

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**CARACTERIZACIÓN DE SUELOS AFECTADOS POR
HIDROCARBUROS EN UNA ZONA AGRÍCOLA DEL DISTRITO
DE IMAZA, BAGUA-AMAZONAS**

Autor : Bach. José Luis Mego Meléndez

Asesor : M.Sc. Elí Pariente Mondragón

Registro.....

CHACHAPOYAS – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por permitirme la salud y la vida, para poder llegar a esta etapa de mi carrera profesional.

A mis padres Joel Mego y Marcelina Meléndez por haberme dado la vida, por su sacrificio y esfuerzo constante para sacarme adelante, a mi hermano Alberto por su apoyo incondicional.

A mis demás familiares que fueron un pilar muy importante en toda mi etapa profesional.

A todos mis amigos (as) que me alentaron constantemente a seguir adelante en mi etapa de estudiante, a mis guías del día a día (docentes) de mi alma mater específicamente de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental por las constantes enseñanzas y experiencias.

AGRADECIMIENTO

Al todopoderoso por brindarme el valor y el esfuerzo necesario para cumplir con mi meta trazada, mi carrera profesional.

A mis padres Joel Mego, Marcelina Meléndez y a mi hermano Alberto por sus consejos y comprensión.

A mis familiares y amistades por su ayuda y cariño que son fundamental en mi vida.

A mi asesor Prof. Ing. M.Sc. Elí Pariente Mondragón por su colaboración constante brindado durante todo este proyecto y por apoyarme con la orientación necesaria para concluir con este objetivo profesional.

A mi alma mater, por sumar experiencias, aportes de preparación profesional para los problemas cotidianos de la vida.

¡A todos ustedes, Muchas Gracias!

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui
Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón
Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán
Vicerrectora de Investigación

M. Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López
Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo **M.Sc. Eli Pariente Mondragón**, docente de la UNTRM, hago constar que he orientado en la elaboración del proyecto y la ejecución de la tesis titulada “**Caracterización de suelos afectados por hidrocarburos en una zona agrícola del distrito de Imaza, Bagua-Amazonas**”, elaborado por el tesista Bachiller **José Luis Mego Meléndez** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

El Magister en ciencias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza que suscribe, da la conformidad al informe final de la tesis antes suscrita, por estar de acuerdo a los lineamientos de la institución.

Chachapoyas, 10 de septiembre de 2019



M.Sc. Elí Pariente Mondragón
Asesor

JURADO EVALUADOR



Dra. Cástula Alvarado Chuqui
Presidente



Dr. Ricardo Edmundo Campos Ramos
Secretario



M.Sc. Walter Valdera Sánchez
Vocal

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	III
VISTO BUENO DEL ASESOR	IV
JURADO EVALUADOR	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1. ZONA DE ESTUDIO	4
2.1.1. <i>Ubicación de la zona de estudio</i>	4
2.2. METODOLOGÍA.....	5
2.2.1. <i>Delimitación del área de estudio</i>	5
2.2.2. <i>Muestreo</i>	6
2.2.3. <i>Evaluación de las Características físicas y químicas del suelo afectado</i>	10
2.2.4. <i>Criterios de evaluación de suelo afectado por hidrocarburos</i>	11
2.2.5. <i>Estimación del volumen de suelo afectado por hidrocarburos</i>	11
III. RESULTADOS	12
3.1. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS EN EL SUELO.....	12
3.1.1. <i>Concentraciones de Hidrocarburos Totales de Petróleo - HTP en el suelo</i>	12
3.1.2. <i>Concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV en el suelo</i>	12
3.2. VOLUMEN DE SUELO AFECTADO POR HIDROCARBUROS	13
3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO DEL SITIO DE ESTUDIO	13

IV. DISCUSIÓN	15
4.1. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS EN EL SUELO.....	15
4.2. VOLUMEN DE SUELOS AFECTADOS POR HIDROCARBUROS.....	16
4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS DEL SITIO DE ESTUDIO.....	16
V. CONCLUSIONES.....	19
VI. RECOMENDACIONES.....	20
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXOS	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Derrames de petróleo en el departamento de Amazonas.....	3
Tabla 2. Profundidad del muestreo según el tipo de uso del suelo.....	8
Tabla 3. Concentración de Hidrocarburo Totales de Petróleo - HTP (mg/kg) en el sitio de estudio.....	12
Tabla 4. Concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV (mg/kg) en el sitio de estudio.....	12
Tabla 5. Volumen de suelo afectado por hidrocarburos	13
Tabla 6. Valores de pH y Conductividad eléctrica del suelo en estudio	13
Tabla 7. Características texturales del suelo en estudio	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del distrito de Imaza, Provincia de Bagua – Amazonas.	4
Figura 2. Vista panorámica del área en estudio.....	6
Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo-sector 1.....	6
Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo-sector 2 y 3.....	7
Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo-sector 4.....	7
Figura 6. Ubicación de los puntos de muestreo-sector 5.....	8
Figura 7. Calicata para la toma de muestra superficial.	9
Figura 8. Grafico de líneas de los resultados de pH y conductividad eléctrica.....	13
Figura 9. Gráfico de líneas de las características texturales del suelo en estudio	14

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) y de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en suelos agrícolas afectados por derrame de hidrocarburos, las cuales en concentraciones altas pueden alterar los ecosistemas existentes y la salud humana. Ante esto se realizó un reconocimiento del área donde ocurrió el incidente, ubicado en la progresiva km 440 + 781 del Oleoducto Nor Peruano, perteneciente al caserío Villa Hermosa, la cual permitió tener una estimación inicial del área sobre el sitio donde ocurrieron los hechos y la superficie estimada, para decidir la delimitación y la toma de muestras de suelos, se realizaron en diferentes puntos (10 muestras por sector) y diferentes profundidades (0.30 m y 1.50 m) del perfil del suelo en el área de estudio. Las muestras se recolectaron de acuerdo a la guía para muestreo de suelos. Encontramos que los suelos estudiados presentan concentraciones de HTP y COV se encuentran por debajo de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.

Palabras claves: Hidrocarburos Totales de Petróleo, Compuestos Orgánicos Volátiles, suelo, contaminación, Estándar de Calidad Ambiental.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the content of Total Petroleum Hydrocarbons (HTP) and Volatile Organic Compounds (VOCs) in chemical soils affected by the oil spill, which at high risk levels can alter ecosystems and Human health. Given this, a survey was made of the area where the incident took place, located in the progressive km 440 + 781 of the Nor Peruano Pipeline, belonging to the Villa Hermosa farmhouse, which will have an initial initial of the area on the site where the events occurred and The estimated surface, to decide the delimitation and the sampling of soils, are considered at different points (10 samples per sector) and different depths (0.30 m and 1.50 m) of the soil profile in the study area. Samples are collected according to the soil sampling guide. We found that the soils studied have the characteristics of HTP and VOC are below the values established in the Environmental Quality Standards (ECA) for the soil.

.
Keywords: Total Petroleum Hydrocarbons, Volatile Organic Compounds, soil, pollution, Environmental Quality Standard.

I. INTRODUCCIÓN

Los conflictos ambientales principalmente son por la contaminación de suelos, que son generados por actividades industriales, y ocasionada por sustancias que, obedeciendo su estructura química, reactividad y cantidad, descomponen las particularidades de los suelos y afectan sus funciones elementales como productividad, medio de saneamiento, suspensión del agua, mantenimiento de la cubierta vegetal y control del clima (Hernández *et al.*, 2008).

Los principales derivados de los hidrocarburos como se detalla a continuación: petróleo crudo, combustóleo, gasóleo, gasolina, diésel, turbosina y aceites lubricantes han sido comprobados una de las principales causas de contaminación hacia el medio ambiente. Estas sustancias afectan a las aguas subterráneas, superficiales e inclusive a los suelos, pues una vez que se han esparcido, algunos de ellos se acumulan en los poros y en la fracción orgánica, pero otros como el diésel y la gasolina, pueden trasladar y concentrar en los acuíferos o cuerpos superficiales de agua (Profepa, 1999).

En el mundo la contaminación por hidrocarburos está ampliamente distribuida. La industria petroquímica y petrolera son el eje más importante en la producción de hidrocarburos y procedentes destinados a satisfacer nuestros requerimientos energéticos de combustibles y productos lubricantes para la industria y el transporte (Ponce, 2014). La explotación y el traslado son dos operaciones de los hidrocarburos provocan efectos adversos al hombre y al ambiente, de forma directa o indirecta y que deterioran gradualmente el ambiente (Bocanegra *et al.* 2013).

Las fuentes de contaminación por petróleo son diversas, algunas de ellas ocurren debido a accidentes, cuando las personas cometen errores, o cuando los equipos se descomponen; y a desastres naturales (ITOPF, 1997). Los principales derrames accidentales de hidrocarburos a nivel internacional se detallan en el Anexo 1.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente de México (PROFEPA, 2000), informa que la contaminación de suelos es un serio problema ambiental en la actualidad, puede ocurrir de diferentes maneras, pero en gran parte es en operaciones industriales tal como derrames accidentales, fugas de materiales, disposición de residuos, descargas de efluentes y emisiones

fugitivas. Las sustancias principalmente involucradas en contaminación son los combustibles (petróleo crudo, combustóleo, diésel, gasolina, gas natural y gas L.P.), amoníaco, ácido sulfúrico, asfalto, ácido clorhídrico, cloro, mezclas de solventes y aceites gastados.

En el Perú la industria del petróleo, comenzó cuatro años más tarde de la perforación de la primera perforación en el mundo, que fue elaborada por el Coronel Drake en Pensilvania, en el año 1859. En Perú, el primer pozo petrolero se estableció en Zorritos (1863). Este pozo marcó la apertura de los descubrimientos de hidrocarburo en el subsuelo del noroeste del Perú, que hasta el 2014 alcanzó una cifra cercana a los 2 mil millones de barriles. En la selva, los trabajos de exploración petrolera se iniciaron en el año 1920, y en la costa en el año 1961, con las revelaciones de petróleo frente a las costas de Talara, que al año 2011 alcanzaron los 500 millones de barriles (Ego Aguirre y Orihuela, 2014). Desde el año 2003 existe un acrecentamiento de reservas probadas y probables de petróleo crudo como de hidrocarburos líquidos. A pesar de una historia de muchos años de producción de petróleo, no se evidencia el agotamiento del recurso. El acrecentamiento de la actividad petrolera de los últimos años, motivados por los buenos precios del petróleo en el mercado, ha permitido revertir la tendencia negativa tanto en producción como en reservas. A pesar del incremento en la producción de petróleo en el Perú, éste resulta escaso para compensar la demanda interna, por lo que se hace necesaria la importación de crudo (OSINERGMIN, 2005).

La principal fuente de contaminación por hidrocarburos en el Perú es el oleoducto Norperuano de la compañía Petroperú. Desde 1977 hasta el 2016, su tubería ha sufrido 61 rompimientos y consecuentes derrames de hidrocarburo. Para evitar impactos negativos en el medio ambiente Petroperú no cuenta con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), pero si tiene un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) que establece su compromiso de adoptar medidas de mantenimiento integral de las tuberías del Oleoducto Norperuano (Salazar, 2016). En ese contexto, en el departamento de Amazonas las emergencias por derrames de petróleo del Oleoducto Norperuano han venido ocurriendo desde el año 2011, Tabla 1 (ARA, 2016).

Tabla 1. Derrames de petróleo en el departamento de Amazonas

Fecha	Descripción	Región	Provincia	Distrito
03/ 04/ 2011	Derrame ocurrido en la estación N°7 progresiva km 513 + 500 - tramo II	Amazonas	Utcubamba	El Milagro
04/ 09/ 2012	Derrame ocurrido en el km 397 + 300-tramo II	Amazonas	Condorcanqui	Nieva
21/ 09/ 2013	Derrame ocurrido en el km 504 + 400 tramo - II	Amazonas	Bagua	Bagua
19/ 02/ 2015	Progresiva km 504 + 086 tramo II	Amazonas	Bagua	La Peca
06/ 11/ 2015	Km 516 + 408 tramo II	Amazonas	Utcubamba	El Milagro
25/ 01/ 2016	km 440 + 781 tramo II	Amazonas	Bagua	Imaza

Fuente: Autoridad Regional Ambiental, 2016.

En tal sentido, el OEFA (2016) ha identificado 6 derrames de hidrocarburos que se dieron en el oleoducto Norperuano de Petroperú, en lo que corresponde el departamento de Amazonas. El último derrame de petróleo aconteció el 25 enero del año 2016 a la altura del kilómetro 440 + 781, vertiéndose aproximadamente 2 mil barriles de hidrocarburo. Las áreas afectadas fueron campos de cultivo agrícola, canales de irrigación y quebradas; que afectaron la flora y fauna por las altas concentraciones químicas que presentan los hidrocarburos. Por tal motivo, esta investigación se realizó para documentar información sobre las superficies contaminadas en el caserío Villa Hermosa del Distrito de Imaza, y constatar si en la zona de estudio aún se encuentran restos de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) y de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) con valores sobre los estándares de calidad ambiental (ECA).

Por lo tanto, en esta investigación se consideraron los objetivos de determinar el contenido de Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) a escala espacial, horizontal y vertical, de los suelos agrícolas del distrito de Imaza; y estimar el volumen del suelo afectado por hidrocarburos en el distrito de Imaza.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Zona de estudio

2.1.1. Ubicación de la zona de estudio

Esta investigación se realizó en el Caserío Villa Hermosa, Distrito de Imaza – Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas. Por esta localidad recorre el Oleoducto Norperuano, que traslada petróleo crudo desde el oriente peruano Iquitos hasta el terminal de las zonas costeras de Bayóvar en la ciudad de Piura, Perú. La zona de estudio se encuentra ubicado en el margen izquierdo de la quebrada denominada Inayo (Figura 1), afluente que le da cauce al río Chiriaco. Geográficamente se localiza en la zona 17 M, entre las coordenadas UTM 798597 Este, y 9426431 Norte, en el lugar de estudio hay vida para bosque muy húmedo Pre montano Tropical. El clima se identifica por presentar una temperatura media anual de 24.9 °C, y precipitaciones promedio de 2 690.9 mm/año. Además, el paisaje presenta una forma geológica de montañas predominantes (altas) calcáreas mesozoicas con colinas con más 1 000 m de altura, relieves de laderas reservadamente desniveladas y prolongadas con cumbres algo moderadas y caprichosas (Gobierno Regional Amazonas & Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, 2010).

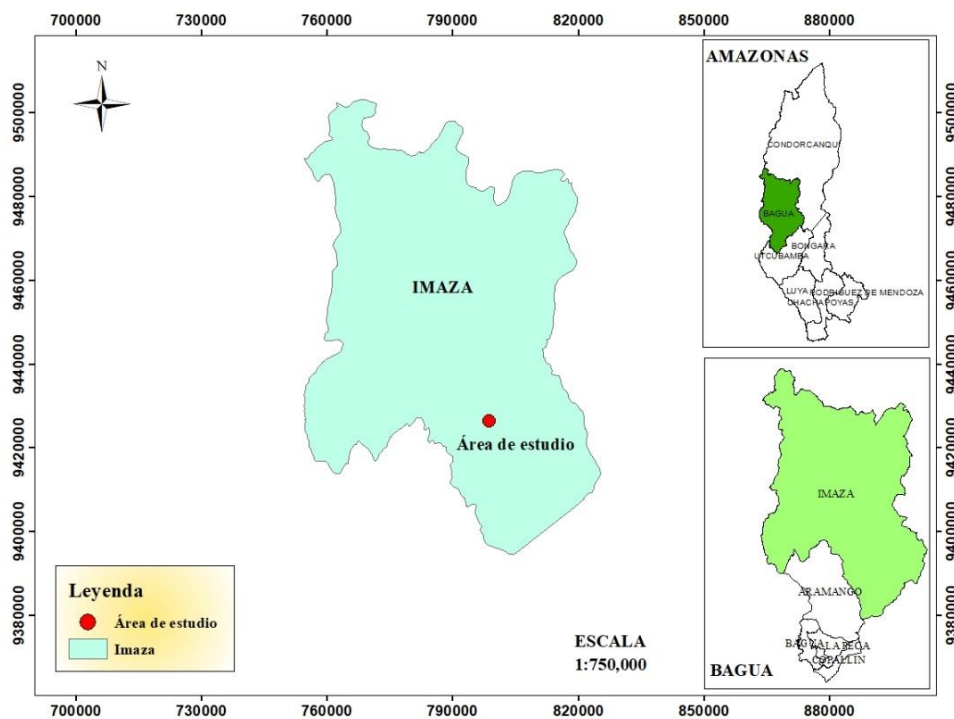


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

En el año 2016 específicamente el 25 de enero, en el tramo II - Km 440+781 del Oleoducto Norperuano (lugar de investigación), ocurrió una rotura del tubo de 36" de diámetro, que transportaba el petróleo, produciendo una fuga. Éste se dispersó, transitó e impregnó en el suelo, en la vegetación y cultivos existentes en la zona (cacao, plátanos, y vegetación). Este derrame también afectó áreas cercanas como el cauce y las franjas laterales de la quebrada La Villa (Para fines de esta investigación se le denominará La Villa), quebrada Inayo y el río Chiriaco (OEFA, 2016b). La zona afectada por el derramamiento de petróleo crudo (suelo, vegetación y agua superficial) fueron limpiadas y remediadas por Petroperú desde que aconteció el acontecimiento ambiental (OEFA, 2016c).

2.2. Metodología

La caracterización de un suelo contaminado consiste en determinar los parámetros de concentración de HTP en el suelo, la profundidad hasta la que se encuentra el contaminante, la extensión superficial que abarca la afectación, entre otros parámetros como pH (potencial de Hidrógeno), textura, conductividad eléctrica y metales pesados. No obstante, es crucial el diseño de muestreo, el procedimiento para tomar las muestras y la calidad de los resultados, este último es garantizado por el laboratorio donde se realizan los análisis (Santos, 2007).

El muestreo se realizó en el sitio afectado por el derrame de petróleo el año 2016, utilizando como herramienta de perforación una pala recta. Fue posible tomar muestras a diferentes profundidades y con ello realizar una aproximación del volumen del suelo afectado.

2.2.1. Delimitación del área de estudio

Para realizar el diseño de muestreo, primero se delimitó el área afectada, con base a una inspección visual. También, se analizó información secundaria (registros, tesis, planos, imágenes). La ubicación de los puntos de muestreo y la determinación de la profundidad de las muestras se hizo considerando los siguientes aspectos:

- a. Objetivos del trabajo de investigación
- b. Cuando se trata de contaminación en los suelos y principalmente ocasionados por hidrocarburos, solo se considera las concentraciones de HTP y COV además si la meta es estudiar solo el área contaminada (Figura 2) (Iturbe, 1998).



Figura 2. Vista panorámica del área en estudio

2.2.2. Muestreo

Para poder cumplir con las indicaciones del acápite anterior, se realizó un muestreo para muestras superficiales (HTP) y un muestreo para muestras a profundidad (COV). La razón de utilizar estas dos técnicas de muestreo fue porque el recojo de muestras superficiales no es recomendable para la determinación de sustancias o compuestos orgánicos volátiles (COV) (MINAM, 2014). Las muestras fueron tomadas de cinco sitios o sectores afectados: Sector 1 (Figura 3), Sector 2 (Figura 4), Sector 3 - Sector 4 (Figura 5) y Sector 5 (Figura 6).

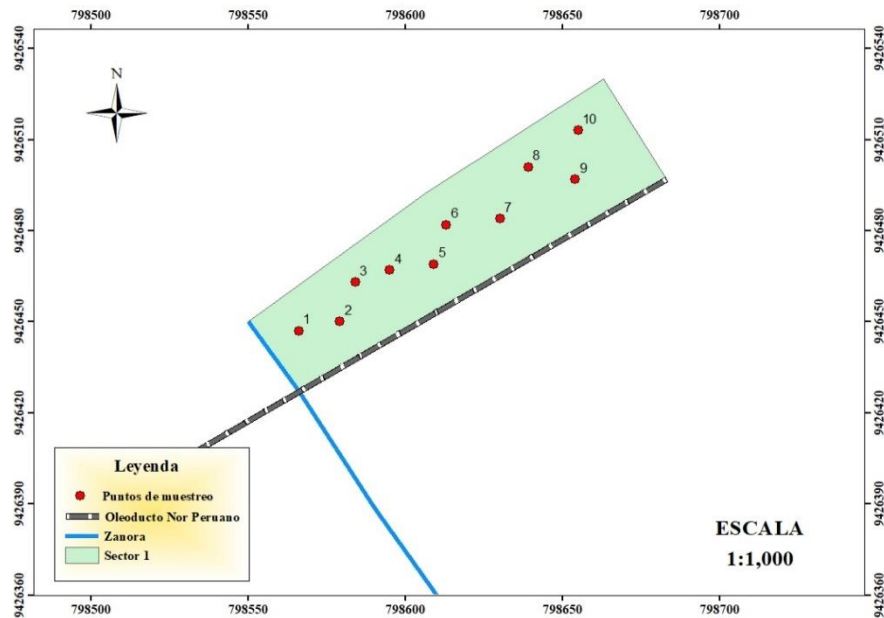


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo-sector 1.

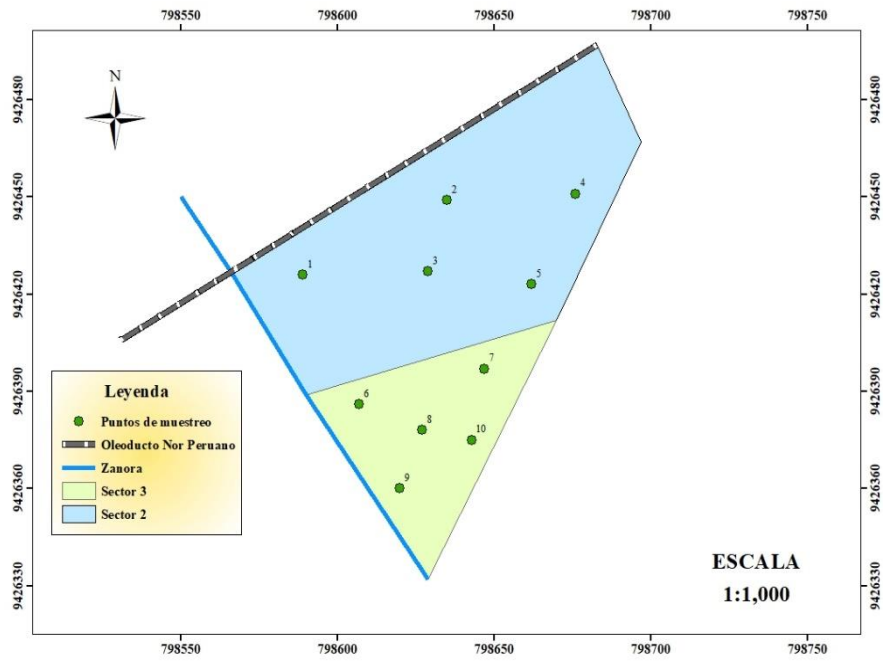


Figura 4. Ubicación de los puntos de muestreo de los sectores 2 y 3

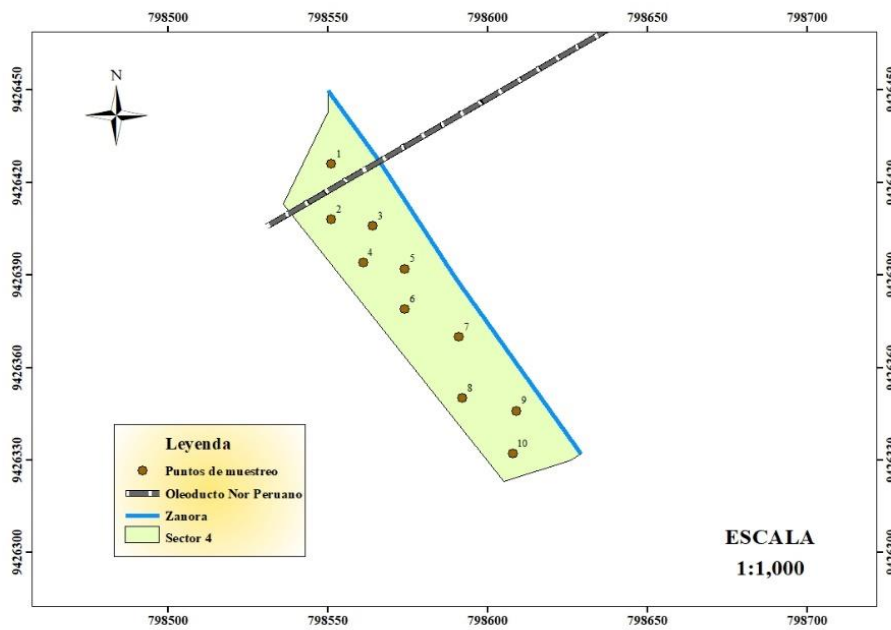


Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo del sector 4

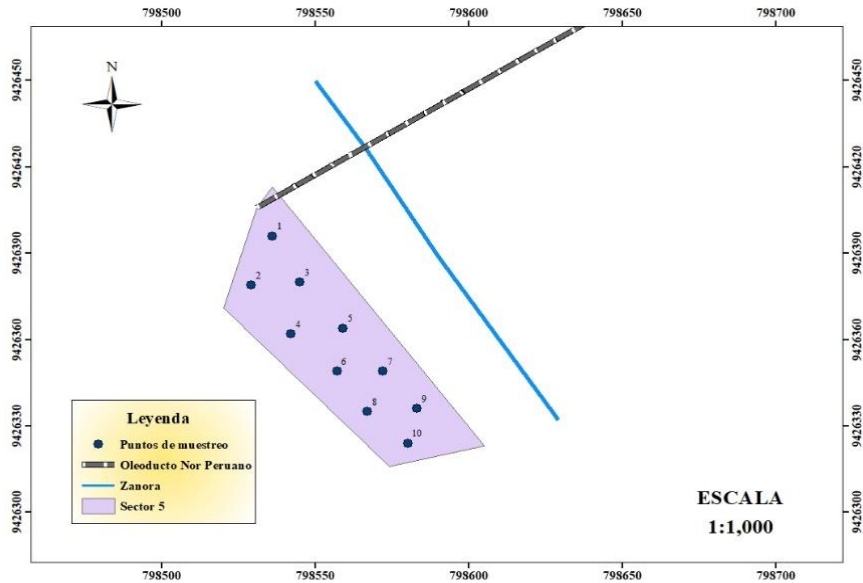


Figura 6. Ubicación de los puntos de muestreo del sector 5

a. Toma de muestras superficiales

Las muestras superficiales se toman hasta una profundidad de aproximadamente un metro, y en este tipo de muestras está permitido y recomendable tomar muestras combinadas. La toma de muestras superficiales no se utiliza para evaluar restos de COV. Para la toma de estas muestras se tuvo en cuenta el grosor de las capas con relación al uso del suelo (MINAM, 2014). La profundidad empleada se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Profundidad de muestreo según el tipo de uso del suelo

Usos del suelo	Profundidad del muestreo (capas)
Suelo agrícola	00 - 30 cm
	30 - 60 cm

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente - MINAM, 2014

a.1. Número mínimo de puntos de muestreo

Para determinar el número mínimo de puntos de muestras (compuestas) se tomó en cuenta el área de estudio (2.14 hectáreas). Sin embargo, como el objetivo de la investigación fue detectar la presencia de contaminantes en el suelo a través de muestras particulares, con la finalidad de establecer e indicar si el suelo sobrepasa o no los Estándares de Calidad Ambiental de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 011-2017-MINAM, se realizó un muestreo de identificación donde la representación mínimo de puntos de muestreo se determinó según el área de estudio, así como lo establece la guía para el muestreo de suelos del MINAM (2014). El número de sub-muestras tomadas fueron 40, diez (10) sub-muestras individuales fueron unidas en una (1) muestra compuesta, llegando a tener cuatro (4) muestras compuestas de HTP, considerando que dos sectores fueron unidos para la toma de muestras (sector 2 y sector 3). La capa de suelo agrícola analizada fue 0 – 30 cm (Figura 7). Es importante resaltar que nuestro número de sub-muestra en total fueron superiores al número total de puntos de muestreos establecidos por la guía para el muestreo de suelos del MINAM (2014).



Figura 7. Calicata para la toma de muestra superficial

b. Toma de muestras en profundidad

Para la obtención de muestras en profundidad de los Compuestos Orgánicos Volátiles, se tuvo en cuenta las razones propuestos por el MINAM (2014), que consiste en los siguientes pasos:

- (1) A partir de 1 m de profundidad es aplicable para COV.
- (2) Las muestras de suelo contaminado siempre serán simples, se colecta en un solo punto de muestreo.
- (3) Evitar el uso de recipientes para la muestra, que ocasionan la pérdida de hidrocarburos volátiles.
- (4) Se realizará la toma de una muestra particular de una parte no contaminada del área de estudio, como referencia de área no afectada y para comparar con el área contaminada.

Las muestras de suelos colectadas para el análisis de sustancias o Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), fueron 5 muestras simples, colectadas en un solo punto de muestreo, es decir una sola muestra.

b.1. Número mínimo de puntos de muestreo

Los puntos mínimos de muestreo se determinaron en función a la superficie que mayormente fue afectado por el derrame de hidrocarburos, se tomó en cuenta lo indica la guía para el muestreo de suelos del MINAM (2014). El área de estudio abarca el número total de los puntos de muestreo, tanto superficial (área de toma de muestras compuestas) como de profundidad. Se hizo la colecta de muestras simples (5 muestras) de acuerdo a los esfuerzos del área.

2.2.3. Evaluación de las características físicas y químicas del suelo afectado

Esta investigación, se analizaron también las características del suelo, se realizo previamente a los análisis de los hidrocarburos, determinando con ello sus características fisicoquímicas, con la finalidad de conocer las características del suelo que permitieran realizar una aproximación de la viabilidad del proceso de atenuación natural y definir algunas características de los suelos afectados.

2.2.4. Criterios de evaluación de suelo afectado por hidrocarburos

Se tomaron como referencia los Estándares de Calidad Ambiental de hidrocarburos para suelo de uso agrícola (MINAM, 2017), y se consideró aplicable el valor señalado para fracción ligera de hidrocarburo – F1 (moléculas entre 6 y 10 átomos de carbono). No se definieron niveles de contaminación en los suelos, debido a la concentración de hidrocarburos encontrados. En el proyecto se contemplaba este criterio para poder establecer prioridades en la remediación de los sitios.

2.2.5. Estimación del volumen de suelo afectado por hidrocarburos

Con base en los resultados obtenidos del muestreo y en las observaciones realizadas en el área, se delimitaron las áreas afectadas por los hidrocarburos. Posteriormente se realizó una estimación del volumen de suelo afectado.

Para el cálculo de este volumen, en principio se establecieron los límites de la afectación en cada sitio con base en las concentraciones de Hidrocarburos Totales del Petróleo. Esto se realizó a las dos profundidades de muestreo, tanto para muestras superficiales (0 – 30 cm) como para muestras en profundidad (1.00 – 1.50 m). Seguidamente se ponderó un espesor con base a la profundidad a la que se tomaron las muestras. Como parte de esta investigación, se estimó el volumen de suelo afectado por el derrame de petróleo, estimando comparativamente HTP y COV. Finalmente, el volumen se obtuvo multiplicando la superficie de afectación por el espesor asignado.

$$V = S \times E$$

V: Volumen de suelo contaminado (m³)

S: Superficie de afectación (m²)

E: Espesor asignado (m)

III. RESULTADOS

3.1. Concentración de hidrocarburos en el suelo

3.1.1. Concentraciones de Hidrocarburos Totales de Petróleo - HTP en el suelo

Las concentraciones de HTP en los cuatro sectores muestreados, es menor a 1.79 mg/kg debido a que es el límite de cuantificación del método empleado (EPA 8015 C, Rev. 3) encontrándose por debajo de 200 mg/kg que refiere de los Estandares de Calidad Ambiental de Suelos agrícolas (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de Hidrocarburo Totales de Petróleo - HTP (mg/kg) en los puntos de muestreo

Sector/Código muestra	Profundidad metros	Concentración de HTP mg/kg	ECA – de suelos agrícolas mg/kg
Sector 1/ A1	0.30	<1.79	200
Sector 2/ A2	0.30	<1.79	200
Sector 3/ A3	0.30	<1.79	200
Sector 4/ A4	0.30	<1.79	200

3.1.2. Concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV en el suelo

Las concentraciones de tricloroetileno y tetracloroetileno obtenidas del muestreo a profundidad expresan niveles mínimos de detección del método (LMD) EPA Method 8260 C, Rev. 3 (Tabla 4).

Tabla 4. Concentración de Compuestos Orgánicos Volátiles - COV (mg/kg) en los puntos de muestreo

Sector / Código muestra	Profundidad Metros	Concentración de COV mg/kg	
		Tricloroetileno	Tetracloroetileno
Sector 1/ B1	1.50	< 0.005	< 0.01
Sector 2/ B2	1.50	< 0.005	< 0.01
Sector 3/ B3	1.50	< 0.005	< 0.01
Sector 4/ B4	1.50	< 0.005	< 0.01
Sector 5/ B5	1.50	< 0.005	< 0.01

3.2. Volumen de suelo afectado por hidrocarburos

A través de una simulación debido a que no se encontró restos de contaminante, se obtuvo un volumen de suelo afectado, para HTP 6 420 m³ y para COV de 32 100 m³ (Tabla 5).

Tabla 5. Volumen de suelo afectado por hidrocarburos

Compuesto	Profundidad de la muestra (cm)	Espesor considerado (m)	Superficie en plano (m ²)	Volumen estimado de suelo (m ³)
HTP	0-30	0.30	21 400	6 420
COV	0-150	1.50	21 400	32 100

Fuente: elaboración propia.

3.3. Características físicas y químicas del suelo de los sitios estudiados

Después del análisis de laboratorio se consiguieron los valores que se revelan en la Tabla 6 para pH y conductividad eléctrica del suelo en estudio.

Tabla 6. Valores de pH y Conductividad eléctrica del suelo en estudio

Análisis de caracterización	Sector/ Código de muestra				
	Sector 1/ M1	Sector 2/ M2	Sector 3/ M3	Sector 4/ M4	Sector 5/ M5
pH	4.05	3.98	4.37	4.38	4.2
C.E.	0.09	0.23	0.46	0.03	0.08

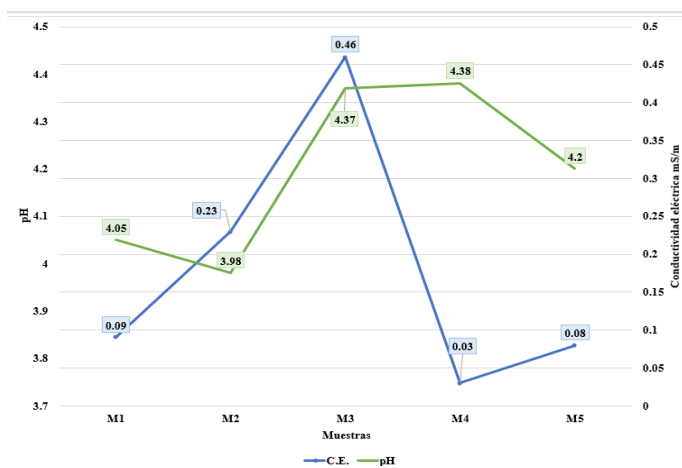


Figura 8. Gráfico de líneas de los valores de pH y conductividad eléctrica del suelo en estudio

Entre las características texturales, las muestras presentan una mayor proporción de arenas y arcillas que de limo Tabla 7.

Tabla 7. Características texturales del suelo en estudio

Análisis de caracterización	Sector/ Código de muestra				
	Sector 1/ M1	Sector 2/ M2	Sector 3/ M3	Sector 4/ M4	Sector 5/ M5
Arena (%)	54	58	52	48	46
Limo (%)	24	10	10	14	10
Arcilla (%)	22	32	38	38	44
Clase textural*	Fr.Ar.A.	Fr.Ar.A.	Ar.A.	Ar.A.	Ar.A.

Fr. Ar. A. = Franco arcillo arenoso
 Ar. A. = Arcillo arenoso

Las características texturales de los suelos afectados en la progresiva km 440 + 785 del Oleoducto Nor Peruano se representa en la Figura 8, según el porcentaje de característica textural de cada muestra (M1, M2, M3, M4 y M5).

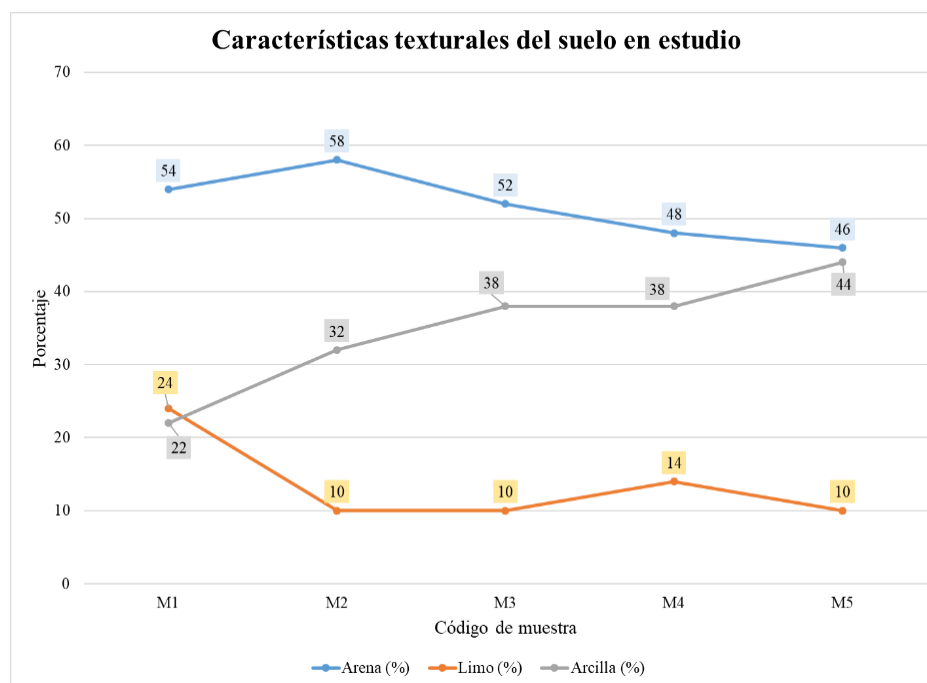


Figura 9. Gráfico de líneas de las características texturales del suelo en estudio

IV. DISCUSIÓN

4.1. Concentración de hidrocarburos en el suelo

Los resultados obtenidos en laboratorio fueron contrastados con los indicadores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, según los usos del suelo allí mencionados (MINAM, 2017): Teniendo en cuenta los 3 tipos de suelos existentes (suelo agrícola, suelo residencial y suelo comercial); considerando para su comparación “suelo agrícola” porque en el área estudiada se cultiva productos como el cacao, pastos y forrajes. A diferencia de los otros dos usos, que son suelos ocupados por poblaciones (suelo residencial) u ocupados por operaciones comerciales y de servicios (suelo comercial). La normativa nos menciona que el valor límite de hidrocarburos de petróleo de Fracción F1 o fracción ligera es 200 mg/kg.; 1200 mg/kg., para Hidrocarburos de petróleo F2 o de Fracción Media y 3000 mg/kg., para Hidrocarburos de petróleo F3 o de Fracción Pesada. Resultados muestran concentraciones de hidrocarburos de petróleo inferiores al valor límite mínimo para fracción ligera (MINAM, 2017).

Estos valores encontrados pueden deberse a que topográficamente la zona de estudio presenta desniveles, los escurrimientos del agua pluvial junto con los contaminantes pudieron haberse desplazado hacia los puntos más bajos.

Diferentes autores reportan en sus investigaciones valores de hidrocarburos de petróleo por encima de los establecidos en los ECA para suelo, entre ellos Santos (2007) en su tesis de maestría (México) y en la OEFA (2016) en su informe N° 287-2016-OEFA/DE-SDCA (Perú). Los valores preliminares de hidrocarburos de petróleo en las muestras de suelos reportaron valores <1.79 indicando que el área de estudio no representa un riesgo a la salud humana (contacto directo) o para la fauna y flora (MINAM, 2014).

Por tanto, podemos indicar, que no existe nivel de afectación del área, y afirmar que el sitio afectado ha tenido cierto grado de rehabilitación y esto pudo deberse a la remediación natural que siempre está presente en la naturaleza.

Así mismo es importante indicar que las concentraciones hidrocarburos de petróleo encontradas <1.79 no se encuentran en el intervalo de la literatura recomendada para la aplicación de una técnica de remediación de suelos (EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007).

Los resultados de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) para las cinco muestras analizadas (Tabla 5) También se concurrió a cotejar con los valores establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos (MINAM, 2017). Analizando los resultados conseguidos y comparando con los niveles de referencia del Perú se puede apreciar que ambos parámetros analizados se encuentran por debajo de los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental.

Dado que, en un principio, el sitio reflejaba un área potencialmente contaminada, y para eliminar la certeza de la existencia de una distribución espacial en profundidad de los HTP, se realizó un muestreo avanzando en profundidad, de otra forma no se podría documentar y aclarar que el área de estudio no significa un peligro a la salud humana (contacto directo) o para flora o fauna. Los resultados encontrados probablemente se deban al grado de atenuación natural que siempre está presente en la naturaleza (suelo, aire, agua, plantas) (Corona, 2004).

4.2. Volumen de suelo afectado por hidrocarburos

Mediante la determinación del contenido de hidrocarburos y análisis de los valores encontrados, no existe contaminación en el km 440 + 781 del tramo II del oleoducto Norperuano, lugar donde aconteció la abertura de la tubería, el 25 de enero del año 2016. En ese contexto no se estimó el volumen de suelo afectado.

4.3. Características físicas y químicas de los suelos estudiados

El suelo presenta un pH fuertemente ácido (3.98 – 4.38) esto indica un parámetro desfavorable en los procesos de degradación, en el caso se hubiera encontrado concentraciones por encima de los niveles de referencias. Los valores de conductividad

eléctrica (CE) se encuentran entre 0.03-0.46 dS/m, indicando suelos NO SALINOS 0-2 (dS/m) (Flores, 1991); interpretándose como suelos, cuya presencia de sales no es dañino para el suelo y cultivos (Badia, 1992), por lo cual estos valores no son un limitante para el buen funcionamiento de los microorganismos (Santos, 2007).

Los valores de Carbono Orgánico en un suelo indican el alto o bajo porcentaje de materia orgánica que tiene el suelo, los valores se encuentran entre 0.8 – 1.6 % indicando BAJO contenido de Carbono (1.2-2.9 %) (Fassbender y Bornemisza, 1987), por ende BAJO porcentaje de materia orgánica. De acuerdo a la concentración de nutrientes, Fosforo (P), Potasio (K), Nitrógeno (N), Materia Orgánica (M.O.) es un suelo con concentración bajo en fosforo y pobre en nitrógeno total. El análisis mecánico realizado a las muestras de suelo para determinar la cantidad de las partículas presentes (arcillas, limos y arenas) se aprecia presencia de suelos Franco arcillosos arenosos y suelos Arcillosos arenosos, que nos indican suelos con moderada permeabilidad, teniendo cierta desventaja para el paso del agua, oxígeno y nutrimentos necesarios en el suelo (Narro, 1994). Además, nos indican suelos donde predomina arcilla y arena. No obstante, estos valores de arcilla y arena indican mayor capacidad de intercambio de cationes (Aguilera, 1989; Bolt y Bruggenwert, 1976).

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) permite conocer la cantidad de cargas negativas que se encuentran presente en las superficies de los minerales y elementos orgánicos del suelo (arcilla o materia orgánica) y simboliza cantidades de cationes que estas superficies pueden inmovilizar. En este estudio los valores de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) conseguidos se encuentran entre 9.6 – 14.4; valores que según Intagri (2015) están entre 5-15 (valores medios) interpretándose como mediana habilidad del suelo para retener nutrientes. El porcentaje (%) de Materia Orgánica (M.O) se encuentra entre los valores de 1.3-2.8 %, estos valores según Fassbender y Bornemisza (1987) son interpretados como BAJO en materia orgánica. Según Porta *et al.*, (1994) los primordiales cationes intercambiables en suelos agrícolas son Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} . En esta investigación los cationes intercambiables antes mencionados fueron analizados, encontrándose un porcentaje de saturación de bases de 22 %, indicando este valor, un suelo infértil (dístrico) (Perez, 2006)

Aproximadamente el 50% del volumen del suelo en estudio es de espacio poroso. La dimensión, número, forma, continuidad y distribución de los poros determinan en gran medida la suspensión y movimiento del aire y agua en el suelo (Hodson, 1987). En este estudio se encuentra suelos con porcentaje alto de arena, en el rango de 46-58 %, teniendo una permeabilidad muy buena, por lo cual se puede concluir que los contaminantes fueron erosionados a las partes de menor pendiente, considerando el desnivel de la zona de estudio.

V. CONCLUSIONES

A partir de la caracterización del sitio de estudio y análisis de las características analizadas, se tienen las siguientes conclusiones:

1. Las concentraciones de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) encontradas (<1.79 mg/kg), fueron inferiores a los ECA para suelos establecidos en el D.S. N° 011-2017 MINAM.
2. Las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) encontrados (tricloroetileno: <0,005 y tetracloroetileno: <0,001), fueron inferiores a los ECA para suelo establecidos en el D.S. N° 011-2017 MINAM (0.1 mg/kg tetracloroetileno y 0.01 mg/kg tricloroetileno).
3. Los resultados documentados no dan lugar a un muestreo más avanzado, porque el muestreo realizado para la caracterización fue de carácter “Muestreo de detalle” (MINAM, 2014) y como consecuencia de la información generada se establece no continuar con los procesos de gestión del suelo afectado (Estimación de riesgos a la salud y al medio ambiente) o propuesta de remediación.
4. La caracterización física y química es fundamental para conocer la viabilidad de un proceso de remediación; los análisis indican suelos ácidos y normales en salinidad, moderada permeabilidad y alto porcentaje de materia orgánica., suelos bajos en nutrientes.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es importante realizar la caracterización de los seis sitios donde sucedieron los derrames de petróleo en la región, con el propósito de ampliar conocimiento de suelos contaminados en el Perú.
2. Es preciso realizar un estudio sobre la situación de los suelos con respecto al contenido de metales, puesto que el incluido en este trabajo es basado solamente en Hidrocarburos.
3. Es necesario que la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza específicamente en la Facultad de ingeniería civil y ambiental, implemente laboratorios para analizar muestras de suelos afectados por hidrocarburos.
4. Es recomendable que nuestra alma mater tenga convenios con instituciones públicas o privadas para conseguir financiamiento por motivo que este tipo de análisis son muy costosos.
5. Es importante que la escuela de post grado de la Universidad implemente una especialización con respecto a hidrocarburos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Regional Ambiental – ARA. 2016. *Informe N° -2016-GR Amazonas/ARA-AMAZONAS/DEGA-MJRR*.
- Bocanegra, J; Cadavid, S; Cifuentes, C; Giraldo, J y Varón, J. 2013. *Plan prospectivo para minimizar el impacto ambiental que producen los hidrocarburos (petróleo) en Colombia al año 2016. (Para optar al título de Administradores de Empresas)*. Colombia: UNAD.
- Ego Aguirre, M. M. y Orihuela, C.E. (2014). *Situación de la industria del petróleo en el Perú, periodo 1996-2010*. Natura@economía. Vol. 2, N° 1, 40 p.
- EPA 510-B-94-003 and EPA 510-B-95-007. *How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites: A guide for corrective action plan reviewers*. Chapter V. EPA-OUST underground storage tanks. (<http://www.epa.gov/swerust1/pubs/tums.html>).
- Gobierno Regional Amazonas & Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (2010). *Zonificación Ecológica y Económica de Amazonas*. Chachapoyas.
- Hodson, J. M. (1987) *Muestreo y descripción de suelos*, editorial Reverté, S.A. pp. 108- 114. México.
- Iturbe, A.R, Castro, R.A. & Madrigal, M. I. (1998). *Técnicas de rehabilitación de suelos y acuíferos*. Series del Instituto de Ingeniería 612. ISSN 0185-2345.
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo*. D.S. N° 011-2017-MINAM. Lima.
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2014). *Guía para Muestreo de Suelos - D.S. N° 002-2013-MINAM, ECA para Suelo*. Lima.
- Narro, E, 1994. *Física de suelos con enfoque agrícola*. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2016). *R.D. N° 012-2016-OEFA/DS*. Lima: Dirección de Supervisión OEFA.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2016). Informe del monitoreo ambiental con participación ciudadana de calidad de agua, sedimento, suelo e hidrobiología, realizado del 23 al 31 de octubre de 2016, en las zonas y cuerpos de agua afectados por el derrame de petróleo ocurrido a la altura del kilómetro 206+31 del Oleoducto Norperuano, ubicado en el distrito de Morona, provincia de Datem del Marañón, departamento de Loreto. Informe N° 287-2016-OEFA/DE-SDCA

OSINERGMIN, 2005, *La Organización Económica de la Industria de Hidrocarburos en el Perú: el Segmento Upstream del Sector Petrolero*, Oficina de Estudios Económicos, Documento de Trabajo 8, enero 2005, 188p.

Ponce, D. S. 2014. *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos*. Concepción - Chile.

Profepa, 1999. *Manual Técnico para la Atención de Emergencias Ambientales*. Dirección General de Emergencias Ambientales, Subprocuraduría de Auditoría Ambiental, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México.

Profepa, 2000. *Disposiciones y Procedimientos para la caracterización y restauración de suelos contaminados*. Versión electrónica en Disco Compacto. Dirección General de Emergencias Ambientales, Subprocuraduría de Auditoría Ambiental. Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente.

Santos J, JE. (2007). *Caracterización de suelos contaminados con hidrocarburos en una empresa minera y desarrollo de un método biológico para su remediación* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México, ciudad de México.

Salazar, J. (2016). *Sociedad Peruana De Derecho Ambiental - Spda: Actualidad Ambiental*.

The International Tanker Owners Pollution Federation Limited, (1997). *Oil Spills From Tankers*. Data Base. Internet home page://www.cutter.com/osir/biglist.htm

ANEXOS

Anexo 1: Principales derrames accidentales (de al menos 10 millones de galones) de hidrocarburos a nivel Internacional.

N°	Ubicación	Volumen derramado	Fecha
1.	Terminales, buques petroleros, 8 fuentes totales; Instalaciones fuera de las costas del Golfo Pérsico en Kuwait y en Arabia Saudita.	240.0	Enero 26, 1991
2.	Pozo Ixtoc I. Golfo de México, Ciudad del Carmen. Campeche, México.	140.0	Junio 03, 1979
3.	Plataforma N° 3 en las costas del Golfo Pérsico en Irán.	80.0	Febrero 04, 1983
4.	Pozo Petrolero en Fergana Valley, Uzbekistan a 500 km de Namangan.	80.0	Marzo 02, 1992
5.	Buque petrolero Castillo de Bellver en Costas del Océano Atlántico en Sudáfrica a 110 km al noroeste de Ciudad del Cabo.	78.5	Agosto 06, 1983
6.	Buque petrolero Amoco Cádiz, costas del Atlántico en Porsall, Britania. Francia.	68.7	Marzo 16, 1978
7.	Buque petrolero Odyssey, costas del Atlántico Norte en Canadá a 1175 km al noreste de St. Johns, Newfoundland.	43.1	Noviembre 10, 1988
8.	Buque petrolero Antamic Empress, Mar Caribe a 32 km al noreste de Trinidad y Tobago.	42.7	Julio 19, 1979
9.	Pozo de producción D-103, a 8'' km al sudeste de Trípoli. Libia.	42.0	Agosto 01, 1980
10.	Buque petrolero Antamic Empress, a 450 km al este de Barbados.	41.5	Agosto 02, 1979
11.	Buque petrolero Torrey Canyon, Escocia, Reino Unido.	38.2	Marzo 18, 1967
12.	Buque petrolero Sea Star, Omán, Golfo de Omán.	37.9	Diciembre 19, 1972
13.	Buque petrolero Irenes Serenade, Mar Mediterráneo en Grecia.	36.6	Febrero 23, 1980
14.	Buque petrolero Texaco Denmark, Mar del Norte en Bélgica.	31.5	Diciembre 07, 1971
15.	Buque petrolero Hawaiian Patriot, Océano Pacífico en E.U. a 593 km al oeste de las Islas de Kanai, Hawai.	31.2	Febrero 23, 1977

16.	Tanques de almacenamiento en Shauaybah, Kuwait.	31.2	Agosto 20, 1981
17.	Líneas de conducción, en Usinsk, Rusia.	30.7	Octubre 25, 1994
18.	Buque petrolero Independentza, Estrecho de Bosporus, Turkia, cerca de Estambul a 0.8 km del puerto de Hydarpassa.	28.9	Noviembre 15, 1979
19.	Buque petrolero Julius Schindler, Islas de Azores en Ponta Delgada, Portugal.	28.4	Febrero 11, 1969
20.	Buque petrolero Urquiola, puerto de la Coruña, España.	28.1	Mayo 12, 1976
21.	Pozo y línea de conducción N° 126, Ahvazin, Irán.	28.0	Mayo 25, 1978
22.	Buque petrolero Braer, Islas Shetland, Garth Ness, Reino Unido.	25.0	Enero 05, 1993
23.	Buque petrolero Jakob Maersk, Porto de Leisoos, Oporto, Portugal.	24.3	Enero 29, 1975
24.	Tanque de almacenamiento N° 6, Forcados, Nigeria.	23.9	Julio 06, 1979
25.	Buque petrolero de doble cubierta Aegean Sea, Puerto de la Coruña, España.	21.9	Diciembre 03, 1992
26.	Buque petrolero Nova, Golfo Pérsico en Irán a 140 km al sur de la Isla de Kharg.	21.4	Diciembre 06, 1985
27.	Buque petrolero Sea Empress, Bahía Mill cerca de la entrada al puerto de Milford Haven, Reino Unido.	21.3	Febrero 15, 1996
28.	Buque petrolero Wafra, Océano Atlántico en Sudáfrica.	20.2	Febrero 27, 1971
29.	Tanque de almacenamiento, Salisbury, Zimbague.	20.0	Diciembre 11, 1978
30.	Buque petrolero Khark 5, Océano Atlántico a 185 km de las costas de Marruecos.	20.0	Diciembre 19, 1989
31.	Buque de carga Otello, Bahía Tralhavest al este de Vaxholm, Suecia.	18.0	Marzo 20, 1970
32.	Buque petrolero Epic Colotronis, Mar Caribe a 111 km al noroeste de Puerto Rico.	18.0	Mayo 13, 1975
33.	Buque petrolero Sinclair Petrolore, Brasil.	17.6	Diciembre 06, 1960
34.	Buque petrolero Katina P., Bahía de Maputo, Mozambique.	16.0	Abril 17, 1992
35.	Buque petrolero Assimi, Ras al Hadd, Golfo de Omán, Omán, a 93 km de Muscat.	15.8	Enero 07, 1978

36.	Buque petrolero Yuyo Maru N° 10, Isla Honshu en la Bahía de Tokio, Japón.	15.8	Noviembre 09, 1974
37.	Tanques de almacenamiento, Sendai, Japón.	15.0	Junio 12, 1978
38.	Buque petrolero ABT Summer, Océano Atlántico, mar abierto a 1287 km de las costas de Angola.	15.0	Mayo 28, 1991
39.	Buque petrolero Heimvard, Isla Hokkaido, Océano Pacífico, Japón.	14.7	Mayo 22, 1965
40.	Buque petrolero Andros Patria, Bahía de Biscay fuera de Cabo Villano, España.	14.6	Diciembre 31, 1978
41.	Buque petrolero World Glory, Océano Indico, Sudáfrica, a 105 km al este de Durban.	14.2	Junio 13, 1968
42.	Buque petrolero British Ambassador, Océano Pacífico, Japón a 33 km de la Isla Iwo Jima.	14.2	Enero 13 de 1975
43.	Buque petrolero Pericles GC, Golfo Pérsico, a 30 km al noreste de Doha, Qatar.	14.0	Diciembre 09, 1983
44.	Buque petrolero Metula, Estrecho de Magallanes, Chile.	13.9	Agosto 09, 1974
45.	Buque petrolero Ennerdale, Seychelles, Océano Indico.	13.8	Junio 01, 1978
46.	Buque petrolero Tadotsu, Estrecho de Malaca, cerca de Dumai, Indonesia.	13.2	Diciembre 07, 1978
47.	Buque petrolero Mandoil. Océano Pacífico. Fuera del río Columbia y cerca de Warrenton, Oregon, E.U.	12.6	Febrero 29, 1968
48.	Tanque de almacenamiento, Refinería Mizushina, Kurashiki, prefectura de Okayama, Japón.	11.6	Diciembre 18, 1974
49.	Buque petrolero Napier, sudeste del Océano Pacífico al este de las costas de Chile.	11.3	Junio 10, 1973
50.	Buque petrolero Trader. Mar Mediterráneo, al este de las costas de Grecia.	11.0	Junio 11, 1972
51.	Buque petrolero Juan Antonio Lavalleja, puerto de Arzew, Algeria.	11.0	Diciembre 29, 1980
52.	Buque petrolero Thanassis A. en aguas internacionales al sur del Mar de China, a 700 km fuera de las costas de Hong Kong.	10.9	Octubre 21, 1989
53.	Buque petrolero Exxon Valdez, Prince William Sound, Valdez Alaska, E.U.	10.8	Marzo 24, 1989

54.	Líneas de conducción, Mardin, Turkia.	10.7	Octubre 19, 1978
55.	Buque petrolero Barmah Agate, Bahía Galveston, Texas, E.U.	10.7	Noviembre 01, 1979
56.	Buque petrolero Athenian Venture, Océano Atlántico, a 563 – 644 km al sudeste de Cabo Race, Newfoundland, Canadá.	10.6	Abril 22, 1988
57.	Buque petrolero <i>desconocido</i> , Planta termoelectrica Adolfo López Mateos Bahía de Campeche en el Golfo de México.	10.6	Marzo 07, 1996
58.	Tanque de almacenamiento, Benuelan, Puerto Rico.	10.5	Diciembre 14, 1978
59.	Buque petrolero Borag, Taiwan, Mar del este de China a 3 km al norte de Chilung.	10.4	Febrero 07, 1977
60.	Pozo de producción Abkatun 91, Bahía de Campeche, a 64 km al noroeste de Ciudad del Carmen. México.	10.4	Octubre 23, 1986
61.	Buque petrolero St. Peter, Océano Pacifico, a 56 km al oeste de Punta de Manglares, Colombia.	10.3	Febrero 06, 1976
62.	Tanque de almacenamiento, Bahía las Minas, Colón, Panamá.	10.1	Abril 27, 1986

Fuente: The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (1997)

Nota: El dato de volumen derramado se presenta en millones de galones.



SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

SAG

INFORME DE ENSAYO N° 12588-2018

RAZÓN SOCIAL : ELI PARIENTE MONDRAGÓN
DOMICILIO LEGAL : AV. PAKAMUROS NRO.1698 SEC. PUEBLO LIBRE (ESQUINA CHINCHAYSUYO 101 Y PAKAMUROS)
 CAJAMARCA- JAÉN
SOLICITADO POR : ELI PARIENTE MONDRAGÓN
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2018-02-12
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2018-02-12
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C ₆ -C ₁₂) ¹	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007	1.79	mg/kg
Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)	EPA Method 8260C, Rev 3. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS). 2006	---	mg/kg

L.C.: Límite de cuantificación.

II. RESULTADOS

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2018-02-08	2018-02-07	2018-02-07	2018-02-08
Hora de inicio de muestreo (h)	10:00	09:00	10:00	13:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	A 1	A 2	A 3	A 4
Código del Laboratorio	1802573	1802574	1802575	1802576
Ensayos	Unidades	Resultados		
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C ₆ -C ₁₂) ¹	mg/kg	<1.79	<1.79	<1.79
Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2018-02-08	2018-02-07	2018-02-07	2018-02-08
Hora de inicio de muestreo (h)	09:00	14:00	15:00	10:00
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	B 1	B 2	B 3	B 4
Código del Laboratorio	1802577	1802578	1802579	1802580
Ensayos	L.D.M.	Unidades	Resultados	
VOCs				
Tricloroetileno	0.005	mg/kg	<0.005	<0.005
Tetracloroetileno	0.01	mg/kg	<0.01	<0.01
Producto declarado	Suelo			
Matriz analizada	Suelo			
Fecha de muestreo	2018-02-08			
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00			
Condiciones de la muestra	Conservada			
Código del Cliente	B 5			
Código del Laboratorio	1802581			
Ensayos	L.D.M.	Unidades	Resultados	
VOCs				
Tricloroetileno	0.005	mg/kg	<0.005	
Tetracloroetileno	0.01	mg/kg	<0.01	

L.D.M.: límite de detección del método.

(1) Fracción de hidrocarburos F1 (C₆-C₁₂).

Lima, 22 de Febrero del 2018.


 Quim. Belbeth Y. Fajardo León
 C.Q.P. N° 648
 Asesor Técnico Químico

Página 1 de 1

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana
 OBSERVACIONES: Esta prestado la reproducción parcial o total del presente documento a fin de que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe. Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parametro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: F101
 Version: 08
 F.E: 08/2016

AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109*1133
 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitante : JOSE LUIS MEGO MELÉNDEZ

Departamento : AMAZONAS

Provincia : BAGUA

Distrito : IMAZA

Anexo : VILLA HERMOSA

Sector :

Fecha : 22/02/18

B.V. : 0001-0254072

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K %	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
181	M = C1	4.05	0.09	1.10	117.33	0.80	1.38	0.07	54.0	24.0	22.0	Fr.Ar.A.	9.60	1.06	0.33	0.22	0.10	3.53	5.25	1.71	18

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitante : JOSE LUIS MEGO MELÉNDEZ

Departamento : AMAZONAS

Provincia : BAGUA

Distrito : IMAZA

Anexo : VILLA HERMOSA

Sector :

Fecha : 22/02/18

B.V. : 0001-0254072

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K ppm	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺² meq/100g	Mg ⁺² meq/100g	K ⁺ meq/100g	Na ⁺ meq/100g	Al ⁺³ + H ⁺ meq/100g			
182	M = C2	3.98	0.23	1.87	119.08	1.33	2.30	0.11	58.0	10.0	32.0	Fr.Ar.A.	11.20	1.47	1.02	0.25	0.19	4.00	6.94	2.94	26

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitante : JOSE LUIS MEGO MELÉNDEZ

Departamento : AMAZONAS
Provincia : BAGUA
Distrito : IMAZA

Anexo : VILLA HERMOSA
Sector :
Fecha : 22/02/18
B.V. : 0001-0254072

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
183	M = C3	4.37	0.46	2.16	126.87	1.60	2.76	0.14	52.0	10.0	38.0	Ar.A.	12.00	1.92	1.30	0.25	0.17	2.36	5.99	3.63	30

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

UNIVERSIDAD NACIONAL
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN SUELOS Y AGUAS - LABISAG

 Ing. Elder Chichis Vela
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitante : JOSE LUIS MEGO MELÉNDEZ

Departamento : AMAZONAS
Provincia : BAGUA
Distrito : IMAZA

Anexo : VILLA HERMOSA
Sector :
Fecha : 22/02/18
B.V. : 0001-0254072

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Muestra								Arena Limo Arcilla					Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
									%	%	%										
184	M = C4	4.38	0.03	0.42	143.83	1.33	2.30	0.11	48.0	14.0	38.0	Ar.A.	10.40	0.96	0.20	0.24	0.05	4.49	5.95	1.46	14

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

UNIVERSIDAD NACIONAL
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y AGUAS - LABIRAG

 Tec. Elder Chiripe Vela
 RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS



"UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS"
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA"
LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

1. DATOS :

Solicitante : JOSE LUIS MEGO MELÉNDEZ

Departamento : AMAZONAS

Provincia : BAGUA

Distrito : IMAZA

Anexo : VILLA HERMOSA

Sector :

Fecha : 22/02/18

B.V. : 0001-0254070

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) mS/m	P ppm	K	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Muestra								Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
185	M = C5	4.20	0.08	1.10	274.36	1.60	2.76	0.14	46.0	10.0	44.0	Ar.A.	14.40	1.40	1.13	0.59	0.09	4.98	8.20	3.22	22

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

CLASES TEXTURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA
 LABORATORIO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y AGUAS - LABISRAO

 Eider Chichipe Vela
 RESPONSABLE DEL LAB. DE SUELOS