo tanto, de un diseño con dos factores que son la concentración del surfactante con tres (3) niveles, el tipo de suelo con 2 niveles y una variable dependiente el comportamiento fisicoquímico de las propiedades del suelo. En un diseño de estas características existen tres factores de interés: el efecto individual del primer factor, el efecto individual del segundo factor y el efecto conjunto de la interacción entre los dos factores. Para este estudio también se evaluó el efecto del surfactante bajo los tratamientos aplicados, determinando el porcentaje de eficiencia, por lo cual, el que obtenga el mayor resultado será el más eficiente. Se utilizó la siguiente formula:

$$\%Ef = \left| \frac{va-ve}{va} \right| \times 100 \quad (3.2)$$

Donde:

Va = volumen agregado de hidrocarburo (mL).

Ve= volumen extraído de hidrocarburo (mL).

### 3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Arias (2006) define las técnicas de la siguiente manera: “Se entenderá por técnica de investigación, el procedimiento o forma particular de obtener datos o información.” (p.67)

Arias (2006) acerca de instrumentos de recolección de datos “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (p.68)

Las técnicas que se usaron, para la recolección de datos son las siguientes: revisión bibliográfica y la observación directa. La revisión bibliográfica comprendió todas aquellas actividades relacionadas con la búsqueda de información escrita y relacionada con el tema previamente establecido, para el cual debe analizarse y discutirse si la información recolectada es útil para posterior utilidad.

La técnica de recolección de datos fue la observación directa, en la cual el investigador puede observar y recoger los datos mediante su propia observación para su posterior análisis. Como hace lo establece Arias (2006) “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante

la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos.” (p.69).

### **3.8 RECURSOS**

#### **3.8.1 Recursos humanos**

Para la realización de esta investigación y elaboración del proyecto se buscó del asesoramiento y apoyo técnico de personas especializadas en el área, así como los ingenieros y técnicos de laboratorio que laboran en el Departamento de Ingeniería de petróleo de la Universidad de Oriente, Núcleo-Monagas.

#### **3.8.2 Recursos materiales y bibliográficos**

Se obtuvo información de libros, tesis, revistas científicas, documentos digitales y páginas web facilitados por la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas que fueron utilizados para realizar esta investigación.

#### **3.8.3 Recursos financieros**

Los gastos necesarios para el desarrollo de esta investigación fueron aportados por los estudiantes que llevaron a cabo el proceso de desarrollo, análisis de datos, conclusiones, comparaciones y recomendaciones necesarias correspondientes a la investigación.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA DE CRUDO EN FUNCIÓN DE GRAVEDAD API, DENSIDAD, VISCOSIDAD CINEMÁTICA Y %AYS.

Se llevaron a cabo una serie de pruebas específicas con el fin de determinar el tipo de crudo que se utilizó para contaminación del suelo. En la tabla 4.1 se presenta la caracterización del crudo la cual incluye los valores de gravedad API, densidad, viscosidad dinámica, viscosidad cinemática, y porcentaje de agua y sedimentos del petróleo seleccionado para este experimento.

**Tabla 4.1 Caracterización del crudo**

<b>GRAVEDAD API</b>	<b>DENSIDAD (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>VISCOSIDAD DINAMICA (cP)</b>	<b>VISCOSIDAD CINEMÁTICA (cP)</b>	<b>% AGUA Y SEDIMENTOS</b>
16,6	985	2049	2080	19

La gravedad API, también conocida como Índice de Gravedad Americano, es una medida utilizada para cuantificar la densidad relativa de los hidrocarburos líquidos, especialmente del petróleo crudo (API, 2010). Se utiliza como una indicación de la liviandad o pesadez del crudo en comparación con el agua. Según el Instituto Americano del Petróleo (2010) el crudo estudiado se clasifica como crudo pesado (Tabla A.1).

La densidad es una propiedad física que se refiere a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia o material. Es una medida de la compactación de las partículas que componen dicha

sustancia. La densidad se expresa generalmente en unidades de masa por unidad de volumen, como kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) en el sistema métrico (Halliday, Resnick y Walker, 2008).

Barbieri (1989) indica que para crudos pesados la densidad debe oscilar entre 920 y 1000  $\text{kg/m}^3$ , lo cual permite ratificar que la muestra de crudo trabajada corresponde a un crudo pesado por estar dentro del rango propuesto (985  $\text{kg/m}^3$ ).

El rango de viscosidad dinámica de un crudo puede variar dependiendo de diferentes factores, como la composición específica del crudo y las condiciones de temperatura y presión. En general, los crudos pesados tienden a tener una viscosidad dinámica más alta en comparación con los crudos livianos.

El rango típico de viscosidad dinámica para un crudo pesado puede ser de alrededor de 100 a 100,000 centipoises (cP) o incluso más (API, 2007). Tomando en cuenta este rango se puede ratificar que el crudo estudiado es un crudo pesado por presentar una viscosidad dinámica de 2049 cP.

El porcentaje de agua y sedimentos en un crudo se determina mediante análisis de laboratorio, donde se separa el agua y los sedimentos del crudo y se calcula su proporción en relación al volumen total del crudo. Este parámetro es importante en la industria del petróleo, ya que un alto porcentaje de agua y sedimentos puede indicar problemas en la producción, almacenamiento y transporte del crudo, así como impactos negativos en su calidad y valor. Es recomendable que este parámetro no exceda del 1 % a nivel operativo. Para el caso de esta investigación es irrelevante ya que solo se va contaminar el suelo y el crudo no será desplazado a través de ductos;

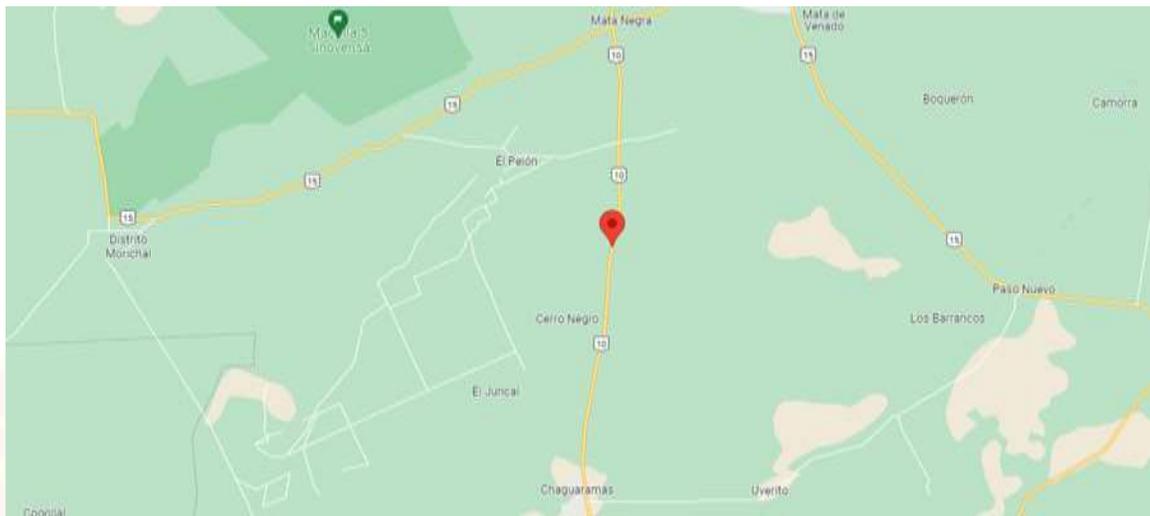
aunque es de mucha importancia debido que puede afectar otras propiedades como la conductividad eléctrica aportando sales provenientes de la formación.

#### 4.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE LAVADO.

En este apartado se presentan los resultados de la caracterización del suelo antes y después del proceso de lavado con el surfactante, con lo cual se determinó del efecto que ejerce el surfactante en las propiedades del suelo. En la figura 4.1 se presenta la ubicación relativa del sitio de muestreo 1 el cual se realizó en las adyacencias de Cerro Negro, Estado Monagas y en la figura 4.2 se muestra la ubicación de la muestra 2 la cual fue tomada a 200 metros de la planta potabilizadora de agua del bajo guarapiche Maturín, estado Monagas.



Figura 4.1 Ubicación de la zona de muestreo 1.



**Figura 4.2 Ubicación de la zona de muestreo 2.**

En la tabla 4.1 se muestran las coordenadas geográficas de las dos zonas muestreadas.

**Tabla 4.2 Coordenadas geográficas de las zonas muestreadas**

<b>MUESTRA</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	
MUESTRA 1	N9° 45' 300"	W 63° 11' 191"
MUESTRA 2	N8° 49' 56.0"	W 62°45'07.9"

#### **4.2.1 Determinación de las propiedades del suelo antes del proceso de lavado.**

Se realizaron mediciones de diferentes características del suelo, como pH, conductividad eléctrica (CE), textura y contenido de materia orgánica, antes de su contaminación con hidrocarburos. Los resultados de estas mediciones se presentan en la tabla 4.3, donde se reflejan los valores obtenidos para cada una de estas características.

**Tabla 4.3 Caracterización de las muestras de suelo antes de contaminar**

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Arcilloso</b>	<b>Arenoso</b>
<b>pH</b>	6,75	5,13
<b>Conductividad Eléctrica (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	248,5	92
<b>Materia Orgánica (%)</b>	11,89	1,96
<b>% Arena</b>	61	84
<b>% Limo</b>	17	6
<b>% Arcilla</b>	22	10

Como se observa en la tabla 4.6 para el suelo arcilloso el pH resulto de 6,75. Este resultado coincide con el reportado por Gil, Vizcaino y Beloso (2019) en su trabajo de investigación en la zona del Bajo Guarapiche. En cuanto al suelo arenoso el valor de pH fue de 5,13 el cual resulto medianamente ácido el cual es un valor característico de suelos de sabana del estado Monagas y coincide con los pH reportados por López et al. (2008) en suelos al sur del Estado Monagas con valores de pH de 5,03 y los reportados por Gómez y Paulini (2006) en suelos de sabanas de los llanos Orientales de la República Bolivariana de Venezuela.

La conductividad eléctrica, obtenida para ambos tipos de suelo a través del conductímetro arrojó valores menores a 1200  $\mu\text{S/cm}$  por lo cual estas muestras de suelo son consideradas como no salinas (Boulding, 1994).

La materia orgánica en los suelos está compuesta principalmente por residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición. La presencia y cantidad de materia orgánica en el suelo puede variar según diferentes factores, como el clima, la vegetación y las características físicas del suelo.

Para el suelo arenoso según Rojas (2005) el contenido de materia orgánica es bajo (1,96%) y se aproxima de lo obtenido por Chicco y Godoy

(1987) quienes reportaron un valor promedio de 1,33% para sabanas bien drenadas; en cambio para el suelo arcilloso Rojas indica que porcentajes mayores a 3,6% corresponden a valores de materia orgánica muy altos.

En cuanto a la textura del suelo este fue el parámetro que deliberadamente se buscó para realizar el experimento en el cual se planificó trabajar con un suelo arcilloso y uno arenoso. En la tabla 4.3 se observa que el suelo con porcentaje de arena de 84% resultó clasificado como franco arenoso y el otro suelo con porcentaje de arena de 61% resultó clasificado como franco arcillo arenoso. Los suelos arenosos presentan características satisfactorias para poder aplicar la técnica de lavado de suelo, ya que ésta se recomienda para suelos con tamaño de partícula grande y en el caso de los métodos de biorremediación los materiales muy arcillosos dificultan la aireación adecuada del sistema (Adams *et al.*, 1999).

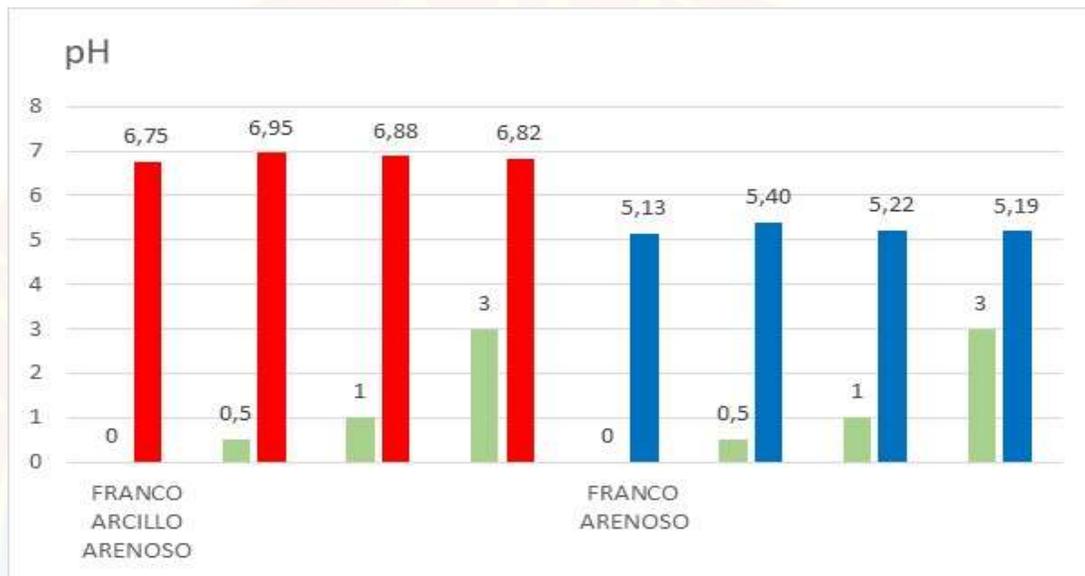
#### **4.2.2 Determinación de las propiedades del suelo luego del proceso de lavado.**

En este apartado se muestra la caracterización de las muestras de suelo luego del proceso de lavado que consistió en la determinación de: pH, conductividad eléctrica (CE), textura, materia orgánica del suelo e hidrocarburos totales del petróleo.

##### **4.2.2.1 pH**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo y es uno de los factores clave que influyen en la disponibilidad de nutrientes para las plantas y en la actividad de los microorganismos del suelo" (Brady yWeil,

2016). Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad (Buckman y Brady, 1966)



**Gráfica 4.1 Tenores de pH del suelo lavado**

En la gráfica 4.1 se muestran los tenores de pH y la concentración de surfactante utilizada para lavar el suelo, puede apreciarse que el pH prácticamente no tiene una variación en presencia de cualquier concentración y tipo de suelo, por lo que se mantiene para el suelo franco arcillo arenoso con un valor neutro y para la muestra franco arenosa fuertemente ácido (Rojas, 2005). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Martínez y López (2001) quienes encontraron que no había variación significativa en el pH de un suelo contaminado con hidrocarburos.

Según el decreto (2635) de Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos, luego del proceso de lavado el suelo franco arcillo arenoso cumple con lo establecido

para ser dispuesto en confinamiento (pH 6 - 9) o esparcimiento (pH 5 – 8) y el suelo franco arenoso cumple solo con lo indicado para esparcimiento.

#### 4.2.2.2 Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica del suelo es una medida de la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica. Se refiere a la capacidad del suelo para transmitir cargas eléctricas a través de su masa. La conductividad eléctrica del suelo se debe a la presencia de iones disueltos en el agua del suelo, como los iones de sales minerales.



**Gráfica 4.2 Tenores de conductividad eléctrica del suelo lavado**

La gráfica 4.2 muestra los tenores de conductividad eléctrica luego del lavado del suelo. Los suelos arcillosos tienen partículas de tamaño muy pequeño y una mayor superficie específica en comparación con los suelos arenosos. Esta mayor superficie específica permite una mayor adsorción y retención de iones en la solución del suelo. Como resultado, los suelos

arcillosos tienden a tener una mayor concentración de sales disueltas, lo que se traduce en una mayor conductividad eléctrica. (Chen yWeindorf, 2019)

Por otro lado, los suelos arenosos tienen partículas de mayor tamaño y una menor capacidad de retención de agua. Debido a su baja capacidad de retención de agua, los suelos arenosos tienden a tener una menor concentración de sales disueltas y, en consecuencia, una conductividad eléctrica más baja.

El suelo para ambos tipos estudiado se mantiene según Rojas (2005) como tipo normal con salinidad muy ligera y según lo emanado por el decreto 2635 luego del proceso de lavado según la conductividad eléctrica este suelo cumple para ser usado en fines de confinamiento o esparcimiento ( $CE < 3500 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### **4.2.2.3 Materia orgánica del suelo (MO)**

La materia orgánica es uno de los parámetros con variaciones importantes (gráfica 4.3) la cual aumenta en forma proporcional a la concentración de hidrocarburos. También puede apreciarse que el suelo arcilloso lavado al 0,5% es el que mayor materia orgánica presenta, obteniéndose hasta 164% de incremento, comparado con el suelo sin hidrocarburos.

En el caso de los suelos arcillosos, tienden a retener más agua debido a su alta capacidad de retención de humedad y a su estructura porosa. Esta retención de agua crea un ambiente favorable para la descomposición de la materia orgánica, lo que a su vez aumenta la acumulación de residuos orgánicos en el suelo. Además, la textura arcillosa proporciona una mayor

superficie de contacto y adherencia de los residuos orgánicos, lo que contribuye a una mayor acumulación de materia orgánica en comparación con los suelos arenosos.



**Gráfica 4.3 Tenores de materia orgánica del suelo lavado**

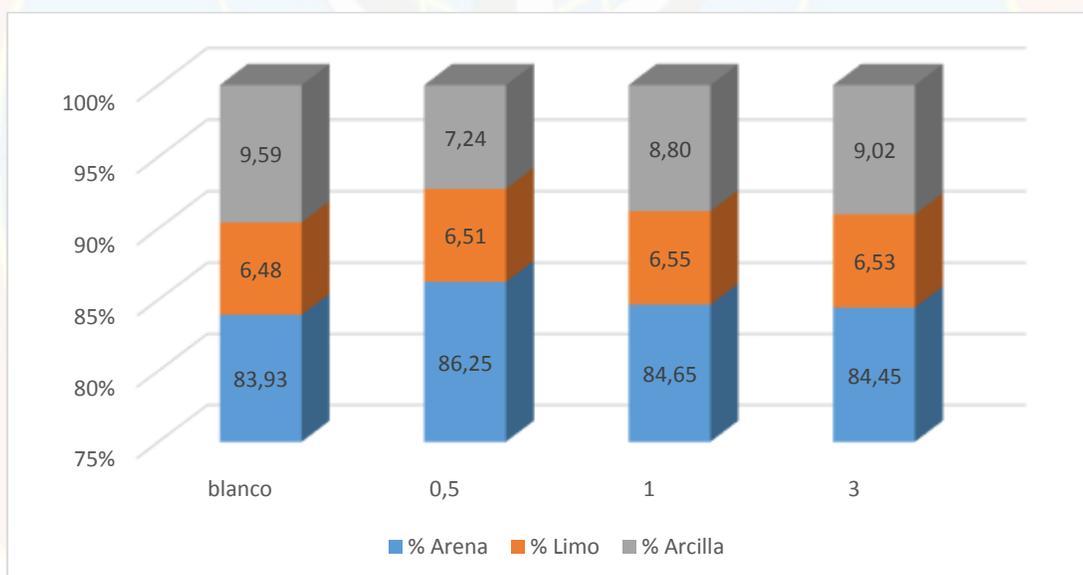
Para ambos tipos de suelo, el contenido de materia orgánica es la suma de materia biogénica (por la descomposición de vegetales y animales) y materia petrogénica (por hidrocarburos). El aumento de la materia orgánica, en estos casos, no significa que sea benéfico como lo manejan algunos autores (Plice, 1948), ya que dicho aumento se debe a material petrogénico y no biogénico.

Evaluando según Rojas (2005) las muestras del suelo franco arenoso son clasificadas con valores de materia orgánica alto y todas las muestras del suelo franco arcillo arenoso entran en el rango de materia orgánica muy alto.

#### 4.2.2.4 Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas de diferentes tamaños presentes en el suelo, incluyendo arena, limo y arcilla. Tanto los suelos arcillosos como los arenosos tienen características distintivas en términos de textura.

En la figura 4.4 se observa que no hay cambios significativos en los porcentajes de arena, limo y arcilla del suelo lavado en comparación con el blanco (suelo sin contaminar).

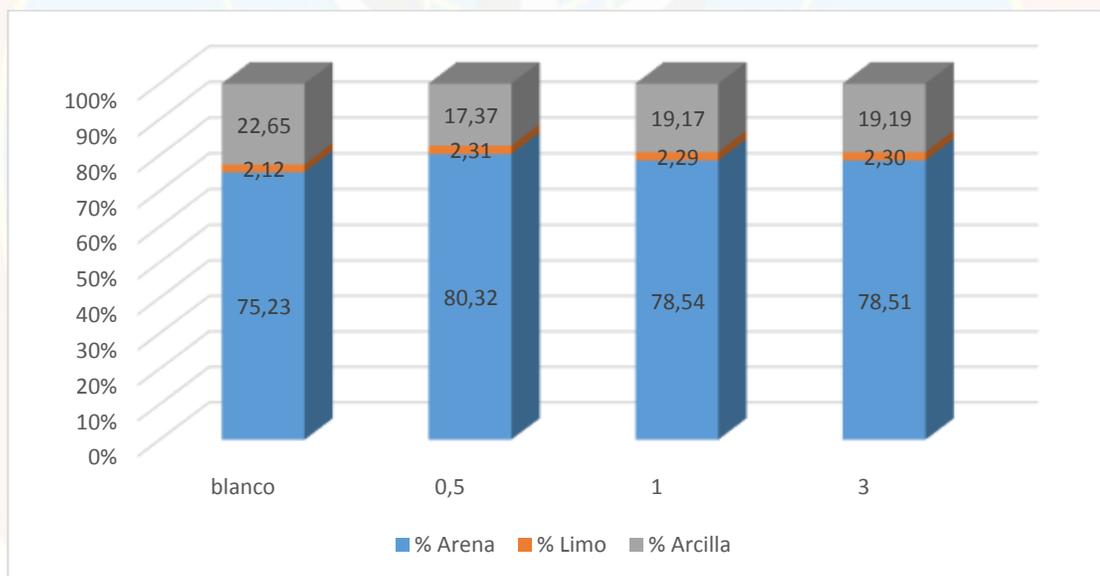


**Gráfica 4.4 Tenores de textura del suelo franco arenoso lavado**

El comportamiento de la textura del suelo arenoso al contaminarse con crudo pesado puede variar dependiendo de varios factores, como la cantidad de crudo derramado, la duración de la contaminación y las características específicas del suelo y del crudo involucrado. Sin embargo, en general, se

pueden esperar algunos efectos sobre la textura del suelo arenoso debido a la presencia del crudo pesado (González y López,2007).

La presencia de crudo pesado en el suelo arenoso puede alterar la estructura y cohesión del suelo, ya que el crudo puede penetrar y recubrir las partículas de arena. Esto puede resultar en una disminución de la porosidad y de la capacidad de retención de agua del suelo arenoso, ya que el crudo puede obstruir los espacios entre las partículas de arena. Además, el crudo pesado puede contener compuestos químicos que pueden interactuar con los componentes del suelo y alterar su textura (Muñoz y Peña, 2011).



**Gráfica 4.5 Tenores de textura del suelo franco arcillo arenoso luego del lavado**

En la gráfica 4.5 se observa que partículas de arcilla disminuyen y los valores de arenas aumentan marcadamente, mientras que el limo presenta muy poca variación aún en concentración alta de este hidrocarburo. Las variaciones debidas al petróleo provocan un cambio de textura del suelo

Franco arcillo arenoso a Franco arenoso. De manera general, se observa que los valores de la arena tienden a aumentar y de la arcilla a disminuir en presencia de crudo pesadomientras que loslimos permanecen sin variación importante. Este comportamiento coincide con lo reportado por Martínez y López (2001) quienes reportaron un aumento en el porcentaje de arenas y un cambio de textura en un suelo arcilloso luego de la contaminación con hidrocarburos.

El Decreto 2635 (República de Venezuela, 1998) indica en su artículo 53 que una de las condiciones para aplicar la biorremediación (señalada como biotratamiento en el Decreto) es que los suelos posean una textura franca o sus variantes, por lo que las muestras de suelo luego del biotratamiento mantienen su textura en el caso del suelo franco arenoso y en el caso del suelo franco arcillo arenoso, a pesar de que si se observe un cambio de textura, esta se mantiene en su condición franca por lo que cumple con lo emitido por la ley.

#### **4.2.2.5 Hidrocarburos totales del petróleo**

Los hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en el suelo son compuestos orgánicos derivados del petróleo que pueden estar presentes como resultado de derrames, fugas o actividades relacionadas con la exploración, producción y transporte de hidrocarburos. Estos compuestos pueden incluir una amplia gama de compuestos hidrocarbonados, desde alcanos y alquenos hasta compuestos aromáticos (Suthersany Horst,2007).

El petróleo crudo es una mezcla compleja de hidrocarburos, y su composición puede variar ampliamente dependiendo de su origen geológico y del proceso de refinación. Al entrar en contacto con el suelo, los

hidrocarburos del petróleo pueden tener varios efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Vasudevan yRajaram,2001).



**Gráfica 4.6 Tenores de hidrocarburos totales del petróleo del suelo lavado.**

En la Gráfica 4.6 se presentan los valores de los hidrocarburos totales del petróleo en el suelo contaminado con crudo Pesado resultante del lavado a las 3 concentraciones de surfactante utilizadas y en los dos tipos de suelo. Según los resultados obtenidos el tratamiento que mejor resultó fue el de la concentración de 3% de surfactante en el suelo franco arenoso con un contenido de HTP en el suelo de 3995 mg/kg, seguido del tratamiento del 3% en el suelo franco arcillo arenoso y resultando el tratamiento con menor reducción del contenido de hidrocarburos el de 0,5% para ambos tipos de suelo, recordando que se inició de una concentración inicial de HTP de 76408 mg/kg (descrito en el procedimiento experimental).

El Decreto 2635 en su Artículo 50 para el parámetro de hidrocarburos totales del petróleo de la República Bolivariana de Venezuela, establece que

el HTP debe ser menor o igual al 1% (10000 mg/Kg) en mezclas de suelo o desechos. Basado en los resultados de la gráfica 4.5 todas las muestras están dentro de lo estipulado por la normativa exceptuando la de 0,5% en el suelo franco arenoso (HTP = 15257 mg/kg).

#### **4.3 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN DEL SUELO MEDIANTE EL LAVADO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH.**

Es esencial realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos antes de emitir una opinión definitiva sobre la eficacia potencial del surfactante en el lavado del suelo. Para lograr resultados concluyentes, se puede utilizar un enfoque de estudio multifactorial que permita un análisis completo de las muestras obtenidas durante el proceso de lavado.

En la actualidad, la teoría y aplicación del diseño experimental y las herramientas estadísticas se han demostrado como herramientas útiles y eficientes, habiendo sido aplicadas con éxito en diversos campos de la ingeniería y las ciencias aplicadas. Estas metodologías han demostrado reducir los costos y los esfuerzos asociados con la experimentación (Montgomery, 2017).

Para el análisis multifactorial se tuvo como factores la concentración del tensoactivo con 3 niveles (0,5, 1 y 3 %) y el tipo de suelo (franco arenoso y franco arcillo arenoso) y como variable dependiente el contenido de hidrocarburos totales del petróleo en las muestras del suelo luego del proceso de lavado. En la Tabla 4.4 se muestra el ANOVA para los HTP por concentración del tensoactivo y tipo de suelo.

**Tabla 4.4 ANOVA para HTP por concentración de tensoactivo y tipo de suelo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Concentración	2,17064E8	2	1,08532E8	43,09	0,0000
B: Tipo de Suelo	1,89072E7	1	1,89072E7	7,51	0,0160
RESIDUOS	3,52633E7	14	2,5188E6		
TOTAL (CORREGIDO)	2,71235E8	17			

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de HTP en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre HTP con un 95,0% de nivel de confianza.

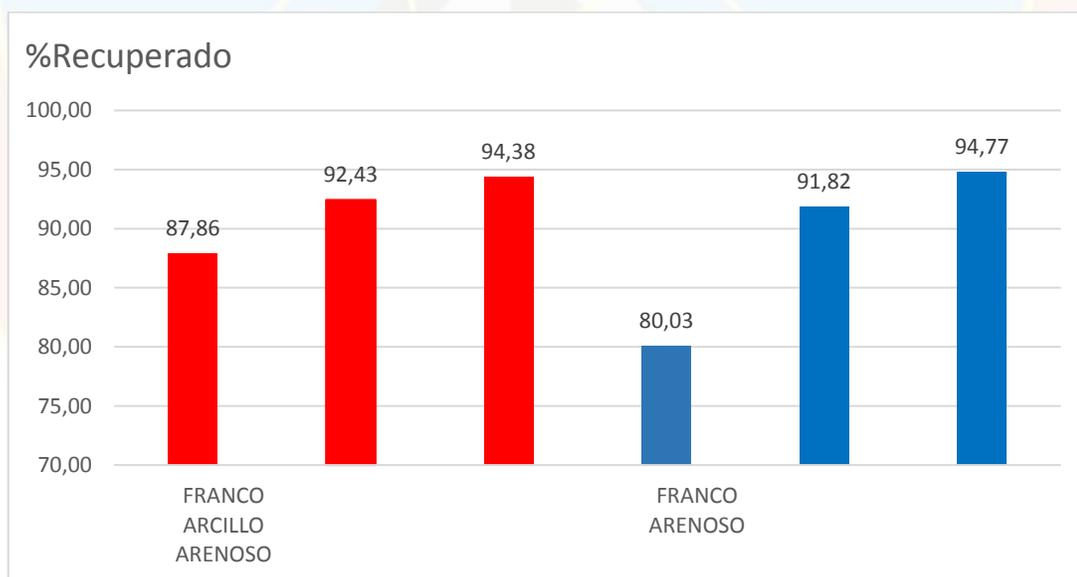
La tabla 4.5 aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un

riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 4.5 Prueba de múltiples rangos para HTP por concentración del tensoactivo**

Concentración	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	4144,33	647,92	X
1	6	6018,17	647,92	X
0,5	6	12266,8	647,92	X

Después de confirmar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el uso del surfactante a diferentes concentraciones, se llevó a cabo la evaluación de la eficiencia de cada concentración en el proceso de lavado. El objetivo era seleccionar la concentración que mostrara el mejor rendimiento. Los resultados de esta evaluación se presentan en la gráfica.



**Gráfica 4.7 Eficiencia del proceso de lavado**

Los resultados mostrados en la gráfica 4.7 resultan satisfactorios pues el mejor tratamiento para ambos suelos resulto ser el de 3% el cual recupero casi el 95% del crudo inicial vertido en el suelo (en ambos casos).



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- El crudo utilizado fue clasificado como crudo pesado con una °API de 16,6 densidad de 985 kg/m<sup>3</sup> y una viscosidad cinemática de 2080 cSt.
- Los suelos en estudio fueron caracterizados como franco arenoso y franco arcillo arenoso.
- El suelo franco arenoso se caracterizó por pH fuertemente ácido (5,13), una baja conductividad eléctrica (92 µS/cm) y bajo en materia orgánica (1,96%).
- El suelo franco arcillo arenoso se caracterizó por pH neutro (6.75), una baja conductividad eléctrica (248,5µS/cm) y muy alto en materia orgánica (11,89%).
- Después del proceso de lavado, todas las muestras de suelo cumplieron con los criterios establecidos en el decreto 2635, el cual especifica los estándares para el confinamiento o esparcimiento de residuos (pH 6 a 9).
- Después de completar el proceso de lavado, todas las muestras fueron clasificadas como no salinas, lo cual indica que cumplen con los requisitos establecidos en los artículos 49 y 50 del decreto 2635 (CE < 3500 µS/cm).
- El aumento de la materia orgánica 176% para suelo franco arenoso lavado al 0,5% y 176% para suelo franco arcillo arenoso lavado al 0,5% luego del proceso de lavado resultó de origen petrogénico.
- Se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medias para los 2 factores estudiados (Tipo de suelo y concentración de surfactante).

- No existen diferencias significativas para la interacción concentración al 1 y 3%.
- El tratamiento mas efectivo fue el de 3% de solución de lavado en el suelo franco arenoso (94,77%)

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Durante el lavado, es importante monitorear y controlar las variables clave, como la temperatura, el pH, la concentración de surfactante y el tiempo de agitación. Esto asegurará un proceso eficiente y efectivo de remoción de contaminantes.
- Es fundamental tener en cuenta la correcta disposición de los efluentes generados durante el proceso de lavado. Esto implica cumplir con los requisitos legales y ambientales, así como buscar opciones de tratamiento y disposición seguras y sostenibles.
- Aplicar esta investigación en campo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J., McQuerry, P. y Kiesser, S. (1985). Laboratory Evaluation of Chemical Dispersants for Use on Oil Spills at Sea. *Env. Sci. Tech.* 19(5), 454-457.
- Alexander, M. 1999. *Biodegradation and Bioremediation*. Segunda edición. Academic Press, Inc., San Diego
- American Petroleum Institute. (API). (2013). *API Manual of Petroleum Measurement Standards: Chapter 10 - Sediment and Water*. Recuperado de [[https://www.techstreet.com/standards/api-mpms-chapter-10-3?product\\_id=2506181](https://www.techstreet.com/standards/api-mpms-chapter-10-3?product_id=2506181)].
- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación*, Editorial Episteme, Caracas, Venezuela.
- ASTDR, (1998). *Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)*. Atlanta, EE.UU., Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.
- ASTM D2196-10.(2000). Standard test method for rheological properties of non-Newtonian materials (rotational viscometer). *Annual book of ASTM standardas*. Vol. 05.01.2002.
- ASTM D 287-92.(2000). Standard test method for API gravity of crude petroleum and petroleum products (hydrometer method). *Annual book of ASTM standardas*. Vol. 05.01.2002.
- ASTM D369.(2000). Standard test method for specific gravity of crude petroleum and petroleum products (pycnometer method). *Annual book of ASTM standardas*. Vol. 05.01.2002.

- ASTM D5369-93 (2003). Standard practice for extraction of solid waste samples for chemical analysis using Soxhlet extraction. Environmental Assessment, Book of Standards, Vol. 11. 04, September 2004.
- Barberi, E; Litwinenko, J. "La Industria Venezolana de Hidrocarburos." Tomo Caracas, Venezuela. Ediciones CEPET (1989)
- Balestrini, M. (1997). Como se elabora un proyecto de investigación Editorial Trillas, Caracas, Venezuela.
- Bouyoucos, G. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils, Agron. J., vol. 54: 464-465.
- Brady, N.C., y Weil, R.R. (2016). The Nature and Properties of Soils. Pearson.
- Cabrera, I. (2000). Apuntes de la cátedra de Impacto Ambiental. Mimeografiado.
- Castillo, J. (2008). Efecto de la relación suelo-solución surfactante en el lavado de suelos contaminados por hidrocarburos en un tanque agitado. Tesis de licenciatura. UNAM, México.
- Chen, X., & Weindorf, D.C. (2019). Electrical Conductivity. En: Weindorf, D.C., Zhu, Y., Niedziela, C.E., & Ransom, M.D. (Eds.), Methods of Soil Analysis: Part 4—Physical Methods (pp. 467-486). Soil Science Society of America.
- Chu W y Kwan CY. (2003). Remediation of contaminated soil by a solvent/surfactant system. Chemosphere. 53, 9-15.
- COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. (2002). Página en línea. Disponible: <http://conama.cl>
- COVENIN 2683-90. (1990). Norma Venezolana de Crudos, determinación del contenido de agua y sedimentos y método de centrifugación.

- EPA (1994) Method 3541. Automated Soxhlet extraction. United States Environmental Protection Agency, SW-846 Manual. Washington, DC: Government Printing Office. 1-8 pp.
- EPA. (1995) Method 9045C. Soil and waste pH. United States Environmental Protection Agency, SW-846 Manual. Washington, DC: Government Printing Office. 1-8 pp.
- EPA (1996) Method 3540C. Soxhlet extraction. United States Environmental Protection Agency, SW-846 Manual. Washington, DC: Government Printing Office. 1-8 pp.
- EPA. (1996). Environmental protection agency. Organismo para la protección del medio ambiente. Guía del ciudadano: El lavado del suelo. Disponible online en: <http://www.clu-in.org/download/remed/spansowa.pdf>. Consultado el 10 de enero de 2021.
- EPA. (2013). United States Environmental Protection Agency. Superfund Remedy Report, [en línea], 14ª edición, disponible en: <http://www.clu-in.org/asr/> [Consultado el 19 de junio de 2022].
- Farias, J. y Solano R. (2013). Evaluación de la eficiencia de los surfactantes bioterra plus y biodeclean, para la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos pesados. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Oriente.
- Flores, M., Torras, S. y Tellez, R. (2004). Medidas de Mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en infraestructura de transporte terrestre. Secretaria de comunicaciones y transportes, Instituto Mexicano del transporte Sanfandila, Qro. Publicación técnica No 257.
- Gelder, G. y García, Y. (2022). Evaluación del proceso de restauración de un suelo con el surfactante biodeclean 1040, mediante la técnica de lavado y lavado con tanque de agitación. Trabajo de grado. Universidad de Oriente.

Gil, A. y González, A. (2019). Modelo de calidad del agua de un río mediante el uso combinado de análisis de componentes principales (ACP) y regresiones lineales múltiples (RLM). Caso de estudio: Cuenca del río Guarapiche, Maturín, Monagas, Venezuela. *Anales Cientí · cos* 81(1): 152-172 (2020). Extraído de:

[https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1586/html\\_128](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1586/html_128)

González, J.M., & López-Valdivia, L.M. (2007). Crude oil contamination in sandy soils: Effects on the physical and microbiological properties. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 42(11), 1607-1614.

Greenpeace. (2012). Impactos ambientales del petróleo.

[http://grenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/impactos\\_ambientales\\_petroleo.pdf](http://grenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/impactos_ambientales_petroleo.pdf). (Consultado el 30/06/2022).

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2008). *Fundamentals of Physics*. John Wiley & Sons.

Instituto Americano del Petróleo. (API). (2007). *Manual del petróleo crudo: Propiedades y análisis de laboratorio*. Washington, D.C.: API Publishing Services.

ISO 11265.(1994). *Soil quality – Determination of the specific electrical conductivity*. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland. 4 p.

Juárez, E. y Rico, A. (2006). *Mecánica de suelos I: fundamentos de la mecánica de suelos*. Limusa México.

Ley General del equilibrio ecológico y la protección del ambiente (LGEEPA). (2008). Cámara de diputados, H. Congreso de la Unión. Disponible online en: <http://www.cddhcu.gob.mx/Leyes.biblio/ref/lgeepa.htm>. Consultado en enero de 2022.

- Martínez, V. y López, M. (2001). Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra Latinoamericana*, vol. 19, núm. 1, enero-marzo, 2001, pp. 9-17
- Méndez, E. (1995). *Metodología*, McGraw- Hill. Segunda Edición. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Méndez, E. (1989). *Gestión Ambiental y ordenación Territorial*, Consejo de Estudio de Postgrado de la Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.
- Montgomery, D.C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons.
- Morrison, D.F. (1976). *Multivariate statistical methods*. New York: McGraw-Hill.
- M.P., & Peña, A. (2011). Influence of crude oil contamination on the physical and chemical properties of a sandy soil. *Environmental Earth Sciences*, 64(3), 679-687.
- OPEC (Organization of the petroleum exporting countries). (2016). *Annual statistical bulletin*. Viena, Austria. 125 p.
- Paria, S. (2008) Surfactant-enhanced remediation of organic contaminated soil and water, *Advances in Colloid and Interface Science*, 138(1), pp.24-58.
- PDVSA (Petróleos de Venezuela S.A.). (2016). *Informe de la gestión social ambiental 2016*. PDVSA, Caracas. 118 p.
- Plice, M.J. 1948. Some effects of crude petroleum on soil fertility. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14: 413-416.

- Rhoades, J.D., Manteghi, N.A., Shouse, P.J., Alves, W.J., & Lesch, S.M. (2000). Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations. *Soil Science Society of America Journal*, 64(3), 1023-1039.
- Schulte, E. y Hopkins, B.G. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. In F. R. Magdoff, M. A. Tabatabai, & E. A. Hanlon (Eds.), *Soil organic matter: Analysis and interpretation* (pp. 21-30). SSSA.
- Urum K., Gribson S., Pekdemir T. y McMenemy, S. (2006). A comparison of the efficiency of different surfactants for removal of crude oil from contaminated soils. *Chemosphere*. 62. 1403-1410.
- Vasudevan, N. y P. Rajaram. 2001. Bioremediation of soil sludge-contaminated soil. *Environment International* 26: 409-411.
- Vinas, M. (2005). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos: caracterización microbiológica, química y ecotoxicológica. Tesis de doctorado, Universidad de Barcelona, España.
- Volke, T. y Velasco, J. (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. INE-SEMARNAT, México.
- Zytner, R., Salb, A. y Brook, T. (2001). Bioremediación od diésel fuel contaminated soil. *Canadian journal of civil Engineering*, 8 (1), 131-140.



**APÉNDICE**

**Tabla N° A.1 Clasificación de los crudos según los grados API**

<b>PETRÓLEO</b>	<b>°API</b>
Condensados	≥ 40
Petróleo Liviano	30-39,9
Petróleo Mediano	22-29,9
Petróleo Pesado	10-21,9
Petróleo Extra-pesado	≤ 10

**Tabla A.2 Clasificación del suelo según su acidez.**

<b>Valor del pH</b>	<b>Evaluación</b>
< 4.5	Extremadamente ácido
4.5 - 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 - 5.5	Fuertemente ácido
5.6 - 6.0	Medianamente ácido
6.1 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 7.8	Medianamente básico
7.9 - 8.4	Moderadamente básico
8.5 - 9.0	Ligeramente alcalino
9.1 - 10.0	Alcalino
> 10.0	Fuertemente alcalino

Fuente: Rojas, 2005

**Tabla A.3 Clasificación de los suelos según su salinidad.**

Parámetros	Salino	Normal	Sódico	Salino-Sódico
pH	< 8.5	<8.5	>8.5	>8.5
C.E. (dS/m)	>4	<4	<4	>4

Fuente: Rojas, 2005

**Tabla A.4 Clasificación de la salinidad de los suelos.**

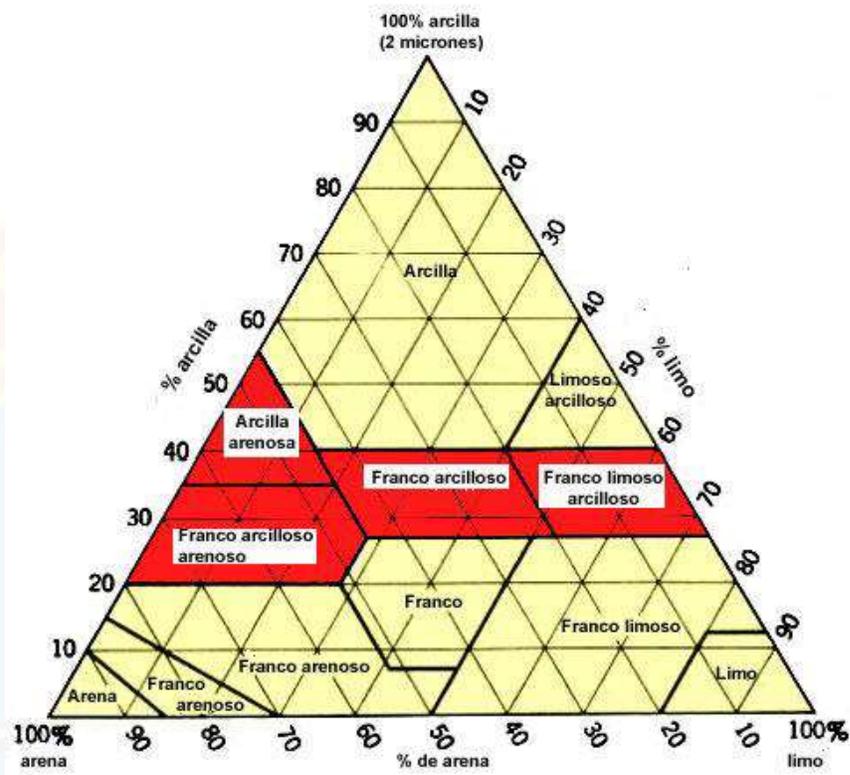
TIPOS DE SUELO	Salinidad	C.E. (dS/m)
NORMAL	Muy ligera	0 - 2
	Ligera	2 - 4
SALINOS	Media	4 - 8
	Fuerte	8 - 16
	Muy fuerte	> 16

Fuente: Rojas, 2005

**Tabla A.5 Valores de interpretación de la materia orgánica.**

Materia Orgánica (%)
< 0,9 Muy bajo
1,0 – 1,9 Bajo
2,0 – 2,5 Normal
2,6 – 3,5 Alto
> 3,6 Muy alto

Fuente: Rojas, 2005



**Figura A. 1 Triángulo de textura del suelo**

Fuente: USDA, 1977

**Tabla A.6 Valores de conductividad eléctrica**

	Concentración	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
<b>FRANCO ARCILLO ARENOSO</b>	0	248,50
	0,5	261,30
	1	265,00
	3	266,40
<b>FRANCO ARENOSO</b>	0	92,00
	0,5	95,54
	1	98,65
	3	101,20

**Tabla A.7 Valores de materia orgánica**

	Concentración	MO (%)
<b>FRANCO ARCILLO ARENOSO</b>	0	11,89
	0,5	19,54
	1	16,54
	3	15,25
<b>FRANCO ARENOSO</b>	0	1,96
	0,5	3,45
	1	2,65
	3	2,55

**Tabla A.8 Valores de hidrocarburos totales del petróleo**

	Concentración	HTP (mg/Kg)
<b>FRANCO ARCILLO ARENOSO</b>	0	76408
	0,5	9276
	1	5784
	3	4294
<b>FRANCO ARENOSO</b>	0	76408
	0,5	15257
	1	6252
	3	3995

**Tabla A.9 Prueba de minima diferencia significativa**

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0,5 - 1	*	6248,67	1965,27
0,5 - 3	*	8122,5	1965,27
1 - 3		1873,83	1965,27

**Tabla A.10 Valores de hidrocarburos totales del petróleo suelo franco arenoso**

Repetición	Concentracion	HTP	Promedio HTP
1	0,5	15260	15257
2	0,5	15255	
3	0,5	15257	
4	1	6260	6252
5	1	6245	
6	1	6251	
7	3	3978	3995
8	3	4015	
9	3	3991	

**Tabla A.11 Valores de hidrocarburos totales del petróleo suelo franco arcillo arenoso**

Repetición	Concentración	HTP	Promedio HTP
1	0,5	9450	9276
2	0,5	9213	
3	0,5	9166	
4	1	5750	5784
5	1	5790	
6	1	5813	
7	3	4305	4294
8	3	4287	
9	3	4290	



**Figura A.2 Contaminación de las muestras de suelo**



**Figura A.3 Pesajes de las muestras contaminadas**



**Figura A.4 Preparación de las soluciones de lavado**



**Figura A.5 Montaje del equipo de extracción**



**Figura A.6 Lavado de suelo con tanque agitado**



**Figura A.7 Muestras de suelo luego del proceso delavado**



**Figura A.8 Lavado de suelo**



**Figura A.9 Suelo lavado en decantación**

## HOJAS METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

<b>Título</b>	<b>LAVADO EX SITU DE SUELOS CONTAMINADO CON HDROCARBURO ASISTIDO CON EL SURFACTANTE CON 100 DH</b>
---------------	--

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

### Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Johana María Goitía Villalba</b>	<b>CVLAC</b>	<b>C.I. 25.395.622</b>
	<b>e-mail</b>	Johanagoitia2212@gmail.com
<b>Yannelys Del Valle Benitez Píamo</b>	<b>CVLAC</b>	<b>C.I. 20.918.252</b>
	<b>e-mail</b>	Yannelis14benitz@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor está registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

### Palabras o frases claves:

Lavado De Suelo
Tensoactivo
Tanque Agitado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y Ciencias Aplicadas	Ingeniería de Petróleo

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

### Resumen (Abstract):

Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la eficiencia del proceso de lavado ex situ de un suelo contaminado con hidrocarburos asistido con el surfactante CON 100 DH, Primeramente, se caracterizó el crudo a utilizar, luego se hizo el muestreo de suelo y se determinó pH, CE, MO, HTP y textura antes y después de contaminar, para este punto se utilizó un diseño de tanque con deflectores; además de 3 concentraciones de la solución de lavado 0,5,1 y 3% y dos tipos de suelo. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza con dos factores y finalmente se determinó la eficiencia del proceso para cada uno de los tratamientos. La caracterización del crudo lo clasificó como crudo pesado. Los suelos muestreados resultaron de textura franco arenoso y franco arcillo arenoso, lo cual lo hizo apto para aplicar el proceso de lavado según el decreto 2635 y con propiedades características de un suelo de sabana. Luego del lavado solo el suelo franco Arcillo arenoso cumplió con el rango de pH entre 6 y 9 según normativa venezolana para confinamiento, todas las muestras fueron clasificadas como no salinas, la materia orgánica mostro un aumento considerable de origen petrogénico y solo el tratamiento al 0,5% del suelo franco arenoso estuvo por debajo de los 10000 mg/Kg de HTP que indica el decreto 2635. De acuerdo al porcentaje de eficiencia la muestra al 3% del suelo franco arenoso resulto la más optima.

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Msc. Carlos De La Cruz	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 12664336
	e-mail	cjdlco@gmail.com
MSc. Noris Bello	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 4714349
	e-mail	nbello.udomonagas@gmail.com
Ing. Cesar Rivero	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I.: 5553689
	e-mail	cesarivero.udomonagas@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor está registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cedula de Identidad).. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2024	02	23

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

**Lenguaje:** spa      Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

### Archivo(s):

Nombre de archivo
Johana.Goitía_Yannelys.Benitez.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \_ -**.

### Alcance:

Espacial: \_\_\_\_\_ (opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero de Petróleo

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

### Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

### Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias Aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

### Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Firma]*  
FECHA 5/8/09 HORA 5:30  
Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*[Firma]*  
**JUAN A. BOLANOS CURTEL**  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/manaja

**Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 6/6**

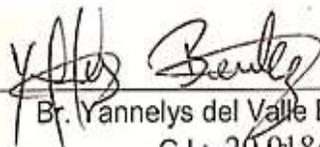
**De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:**

**Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.**



Br. Johana María Goitia Villalba

C.I.: 25 395 622



Br. Yannelys del Valle Benitez Piamo

C.I.: 20 918 252



Prof. MSc. Carlos De La Cruz

C.I.: 12 664 336

**Asesor Académico**