

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Contaminación del suelo con hidrocarburos de
petróleo en los centros de atención automotriz
del distrito de Huancavelica, Perú, 2021**

Liliana Vergara Salas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

CONTAMINACIÓN DEL SUELO CON HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN AUTOMOTRIZ DEL DISTRITO DE HUANCAMELICA, PERÚ, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	www.scribd.com Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.oefa.gob.pe Fuente de Internet	1 %
11	repositoriodemo.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
13	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
25	1library.co Fuente de Internet	<1 %
26	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
27	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
28	www.studocu.com Fuente de Internet	<1 %
29	visorsig.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.upeu.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %

32	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
33	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
34	aquadocs.org Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Sabanci Universitesi Trabajo del estudiante	<1 %
36	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
37	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
38	Calderon Vargas Blanca Estela. "Estudio de la susceptibilidad antimicrobiana que presentan bacterias de importancia clinica ante una serie de 4-r-fenilcarbamatos de metilo", TESIUNAM, 2002 Publicación	<1 %
39	SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC. "Plan de Cese Temporal de Actividades del Pozo Sheshea 1X en el Lote 126-IGA0000983", R.D. N° 143-2013-MEM/AAE, 2022 Publicación	<1 %
40	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

41

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

42

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

43

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDESS.A.C.. "DIA del Proyecto Planta de
Tratamiento y Relleno Sanitario Manual de la
Ciudad de Chuquibambilla, Provincia de Grau,
Región Apurímac-IGA0000659", R.D. N° 172-
2013/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

44

Acosta García Fanny. "Guía para la planeación
de proyectos de caracterización y de
remediación de suelos contaminados con
hidrocarburos", TESIUNAM, 2015

Publicación

<1 %

45

FERVANI INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE
S.A.C. FERVANI S.A.C.. "Plan de Adecuación
Ambiental para la Modificación de Ubicación
de la Planta de Inyección de Agua de
Producción en el Ex Lote VII-IGA0004736",
R.D. N° 213-2016-MEM/DGAAE, 2021

Publicación

<1 %

46

Armendáriz Arnez Cynthia. "Evaluación de
PM2.5, CO y PAHS como indicadores de
contaminación intramuros por combustión de

<1 %

leña : su relación con factores de exposición", TESIUNAM, 2010

Publicación

47

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC.
"Plan de Cese Temporal de la Plataforma
Mashira GX, Lote 57-IGA0002116", R.D. N°
034-2015-MEM/DGAAE, 2022

Publicación

<1 %

48

SGS DEL PERU S.A.C.. "Plan de Abandono del
Proyecto Central Térmica Buena Vista -
Casma-IGA0002631", R.D. N° 584-2017-
MEM/DGAAE, 2020

Publicación

<1 %

49

ejournal.undip.ac.id

Fuente de Internet

<1 %

50

portaluni.unach.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

uza.uz

Fuente de Internet

<1 %

53

www.inia.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

54

www.intechopen.com

Fuente de Internet

<1 %

55

"Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences", Springer Science and Business Media LLC, 2020

Publicación

<1 %

56

#N/A. "PAP de la Plataforma DOM-1 - Pozo Fortuna 1XD – ST3, en el Lote 116-IGA0000823", R.D. N° 388-2017-MEM/DGAAE, 2021

Publicación

<1 %

57

EVALUACION Y GESTION AMBIENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA EVAGAM S.A.C.. "DIA del Proyecto Instalación de Comercialización de Residuos Sólidos - Planta N° 2-IGA0001675", R.D. N° 1919-2017/DCEA/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

58

ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.. "EIA-SD para el Proyecto de Ampliación de Líneas en la Prospección Sísmica 2D en el Lote XIII-IGA0004302", R.D. N° 036-2017-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

<1 %

59

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

60

Submitted to Universidad Nacional de Huancavelica

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía Activo

ASESOR

Ing. Edwin Natividad Gabriel Campos

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por brindarme comprensión y su apoyo incondicional, visto que sin ellos no hubiese sido posible la ejecución de este tema de investigación.

A los profesionales y a todas aquellas personas que contribuyeron en la elaboración de distintas formas de cada fase de esta investigación para perfeccionar y enriquecer el contenido.

A mi asesor y jurados, quienes forman parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia, enseñanza y finalmente por su colaboración para concluir con este tema de investigación; como también a la Universidad Continental, por instruirnos para un futuro competitivo y formándonos para servir a la sociedad.

DEDICATORIA

A Dios; por concederme salud y sabiduría; a mis padres, Octavio Vergara y Vilma Salas, por depositar su confianza en mí, por su apoyo incondicional y por sus palabras de aliento que me brindan para superarme cada día.

A mis hermanos Erika y Ricardo, dado que son un ejemplo a seguir; a mis sobrinos Ashly y Vides por motivarme con sus palabras extraordinarias; gracias y por ellos seguiré cumpliendo mis metas.

ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.2.1. Problema general.....	3
1.1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	4
1.3.1. Justificación teórica	4
1.3.2. Justificación ambiental	4
1.3.3. Justificación metodológica	5
1.4. Hipótesis y descripción de variables	5
1.4.1. Hipótesis general.....	5
1.4.2. Hipótesis específicas.....	5
1.4.3. Descripción de variables	6

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	12
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. Contaminación del suelo.....	17
2.2.2. Tipos de contaminación de suelos.....	18
2.2.2.1. Contaminación puntual.....	18
2.2.2.2. Contaminación difusa.....	18
2.2.3. Contaminación de suelos por hidrocarburos.....	19
2.2.4. Derivados del hidrocarburo.....	20
2.2.5. Efectos de los hidrocarburos.....	22
2.2.6. Normativa Nacional Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo... 23	
2.2.7. Centro de atención automotriz.....	25
2.2.8. Guía para el muestreo de suelos.....	25
2.2.8.1. Tipo de muestreo.....	25
2.2.9. Técnica de muestreo.....	26
2.2.9.1. Para muestra en profundidad.....	26
2.2.10. Determinación de puntos de muestreo.....	27
2.2.10.1. Para el muestreo de identificación.....	27
2.3. Definición de términos básicos.....	28
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	30
3.1. Método y alcance de la investigación.....	30
3.1.1. Métodos de la investigación.....	30
3.1.1.1. Método general de la investigación.....	30
3.1.1.2. Método específico de la investigación.....	30
3.1.2. Tipo de la investigación.....	31
3.1.3. Nivel de la investigación.....	32

3.2.	Diseño de la investigación	32
3.3.	Población y muestra	32
3.3.1.	Población	33
3.3.2.	Muestra	33
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos	35
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	37
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	37
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		38
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	38
4.1.1.	Fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera del suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica	38
4.1.2.	Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media del suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica	39
4.1.3.	Fracción de hidrocarburos F3 o fracción alta del suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica	40
4.2.	Prueba de hipótesis	40
4.2.1.	Prueba de la primera hipótesis específica.....	41
4.2.2.	Prueba de la segunda hipótesis específica	43
4.2.3.	Prueba de la tercera hipótesis específica.....	44
4.3.	Discusión de resultados.....	46
CONCLUSIONES.....		51
RECOMENDACIONES		52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		53
ANEXOS.....		58
Anexo 1. Matriz de consistencia.....		60
Anexo 2. Muestreo del barrio de Santa Ana.		61
Anexo 3. Muestreo del barrio de Yananaco.....		63
Anexo 4. Ficha de las muestras de suelo de los barrios de Santa Ana y Yananaco.		65

Anexo 5. Resultados de los análisis de la muestra de suelo del barrio de Santa Ana.....	66
Anexo 6. Resultados del análisis de la muestra de suelo del barrio de Yananaco.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de los componentes del hidrocarburo de petróleo.	22
Figura 2. Ubicación del centro de atención automotriz de la Av. Los Incas (Barrio Santa Ana).	34
Figura 3. Ubicación del centro de atención automotriz de la Av. Andrés A. Cáceres (Barrio Yananaco).	35
Figura 4. Muestreo de distribución aleatorio.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.	6
Tabla 2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.....	23
Tabla 3. Parámetros de hidrocarburo de petróleo.	24
Tabla 4. Recomendaciones acerca de la aplicabilidad de los patrones de muestreo.	26
Tabla 5. Lista de sistemas para la toma de muestras sólidas.....	27
Tabla 6. Puntos de muestreo según el área de potencial interés.	27
Tabla 7. Métodos de análisis de suelos contaminado con hidrocarburo.	37
Tabla 8. Resultados para hidrocarburos de petróleo F1.	38
Tabla 9. Resultados para hidrocarburos de petróleo F2.	39
Tabla 10. Resultados para hidrocarburos de petróleo F3.	40
Tabla 11. Variación de los resultados para hidrocarburos de petróleo F1 respecto al ECA de suelo.	42

RESUMEN

Los derivados del petróleo son materiales altamente contaminantes, pues estos pueden perjudicar al ambiente cuando se derramen en el suelo, alterando su equilibrio, lo cual requiere una gestión responsable. Se evaluaron los parámetros de hidrocarburos de petróleo, en los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco en el distrito de Huancavelica. Se analizó una muestra de suelo de la capa de 0-30 cm de cada barrio y se determinaron las concentraciones de la fracción de hidrocarburos F1, la fracción de hidrocarburos F2 y la fracción de hidrocarburos F3. Para la recopilación de información, se empleó la guía para el muestreo de suelos para establecer los puntos de muestreo. También se utilizó la técnica de observación directa del laboratorio, tras el desarrollo de pruebas válidas para precisar las características de las concentraciones de hidrocarburo. Los resultados evidencian que para la fracción de hidrocarburo (F1), superó (ECA) de suelos para uso comercial, mientras que las fracciones (F2) y (F3) no superaron el ECA de suelos del Perú.

Palabras claves: contaminación del suelo, fracción de hidrocarburos de petróleo, centros automotrices.

ABSTRACT

Petroleum derivatives are highly polluting materials, they can cause damage to the environment when they are dumped on the ground, altering its balance, which requires responsible management. The parameters of petroleum hydrocarbons were evaluated in the automotive care centers of the neighborhood of Santa Ana and Yananaco in the district of Huancavelica. A soil sample from the 0-30 cm layer of each neighborhood was analyzed and the concentrations of the F1 hydrocarbon fraction, or light fraction, the F2 hydrocarbon fraction, or medium fraction, and the F3 hydrocarbon fraction, were determined. For data collection, the guide for soil sampling was used to determine the sampling points. The direct observation technique of the laboratory was also used, after the development of valid tests to specify the characteristics of hydrocarbon concentrations. The results show that for the light hydrocarbon fraction (F1), the ECA of soils for commercial use was exceeded, while the medium (F2) and heavy (F3) hydrocarbon fractions did not exceed the ECA of soils of Peru.

Keywords: soil contamination, fraction of petroleum hydrocarbons, automotive centers.

INTRODUCCIÓN

La propagación del suelo por hidrocarburos se origina principalmente por las actividades industriales, ya sean en el ámbito local, nacional e internacional (1). La sostenibilidad ambiental puede que se logre siempre en cuando se dé el mantenimiento y mejoramiento del suelo (1), pero los insumos derivados del petróleo contaminan el suelo de diversas formas; además de los peligros ambientales, los contaminantes del petróleo cambian las características geotécnicas de los suelos (2). Así también, los impactos por petróleo en el suelo de las áreas de atención automotriz se dan a través de sus derivados en forma de gasolina, gasolina diésel y aceite de motor usado, que con mucha frecuencia son una fuente significativa de potenciales daños al medio ambiente.

El automóvil, desde luego, es un producto innovador, en cuanto al transporte que proporciona que posibilita el desplazamiento de personas y mercancías. Por ello, parte de nuestra evolución se debe al automóvil, tanto como debemos sus consecuencias, a los cuales se han acomodado. Entre ellos, se encuentran los obstáculos de congestión del tráfico, ruidos de los motores, los incidentes de tránsito y la contaminación. Por alguna razón, se aceptó que algunos de estos hallazgos sean considerados como un beneficio rentable, también existiendo una paulatina necesidad del mercado que pida mitigar los impactos negativos, como la contaminación provocada por los vehículos. Esto puede ser en forma directa, respecto de las emanaciones de gases del tubo de escape, o indirecta, como los remanentes del servicio de un vehículo en un taller mecánico de automóviles (3).

A decir verdad, la industria automotriz tiene mucha conexión con la contaminación, a través de sus subproductos (como el filtros usados y lubricantes) o por sus defectos en los vehículos, porque las conservaciones de ellos previenen que emitan significativos gases contaminantes. No obstante, el compromiso lo tenemos nosotros mismos de otorgar una buena atención en cuanto el vehículo presente cualquier defecto; los talleres de mecánica necesitan adaptarse al ámbito existente para evitar un significativo daño al ambiente (3).

Los ambientes contaminados representan serias amenazas para los ecosistemas y sus seres vivos. Deben adoptarse enfoques preventivos adecuados para la remediación eficaz de los entornos contaminados a fin de eliminar o reducir sus aspectos peligrosos relacionados para la salud y el medio ambiente (4).

En este estudio, realizado en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica que son considerados como uno de los orígenes de información importante, se considera una línea base para la propuesta de ciertas alternativas de remediación que permitirán mitigar los daños ocasionados por estos compuestos al ecosistema. Este presente estudio se ha centrado en estimar los parámetros de hidrocarburos de petróleo, acorde al Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Además, debido a la naturaleza del área del estudio que estuvo centrado en los talleres automotrices, han sido los hidrocarburos de petróleo el material claramente predominante, por ello el análisis está centrado en este parámetro.

En esta investigación se detallan los próximos capítulos: Capítulo I: aborda el planteamiento y formulación del problema, como los objetivos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de variables; Capítulo II: presenta el marco teórico para la resolución del problema, donde incluyen las bases teóricas y la definición de términos básicos; Capítulo III: presenta la metodología, incluidos el alcance del estudio y el diseño de la investigación, la población, muestra y las técnicas e instrumentos de recolección de datos; y el Capítulo IV: presenta los resultados del procesamiento y análisis de la información, prueba de hipótesis y discusión de resultados, determinando las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La contaminación de suelos por hidrocarburos en las últimas décadas tiene un gran avance y es uno de los más frecuentes problemas ambientales llegando a impactar negativa y directamente al ecosistema y a la salud humana; sin lugar a duda, emitiendo principales contaminantes que afectan tanto así al aire, al agua y al suelo (5). La globalización y el crecimiento económico de las últimas décadas han dado lugar a un desarrollo dinámico del transporte. El transporte no solo tiene una contribución negativa directa a la salud y la vida humana, debido al riesgo de accidentes (6), sino que también tiene una alta huella ambiental y es, sin lugar a duda, una de las principales vías para que los contaminantes se incorporen en el agua, aire y tierra (7). Teniendo en cuenta lo anterior, el problema originado por el transporte es la contaminación urbana debido al aumento de número de vehículos en las ciudades y la demanda de estas unidades móviles urbanas (rápido crecimiento de ciudades y su industrialización), y como resultado se vienen generando daños a la sociedad como la contaminación ambiental y el transporte vehicular (6).

A nivel mundial, los problemas de contaminación del aire, el suelo y agua son causadas principalmente por acciones antrópicas; una de ellas es la explotación de riquezas naturales, en este caso en particular son los hidrocarburos (5). La contaminación de los suelos es una ocurrencia inevitable durante la exploración/transporte de petróleo y sus productos con las consecuencias para la salud humana y ambiental (8). Los problemas ambientales causados por la contaminación del suelo por hidrocarburos de petróleo o aceite de motor o gasolina pueden provocar cambios tanto como en las propiedades químicas, físicas y geotécnicas de la tierra (9). El uso universal de hidrocarburos de petróleo como fuentes de energía y materias primas para diversos fines se ha incrementado debido

a la liberación generalizada de una extensa diversidad de contaminantes al medio ambiente, que dañan al suelo, las aguas superficiales y subterráneas (10). Un reporte reciente estimó un total de 2.5 millones de sitios potencialmente contaminados en Europa (11). En México, informaron que la industria del petróleo y el gas es un origen importante de contaminación del suelo; un claro ejemplo es como sucedió un derrame en la plataforma petrolera Deepwater Horizon en el Golfo de México en el año 2010 (12).

Asimismo, en Perú se ha podido identificar un incremento de la demanda de asistencia técnica de mantenimiento a los diferentes móviles en distintos puntos de acceso, donde se observa la gran extensión de presencia de estos derivados de hidrocarburos en el suelo; estos mantenimientos se dan continuamente por vehículos que involucra el empleo y la disposición de insumos derivados de hidrocarburos de petróleo, entre ellos la gasolina, diésel, aceites y lubricantes, y una vez que estos insumos han expirado, se consideran desechos peligrosos. Esta fuga de estos residuos generados por los talleres automotriz tiene un impacto directamente al suelo y esto sucede porque no se realiza un adecuado procesamiento y almacenamiento de ellos, donde no se realiza una apropiada técnica de trabajo para evitar la contaminación con el suelo (13).

En el distrito de Huancavelica, se observó que en los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco existe contaminación del suelo con hidrocarburos y que las personas encargadas que realizan este trabajo no tienen conocimientos sobre los efectos sobre la salubridad de las personas y del ecosistema (familias y biodiversidad que existen alrededor de las mecánicas automotriz de dichos barrios) y no tienen un adecuado trabajo para evitar esta contaminación. Aquellos hidrocarburos están relacionados a los parámetros del (ECA) de suelo, que son fracción de hidrocarburo F1, fracción de hidrocarburo F2 y fracción de hidrocarburo F3, y no deben superar esos parámetros porque estarían incumpliendo los parámetros precisados en el D.S. N° 011-2017-MINAM, caso contrario, se deben tomar medidas para remediar el sitio contaminado.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿En qué medida el suelo está contaminado por hidrocarburos de petróleo en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de la fracción de hidrocarburos F2 (fracción media) en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de la fracción de hidrocarburos F3 (fracción pesada) en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la contaminación de hidrocarburos de petróleo en los suelos de los centros de atención automotriz del Distrito de Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera en el suelo de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica.

- Determinar la fracción de hidrocarburos F2 o fracción media en el suelo de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica.
- Determinar la fracción de hidrocarburos F3 o fracción pesada en el suelo de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

La contaminación de suelo por hidrocarburos ha tomado relevancia durante los últimos años principalmente al abordar las características que contienen estos (hidrocarburos), por ello se planteará mejorar en la protección, restauración y conservación de éstos que garantice no deteriorar el suelo porque una preocupación ambiental es que las zonas con presencia de elementos tóxicas, designadas como lugares contaminados, representan una amenaza ambiental. Conforme a la dificultad técnica y científica que pueda surgir en el lugar de indagación, es muy esencial para la evolución de esta idónea investigación, pues la estimación de los resultados obtenidos se aportara a otras nuevas investigaciones, así como para profesionales, grupos de interés y autoridades competentes que evalúan evidencias de forma que puedan realizar propuestas para reducir los efectos de estas concentraciones que puedan provocar una contaminación al suelo.

1.3.2. Justificación ambiental

En los diferentes puntos de acceso en las áreas de mantenimiento vehicular en un centro automotriz, se observa en gran extensión del suelo descubierto la presencia de residuos como gasolina, aceite de motor, lubricantes, entre otras sustancias, que tienen como consecuencia muchos efectos para la salud humana, así como para el ecosistema (14). Para determinar la contaminación de un suelo con hidrocarburo, se debe

identificar la magnitud del sitio contaminado y depende de ello si requiere una intervención para proteger la biodiversidad y la salubridad humana. Al respecto, se requiere de una estrategia de muestreo en el sitio contaminado que es vital para determinar los puntos de acceso para el muestreo, como también los parámetros a analizar, donde estos ejercen un factor importante para la apropiada estimación y caracterización del lugar, y para plantear su correspondiente propuesta de gestión.

1.3.3. Justificación metodológica

Al realizar el estudio, se ha determinado con respecto a la evaluación del contenido de hidrocarburos de petróleo en el suelo. Para ello se han seguido métodos para la elección del área de interés de estudio, teniendo en cuenta los parámetros de hidrocarburos de petróleo que cumplen con el ECA de suelo acorde el D.S. N° 011-2017-MINAM, y de esta manera el estudio sirva como referencia para implementar estrategias e investigar tratamientos experimentales de remediación o biorremediación, para desarrollar herramientas de gestión ambiental y tener como acta para que las autoridades competentes actúen e implementen medidas de mitigación por la exposición a estos contaminantes del suelo en los puntos de centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

Los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica están contaminados por hidrocarburos de petróleo, debido a que superan el ECA de suelos.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.
- La concentración de la fracción de hidrocarburos F2 (fracción media) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.
- La concentración de la fracción de hidrocarburos F3 (fracción pesada) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.

1.4.3. Descripción de variables

- Variable cuantitativa:

Concentración de hidrocarburos de petróleo (HP) en el suelo.

- o Definición: mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas tienen diferente número de átomos de carbono (15).
- o Dimensiones: fracciones de hidrocarburos de petróleo: F1, F2 y F3.
- o Indicadores: nivel de HP C₆ - C₁₀, nivel de HP C₁₀ - C₂₈ y nivel de HP C₂₈ - C₄₀.

Tabla 1. *Operacionalización de las variables.*

Variable	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades	Técnicas
Hidrocarburos de petróleo	Cuantitativa	Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas tienen diferente número de átomos de carbono (15).	Fracción de hidrocarburo F1	Nivel de HP C ₆ - C ₁₀	mg/kg	Ficha de observación
			Fracción de hidrocarburo F2	Nivel de HP C ₁₀ - C ₂₈	mg/kg	Ficha de observación
			Fracción de hidrocarburo F3	Nivel de HP C ₂₈ - C ₄₀	mg/kg	Ficha de observación

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación titulada “La contaminación por hidrocarburo en los talleres mecánicos del área urbana en el Cantón Jipijapa”, se identificó como objetivo de investigación estimar el grado de contaminación ambiental por el inapropiado manejo de hidrocarburos; esta evaluación se dio mediante la aplicación de la ficha ambiental, la encuesta y el procedimiento cartográfico. El procedimiento de este estudio fue exploratorio y descriptivo, donde la población fue de 34 talleres mecánicos, considerando como muestra a toda la población. De los resultados, se pudo concluir que los trabajadores no tienen los conocimientos suficientes sobre educación ambiental, por otro lado, el medio ambiente está contaminado afectando la tierra y el agua; validando la hipótesis propuesta, el estudio finalizó con una propuesta de un plan de trabajo para reducir los contaminantes por hidrocarburos en esos talleres mecánicos (16).

El estudio titulado “Diagnóstico del impacto ambiental causado por los aceites automotrices usado en la ciudad de Las Piñas, El Oro, Ecuador”, se abordó a través del método exploratorio - no experimental, porque priorizó el diagnóstico de niveles de contaminación del medio ambiente causada por hidrocarburos en el suelo de centros automotrices, para ello se obtuvo una muestra de suelo para su respectivo evaluación en el laboratorio, con el método PSI (EPA 418.1) para cuantificar el contenido total de hidrocarburos de petróleo. Los resultados mostraron que en el punto de muestreo N° 1 del taller (A), la concentración de TPH en el suelo fue de 7.67 superando el máximo nivel permisible especificado en el Acuerdo Ministerial N° 097A del 4 de noviembre, año 2015. En el taller (B) también se excedieron las concentraciones máximas permitidas por la ley ecuatoriana en 6.02 veces respectivamente, concluyendo así que la muestra del taller (A) y el taller (B) excedieron sus límites máximos

permitidos, por lo que la calidad del suelo es impactada ya que existe cambios debido a que propiedades fisicoquímicas, las cuales son alteradas al ser contaminadas con estos hidrocarburos (17).

En el trabajo de investigación titulado “Valoración del impacto ambiental en una productora de aceites y grasas lubricantes” se tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de una compañía fabricante de lubricantes y aceites. Como primer paso se seleccionaron sitios de monitoreo y después se caracterizaron el suelo, las emisiones y aguas residuales para precisar el impacto que desempeña esta compañía sobre el medio ambiente circundante. Se estandarizaron los métodos utilizados para la caracterización de: pH, conductividad, TPH y concentración de SARA (S: saturación, A1: aromático, R: resina y A2: asfalto). Para la estimación cualitativa utilizaron el diagrama causa y efecto y para determinar el impacto se utilizó la matriz de valoración. Para ello se estimó un sitio contaminado dado los resultados mostraron un valor de TPH de 27.400 mg/kg, el valor de saturación fue de 20540 mg/kg, en los aromáticos de 6860 mg/kg, en las resinas de 22 810 mg/kg y en los asfáltenos fue de 9630 mg/kg. Concretando con estos resultados que el límite exigido por la norma es de 10 000 mg/kg, donde el TPH y SARA estaban fuera del rango definido por la ley aplicable, priorizándose acciones correctivas (18).

En el trabajo de investigación titulado “Determinación de los efectos ambientales provocados por la contaminación de vertidos y descargas de aceites, grasas y lubricantes provenientes de las lubricadoras, ubicadas en la lotización González; que afectan al Estero Orienco de la Parroquia Nueva Loja, Cantón Lago Agrio y propuesta del Plan de Manejo Ambiental”, se desarrolló una metodología no experimental y descriptiva, dado que en esta investigación se estimaron los probables impactos en el suelo generados por el derrame de aceites y lubricantes. Para una próxima evaluación en el laboratorio las muestras fueron recogidas de 2 lubricadoras, considerando el parámetro de hidrocarburo total e hidrocarburos aromáticos, también utilizaron la matriz de evaluación ambiental para determinar dichos impactos. De los resultados se observó que, para los hidrocarburos aromáticos, para ambas lubricadoras los resultados fue de 0.3 mg C/kg, donde ello superó el límite permisible. Para

los hidrocarburos totales, para la lubricadora “Coplago” se obtuvo 11400 mg/kg simultáneamente para la lubricadora “Lubrioro” fue de 29920 mg/kg; también en este parámetro se excedieron los límites máximos permitidos. Se concluye que los suelos de ambas lubricadoras se ven gravemente afectados por el manejo inadecuado de estos aceites y lubricantes (19).

En el trabajo de investigación titulado “Evaluación de biocombustibles e hidrocarburos de petróleo (gasolina y diésel) en un suelo: procesos de transporte y biorremediación”, se tuvo como objetivo evaluar la existencia de hidrocarburos en el suelo. Para ello se analizaron dos muestras de suelo, el primero fue suelo con gasolina y el segundo fue un suelo con diésel, donde ambas pruebas se ejecutaron en paralelo. Recopilando la información sobre los resultados de las concentraciones analizadas, se demostró que el suelo contaminado con gasolina resulto con 20.000 ppm y el suelo contaminado con diésel con 10 000 ppm, a todo ello llegaron a la conclusión que ambas concentraciones tuvieron un gran significado, mientras que sus diferencias son porque cada suelo presenta distintas características y concentraciones. Para tener una investigación concreta, se recomienda caracterizar un suelo contaminado y definir de forma apropiada los parámetros para así tener en cuenta una técnica más eficiente y económica para una biorremediación de un suelo con cualquier contaminante (20).

En el trabajo de investigación titulado “Evaluación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) sobre suelos urbanos en Maicao, Colombia”, se evaluó la existencia de hidrocarburos de petróleo y sus consecuencias sobre las propiedades del suelo en áreas urbanas de pasto de trigo en Colombia. Se eligieron 18 sitios, 9 con derrames por otro lado 9 sitios sin derrames, donde se estimaron a 2 profundidades (0-30 cm y 30-60 cm) respectivamente, donde se analizaron los TPH, al extraer la fracción media con el siguiente método de reflujo (Soxhlet, EPA 3540C) y la fracción ponderosa con el método de reflujo (Soxhlet, EPA 3550C). Estos resultados demostraron que el TPH de la fracción media fue -0.58 y la fracción pesada fue -0.65, esto afectó significativamente las capas más profundas del suelo en el estudio, puesto que aumenta el contenido de carbono orgánico en las capas más expuestas del suelo, siendo 5 veces

más que al contenido original. Se concluye que las concentraciones más altas de TPH corresponden a la fracción media que se presenta en mayor cantidad en la capa superior, mientras que las concentraciones de la fracción pesada se presentan en una segunda capa, asimismo se puede indicar que el suelo comprende modificar en las propiedades físicas y químicas a causa de al vertimiento de TPH (21).

El estudio titulado “Evaluación del impacto ambiental por presencia de hidrocarburos en el fundo Los Clavelitos”, se abordó mediante un enfoque descriptivo - no experimental, cuyo objetivo fue apreciar un impacto ambiental por la existencia de hidrocarburos en Fundo Clavelitos. Utilizando el procedimiento de “Los relevantes criterios de Buroz”, para identificar los factores que ocasionan antropogénicamente en las fincas de Clavelitos en Venezuela, debido a las emisiones naturales de hidrocarburos que afectan el medio tangible y biológico, tales como suelo, agua, plantas y animales. De manera que la prueba se efectuó en un pozo de petróleo en desuso y se tomaron dos puntos de muestreo y se mandaron a analizar al laboratorio para determinar los hidrocarburos. Los resultados del análisis del suelo 1 no cumplió con la normativa de los requisitos aplicables, solo a los parámetros del aceite, mientras que las muestras de suelo 2 cumplieron con la normatividad vigente. Asimismo, se pudo determinar que el suelo se encuentra en la clase III y se recomienda emplear un plan para remediar el suelo contaminado de la finca (22).

En la tesis titulada “Evaluación de riesgos en suelos afectados por hidrocarburos de petróleo”, contempló el método exploratorio a través de la toma de espécimen de suelo y la evaluación relativa del laboratorio para cuantificar las fracciones de TPH, para luego calcular los posibles riesgos que provocan estas concentraciones hacia la salubridad humana y el ambiente en la zona urbana y rural. Tras ello, se realizó un estudio comparativo a partir de un caso de estudios rurales. En el procedimiento de evaluación se realizó la cuantificación del contenido total de hidrocarburos del petróleo, que permite la comparación de las existentes concentraciones con los valores límite máximos permisibles y la posterior investigación de riesgo. Estas exposiciones se midieron utilizando los instrumentos de RBCA y la Red de Riesgos, lo que indicó que el suelo fue

la ruta con mayor riesgo de contaminación porque superó los niveles máximos permisibles (23).

En la tesis titulada “Análisis de los efectos ambientales, provocados por el manejo de aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad del Puyo, Cantón Pastaza”, se desarrolló una investigación descriptiva, donde se tuvo como objetivo identificar el impacto ambiental del suelo causado por los aceites usados y por hidrocarburos totales de petróleo. El proyecto comenzó copilando y examinando una lista de talleres automotrices, incluidos las prestaciones de lavado y lubricación, máquinas y servicios de autoservicio. Para precisar la calidad del suelo contaminado por estos sucesos, se efectuaron muestreos selectivos de las cuales fueron los sectores Puyo, Calle Loja y Anturios, tomando muestras al fondo de 0.50 cm, cada una de las cuales fue etiquetada y sellada para su respectiva evaluación de hidrocarburos totales en el laboratorio. Los resultados del análisis fueron para el sector Puyo fue de 29684.59, sector Calle Loja fue de 21070.84 y el sector los Anturios fue de 17111.79, por tanto, el THP superó el límite máximo permitido, no cumpliendo con los parámetros establecidos tanto en su uso industrial como en ecosistemas sensibles, llegaron a la conclusión que esos suelos no son aptos para la agricultura y que puede suscitar efectos a la salud de las personas (24).

La tesis titulada “Determinación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelos de un patio de tanques en desuso situado en Catia La Mar-Venezuela”, abordó un marco metodológico no experimental-descriptivo, teniendo como problema los derrames de petróleo dados en actividades industriales. Para ello, se obtuvieron 80 muestras de suelos en 6 profundidades diferentes para la cuantificación de los TPH, las muestras recolectadas y almacenadas se sometieron al análisis de Soxhlet para después ser insertadas en un cromatógrafo de gases con un reactivo FID para así precisar las concentraciones de hidrocarburos. Estos resultados demostraron que hay presencia hidrocarburos, de ahí que el valor más alto de TPH encontrado fue de 2426 mg/kg de suelo y el valor más bajo fue de 410 mg/kg de suelo. Con los datos obtenidos, se realizó una comparación de los valores de hidrocarburos de petróleo mediante la legislación venezolana, confirmándose que, de los valores absolutamente

encontrados en las muestras evaluadas, el 60 % no superaron el límite permitido, mientras que el 40 % de las muestras superaron los límites permisibles según la legislación venezolana (25).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis titulado “Evaluación de la remoción de hidrocarburos de petróleo fracción F2 y F3 en suelos contaminados mediante la aplicación de compost y *Zea mays* (maíz)”, se evaluaron los hidrocarburos de petróleo, en este caso la fracción F2 y F3 para luego tener un tratamiento por medio del uso de *Zea mays* y compost. Las muestras extraídas fueron de un suelo contaminado de un pozo petrolífero de la provincia de Talara, luego fueron analizados en un laboratorio, llegando a precisar una concentración de F2 con 34.131 mg/kg y F3 con 52.050 mg/kg. De estos resultados del ensayo, se determinó que la aplicación de compost y *Zea mays* (maíz) como procedimiento para la eliminación de las fracciones F2 y F3, llegó a eliminar un 71 % en la F2 y 53 % en la F3. En efecto, la eficacia de eliminación de TPH incremento con la dosis de concentración de compost en cada uno de los tratamientos. En consecuencia, el tratamiento para un suelo contaminado con TPH, aplicando *Zea mays* (maíz) y compost, permitió lograr un 60 % de la eliminación de TPH de la fracción F2 y F3 de los suelos que estaban contaminados (26).

En la tesis titulada “Afectación de la calidad del suelo por la incorrecta manipulación y almacenamiento de las fracciones de hidrocarburos F1 y F3, en la empresa Bike Tuning, Arequipa - 2018”, se evaluó la relación entre remoción o derrame de fracciones de hidrocarburos. El método utilizado fue el EPA 8015C, en este caso se determinó las concentraciones de hidrocarburos como es la fracción F1 y F3. Los resultados del análisis mostraron que en la zona de muestreo N° 2 no hay una puntuación de la fracción F1 y F3, porque en este sector no se ejecutan labores que requieran usar hidrocarburos de petróleo. Para el punto de prueba N° 1, en el suelo exterior y de fondo, si existe concentración de las dos fracciones de hidrocarburos. De los resultados de la prueba de laboratorio, se consiguió que el hidrocarburo de la fracción de F1 en el sitio 1 excedió 4.21

mucho más a la estimación específico en lo que es el suelo exterior y en el suelo de fondo excedió 2.52 veces. Sin embargo, para la fracción F3 de hidrocarburo la muestra de superficie excedió 2.34 veces, entre tanto que en la muestra del suelo de fondo no se excedió al valor constituido. Esta investigación concluyó que posee contaminación provocada por el vertimiento o liberación de las fracciones F1 y F3 de hidrocarburos. Entonces, se observó que estos insumos a base de petróleo se depuran en suelos de tienen textura arenosa (13).

En la tesis titulada “Biorremediación mediante el uso de *Auricularia sp.* en suelo agrícola contaminado por petróleo analizando la fracción 2 y 3 de hidrocarburo desarrollado en la Universidad Nacional del Callao”, se analizaron las fracciones 2 y 3 de hidrocarburo como indicadores para los suelos contaminados, luego se realizó un proceso de remediación con el hongo *Auricularia sp.* La táctica utilizada reside en la disposición de un suelo contaminado con distintas elevaciones iniciales de concentraciones de petróleo, ya sea con presencia y ausencia del hongo *Auricularia sp.*, realizando cuatro muestras con sus respectivos tratamientos: en el primero se tuvo 12 g/kg de petróleo y existencia de *Auricularia sp.*; en el segundo con 12 g/kg de petróleo y carencia de *Auricularia sp.*; en el tercero con 18 g/kg de petróleo y existencia de *Auricularia sp.*; por último, en el cuarto con 18 g/kg de petróleo y carencia de *Auricularia sp.*, determinando que la presencia de este hongo *Auricularia sp.* fue positivo en la disminución del petróleo presente en suelos, es decir, disminuyó en la concentración F2 en 64.2 %, del mismo modo, en la F3 en 51.2 % (27).

En la tesis titulada “Aplicación de carbón activado de cáscara de coco y cascarilla de arroz para la biorremediación de suelos contaminados por gasolina, distrito y provincia de Moyobamba - 2018”, se tuvo el objetivo de remover la concentración de TPH es este caso en un suelo que presenta signo de contaminación por gasolina F1 (C6-C10) para después ser enmendada con los componentes que es el compost de arroz y el carbón activado de coco y Los resultados alcanzados para la concentración F1 fue de 7.300 mg/kg y la segunda fue de 7.000 mg/kg, asimismo, se demostró que el empleo de este carbón activado de coco y el compost de arroz aminoran de una forman tan significativa en la fracción F1 de hidrocarburo.

Después de cotejar los tratamientos, en resumen, el tratamiento recomendable está establecido por un suelo contaminado con gasolina y la aplicación de carbón activado de coco, pues demostró el deseable resultado de descontaminar el suelo, porque se redujo en un 99.59 %, mientras que el segundo tratamiento no fue eficiente ya que solo redujo la concentración en un 60 % (28).

En el estudio titulado “Diagnóstico de la calidad ambiental el suelo del Lote 192 e identificar los parámetros que exceden los Estándares de Calidad (ECA) de Suelo conforme Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM y determinar zonas de mayor incidencia de contaminación de suelo”, se expone un tratamiento que consistió en revisar y sintetizar los datos adquiridos de 309 lugares examinados en total, basados en los indicadores que se extralimitan al ECA de suelo en el caso de los hidrocarburos de la F2 (C10-C28) y la F3 (C28-C40), así como para el Ba, entre diferentes parámetros de bajo impacto. Las áreas que tuvieron una superior contaminación de suelo correspondieron al Sector de Shiviayacu - San Jacinto, con la existencia de 76 áreas afectadas. Finalmente, se concluyó que al encontrar el tipo del suelo ayudó a disponer la existencia del contaminante en el área del Lote 192, lo cual es un acontecimiento dificultoso debido a las diversas variables involucradas, siendo requeridos procesos eficaces para prevenir y tratar la contaminación mediante la remediación de los espacios contaminados (29).

En la tesis titulada “Evaluación de parámetros inorgánicos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM); distrito de Simón Bolívar - provincia de Pasco”, se compararon los ECA de suelo, considerando parámetros inorgánicos, llegando al resultado de 56.77 % que corresponde a los indicadores evaluados que sobrepasan al ECA de suelo en el uso agrícola, de ser así, se precisa que el suelo perjudica al criterio mencionado; también se excedieron los valores del ECA de suelo para el criterio residencial/parques con los resultados de 56.25 % y, por último, se sobrepasó al ECA de suelo del criterio comercial/industrial/extractivo con un 31.77 %, que es un tercio de los resultados desfavorables para el tipo de uso de suelo mencionado, concluyendo que en este caso se observó que en los tres indicadores del

ECA de suelo, asociados a los parámetros inorgánicos, se presenta un alto porcentaje respectivamente (30).

En la tesis titulada “Determinación de la eficiencia de biorremediación con lodos activados en suelo contaminado por hidrocarburos”, se estimó la eliminación de TPH de las fracciones F2 y F3 de un suelo contaminado de ello por intermedio de la biorremediación aeróbica aplicando lodos residuales originados de una PTAR, luego se concretaron los ensayos en el laboratorio de la provincia del Callao, cuyo periodo duro 90 días, por ende, se analizaron los suelos con hidrocarburos más los nutrientes de estos lodos residuales. Se determinó que el aditivo de los lodos residuales degradó los hidrocarburos, obteniendo remociones para la F2 con un 46 % y para la F3 con un 49 %. Al final del tratamiento, los valores de la F2 y F3 excedieron al ECA para suelos. Finalmente, se sugiere que el empleo de estos lodos residuales, para procesos de remoción de hidrocarburos del suelo, es una buena alternativa, ya que demostró que puede reducir hasta un 50 % de dichos contaminantes (31).

En la tesis titulada “Mejoramiento de la calidad de suelos contaminados con fracción de hidrocarburos F2 a partir de la fitorremediación empleando la *Typha latifolia* (tatora) y biocarbón”, se realizó un estudio experimental, donde se determinó la efectividad del uso de la sustracción en un suelo contaminado con fracción F2 de hidrocarburos, en este caso se empleó la fitorremediación. Los tratamientos se aplicaron en 5 macetas rectangulares, donde cada muestra tuvo 5 plantas de tipo *Typha latifolia* más 250 g de biocarbón. Después, para cuantificar la sustracción de la fracción F2 por cada análisis, se utilizó una cromatografía. Los resultados evidenciaron que las concentraciones de la muestra 1 fue de 4513 mg/kg, para la muestra 2 fue de 19115 mg/kg y para la muestra 3 fue de 48510 mg/kg al realizar la fitorremediación en 30 días calendario, resultando en una reducción de F2 de 3594 mg/kg, 18 209mg/kg y 34513 mg/kg respectivamente. Acorde con dicha remediación, se obtuvo el ECA para suelo del criterio agrícola creado en la normativa peruana (D.S. N°002-2013-MINAM). De los resultados, se rescató que este tratamiento resulto ser efectivo, ya que redujo la concentración de la F2 a pesar de que solo

se consideraron algunos parámetros para poder llegar a resolver el problema de estudio (32).

En el estudio titulado “Análisis de hidrocarburos totales de petróleo (C10-C40) y de hidrocarburos aromáticos policíclicos (fenantreno, pireno y benzo(a) antraceno) para muestras de aguas y suelos mediante cromatografía de gases”, se desarrolló un estudio experimental teniendo por objetivo principal la implementación metodológica del análisis de PAH y TPH, asimismo, el análisis cuantitativo a través de la cromatografía de gases para la TPH y el PAH en las pruebas de agua y suelo de compañías petrolíferas y mineras. Con el fin de determinar el TPH, se usaron los siguientes métodos de referencia: EPA 8015C y EPA 8270. Además, se utilizaron 8 muestras que fueron obtenidas de diferentes empresas. Los resultados de dichas muestras, con la concentración de TPH, se dieron de la siguiente manera: M1 = 380.43 mg/kg, M2 = 802.15mg/kg, M3 = 7198.47 mg/kg, M4 = 24998.8 mg/kg, M5 = 39.3 mg/kg, M6 = 49.03 mg/kg, M7 = 97.9 mg/kg y M8 = 332.85 mg/kg. Cabe resaltar que el límite permitido según la normativa ambiental establecida por el MINAM es de 1200 mg/kg, sin embargo, se encontró que estas pruebas M3 y M4 se extralimitan al ECA, lo que significa que estos puntos están contaminados con TPH. En cuanto al PAHs (pireno, fenantreno y el Benzo(a)antraceno) se utilizó una alusión de los procedimientos EPA 3510C y EPA 3540. Estas respuestas obtenidas se compararon con el ECA, que considera el valor de 0.7 mg/kg como límite permisible; sin duda, es necesario recalcar que las muestras M3 y M4 destacaron sobre las otras muestras porque alcanzaron los niveles de contaminación de los tres compuestos aromáticos y sobrepasaron a los ECA (33).

En la tesis titulada “Determinación del grado de contaminación del suelo por hidrocarburos en la obra culminación de la carretera Iquitos - Nauta - 2004, Moyobamba”, se realizó un estudio descriptivo no experimental, que tuvo como finalidad establecer el nivel de contaminación de un suelo contaminado con hidrocarburos en los talleres y patios mecánicos, plantas de asfalto y área de combustibles de la construcción del tramo IV Iquitos - Nauta de la vía expresa. Este estudio duró un periodo de 9 meses. Igualmente, para lo que es el estudio químico, las muestras de suelo fueron

muestreadas a profundidades de 30, 15 y 20 cm, ya que el parámetro analizado corresponde a resolver la concentración de hidrocarburos de petróleo. En el caso de los dos primeros estudios químicos, no mostraron ningún valor de hidrocarburos totales; esto fue dado en una profundidad de 30 cm, por lo tanto, en la profundidad de 15 cm, se obtuvo un ligero cambio por lo que se consiguió 6721 mg/kg de TPH, que corresponde a la planta de asfalto, mientras que en el de talleres e ingeniería mecánica fue de 23 573 g/kg. Por último, para la profundidad de 20 cm se reconocieron entre 5580 a 4225 mg/kg concentraciones para el puesto del taller, seguidamente de 777 a 970 mg/kg en la planta para asfaltado y en la zona de combustible fue de 23.7 y 112 mg/kg. En resumen, el sitio del suelo contaminado obtuvo 120 1234 m³ y los resultados de la concentración de hidrocarburos demuestra que a partir de la tercera evaluación en el puesto del taller e ingeniería mecánica se alcanzó a sobrepasar los límites máximos permitidos de contaminación del suelo (34).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación del suelo

Los diversos obstáculos sobre la contaminación del suelo tienen muchas causas, de las cuales algunas son difíciles de controlar, dándose así distribuciones sistemáticas, como los vertimientos de sustancias peligrosas y de derrames efectuados de forma ilegal. Por su importancia cuantitativa, destacan entre las fuentes más principales de contaminación de suelos los rellenos de remanentes industriales mal regulados y acondicionados, los oleoductos y los almacenamientos de hidrocarburos y sustancias químicas, así como de las labores metalúrgicas y mineras. Esto está relacionado con la contaminación de contaminación localizado, por tanto, se dice que todo suelo es contaminado cuando presenta características biológicas, químicas y físicas que se ven afectadas negativamente por la concurrencia de componentes tóxicos resultado de las labores humanas. Tal concentración es muy riesgosa para la salubridad

humana y el ambiente, según a las normas de los estándares que se determinen por cada gobierno (35).

2.2.2. Tipos de contaminación de suelos

2.2.2.1. Contaminación puntual

La contaminación del suelo puede resultar de una serie de eventos, o de un evento específico, en el interior de un sitio en particular donde los contaminantes se liberan al suelo y donde el origen y la similitud de la contaminación se alcanzan a identificar fácilmente. Esta clase de contaminación se llama contaminación puntual. Algunas de estas labores son creadas por el hombre (fuente antropogénica); otros ejemplos notables son las antiguas fábricas, el tratamiento inadecuado de desechos y aguas residuales, los vertidos incontrolados, el uso indiscriminado de productos químicos agrícolas y vertimientos de distintos paradigmas, entre otros. Labores como la fundición y la minería son llevadas a cabo conforme a las normas ambientales; otra deficiencia es también la contaminación por metales pesados en otras partes del mundo. También hay otro ejemplo de contaminación puntual, como son los metales tóxicos vinculados con los productos del petróleo. Los sitios dañados presentan filtraciones de establecimientos, como por ejemplo en Groenlandia, donde metales tóxicos e hidrocarburos aromáticos superaron el ECA de Dinamarca, debido a las fugas de los tanques de acopio de petróleo de la refinería de Teherán (36).

2.2.2.2. Contaminación difusa

La contaminación difusa se puede dar en áreas muy grandes, muy difíciles de analizar, rastrear e identificar respecto de sus extensiones, donde se da una acumulación de contaminantes en el suelo y no se tiene una sola fuente identificable. La

contaminación difusa ocurre donde la emanación, conversión y disolución de contaminantes han ocurrido en diversos lugares previamente antes de sobrepasar el suelo; también involucra el traslado de contaminantes por medio del suelo, aire y agua, sin embargo, es necesario realizar un análisis complejo relacionado a estas tres secciones para estimar convenientemente esta clase de contaminación. Estos ejemplos de contaminación difusa son abundantes y se pueden adjuntar otras actividades de energía y armas nucleares, ningún control de la eliminación residuos y efluentes contaminados se liberan en cuencas o cerca de ellas; también se da por la colocación de lodos depuradoras en el suelo; el uso de fertilizantes agrícolas y de plaguicidas incluso incorporan como contaminantes orgánicos, metales pesados, nutrientes excedentes y agroquímicos que son trasladados a través de los flujos de escorrentía, que alteran la deposición atmosférica así como la erosión del suelo (36).

2.2.3. Contaminación de suelos por hidrocarburos

La propagación por hidrocarburos es un problema global con una amplia distribución geográfica, considerando independientemente el área afectada, como lagos, ríos, zonas freáticas y suelos, ya sean por procesos biológicos y físicos. Preciso a esto, hoy en día existe una preocupación paulatinamente por la contaminación de hidrocarburos en el suelo, correspondiente a los peligros directos que representan para la salubridad humana y el medio ambiente. La contaminación de hidrocarburos en el suelo es diligente, los elementos individuales alcanzan a desintegrarse de la mezcla original como se especifica subsiguientemente (30):

- Las composiciones orgánicas volátiles (COVs) se vaporizan.
- No todos se disuelven, debido a la oposición de sus moléculas.
- Otras sustancias se extraen de la superficie de la etapa maciza del suelo por efectos químicos o energías físicas.

- Otros componentes son reducidos por microorganismos en el suelo. Como efecto de las mutaciones, los hidrocarburos se enriquecen en mezclas más intensos y complicados de deteriorar.

2.2.4. Derivados del hidrocarburo

El hidrocarburo del petróleo está compuesto por moléculas que contienen básicamente carbono e hidrogeno (30):

- Parafinas volátiles: constituyen incluso un 30 % de petróleo crudo. Estos pueden ser los alcanos ramificados y los n-alcanos que varían en medida de C1 a C10. Pues en los hidrocarburos de petróleo, son las más volátiles y, por tal razón, son más sensibles a las carencias abióticas por evaporación. El metano incluye principalmente C1 a C5. Mientras que los alcanos ramificados están interpretados fundamentalmente por el isopentano e isobutano, pues estas alcanzan a C10 (2, 6 dimetiloctano) (30).
- Parafinas no volátiles: estas se conocen como alcanos y n-alcano, estan representados con C11 y C40. Los n-alcanos se encuentran C11 y C40, a pesar de que exponen a cadenas más largas y alcanzan a integrar en un 15 y 20 % de material crudo no deteriorados; entre tanto, los alcanos ramificados mudan de C12 a C22 y representan en un 1 y 2 % del crudo, arribando inclusive el 15 % en crudos degradados. Los compuestos entre C11 y C15 representa ser muy evaporables intermedia (30).
- Naftenos: están compuestos por ciclo parafinas o ciclo alcanos. Las composiciones más numerosas de este grupo son los ciclos pentanos alquilados (principalmente metilados), que permitan aparentar el 31% del petróleo crudo. Las concentraciones mono y bicíclicos contienen el 50% y 55 % respectivamente de la fracción, los tricíclicos presentan un 20 %, mientras que los tetracíclicos un 25 % (30).
- Olefinas: estos son alquenos, que rara vez se localizan en el petróleo crudo y se hallan en diminutas cantidades. Son de gran importancia en los productos resultantes del refino de petróleo, donde se forman

durante el proceso de craqueo, y están presentes hasta un 30 % en la gasolina (30).

- Aromáticos: el petróleo crudo comprende una mezcla múltiple de los hidrocarburos aromáticos. Esta fracción contiene en su estructura de moléculas uno o más anillos (30).
 - o Hidrocarburos mono-aromáticos: se hallan los derivados (mono alquilados como tolueno y di alquilados como los xilenos) pertenecientes al benceno y sus alquilados, conformando la familia de los (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) BTEX de considerable interés ambiental debidamente a su toxicidad y volatilidad (30).
 - o Hidrocarburos poliaromáticos: Ubicamos el naftaleno y sus alquilados como son los (mono, di, trio y tetrametilnaftalenos). Entre estos hidrocarburos poli aromáticos que, con más de 3 anillos, ubicamos sus derivados alquilados, así mismo el antraceno, enantreno y fluoreno. A través de estos hidrocarburos poli aromáticos representa con más de 3 anillos, ubicamos al coroneno (un HAP peri condensado con seis anillos, pireno y benzo pireno que presentan 5 anillos aromáticos, pireno y criseno tiene 4 anillos aromáticos, finalmente hallamos el alfluoranteno que muestra tres anillos bencénicos y 1 no bencénico (30)
 - o Resinas y asfáltenos: son combinaciones complejas, que están conformadas por los núcleos naftenoaromáticos o policíclicos. Comprende cadenas hidrocarbonadas que contienen nitrógeno, heteroátomos de oxígeno y azufre, esporádicamente se encuentran combinados con bajas acumulaciones de metales como es el níquel y el vanadio (30).

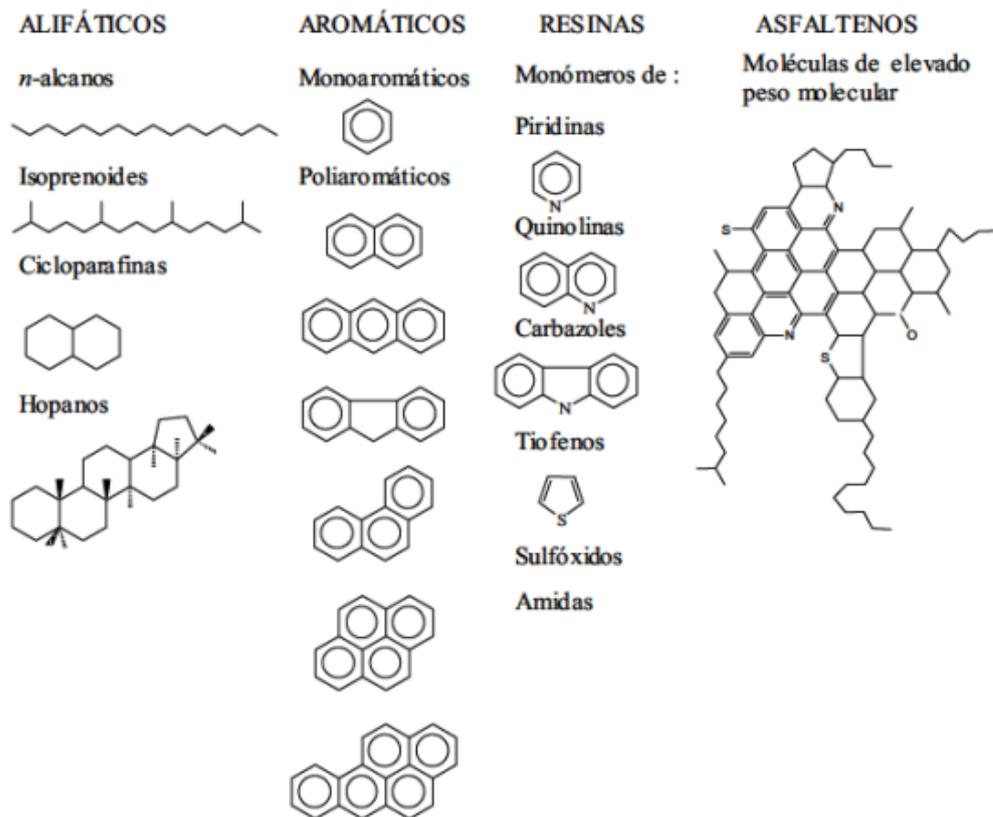


Figura 1. Estructura química de los componentes del hidrocarburo de petróleo.

Fuente: Alvarado (30).

2.2.5. Efectos de los hidrocarburos

- Suelo: los diferentes hidrocarburos impactan al suelo debido a que imposibilita al cambio de gases con el ambiente, iniciando una secuencia de procesos fisicoquímicos que, simultáneamente, pueden arrasar el sistema terciaria de las proteínas, de transformar enzimas y consecuentemente reseca células según la cuantía y la variedad de hidrocarburo derramado, así como considerando la humedad, temperatura y textura del suelo y de la salinidad (37).
- Salud: en cuanto a la salud humana, puede afectar por ingestión, inhalación o por contacto directo; en caso de ingestión, puede afectar al tracto gastrointestinal, provocando a menudo irritación en la boca, faringe y estomago (vómitos, náuseas, trastornos en el intestino, entre otros.) como también al sistema nervioso; si se inhala causa daño

directo a los capilares y al tejido pulmonar; finalmente, los hidrocarburos ocasionan irritación en la piel y picores al tener contacto directo, y puede resultar la impregnación de los elementos de petróleo que presentaría la amenaza de contar con cáncer de piel. Asimismo, causa inflamación ocular al tener roce con gotas de petróleo crudo que consiguen ser absorbidas a través de la córnea.

- Flora: estas concentraciones actúan directamente a la degradación de la membrana celular causando inclusive la muerte, al alterar las capacidades físicas y la productividad del suelo. Además, puede influir en la germinación y transmisión de los vegetales.
- Fauna: los animales se ven afectados por la conexión directa que sostienen con las plantas contaminadas o por la deglución de toxinas de estos derrames de petróleo (37).

2.2.6. Normativa Nacional Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo

El ECA de suelo hace referencia con el fin de diseñar e implementar las herramientas de gestión ambiental, adaptables a los contextos relacionados con las labores productivas, mineras entre otros trabajos, se han determinado indicadores y valores propiamente de la ECA para suelos, para características orgánicas e inorgánicas, todo ello establecido por el Ministerio del Ambiente (38).

Tabla 2. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.*

Parámetros en mg/kg	Usos de suelo			Métodos de ensayo
	Suelo	Suelo	Suelo	
	Agrícola	Residencial/Parques	Comercial/ Industrial/ Extractivo	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0.03	0.03	0.03	EPA 8260 EPA 8021
Tolueno	0.37	0.37	0.37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0.082	0.082	0.082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021

Hidrocarburos poli aromáticos				
Naftaleno	0.1	0.6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a)pireno	0.1	0.7	0.7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de Hidrocarburos F3 (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB	0.5	1.3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0.1	0.2	0.5	EPA 8260
Tricloroetileno	0.01	0.01	0.01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total	750	500	2000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo toral	**	400	1000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0.4	0.4	1.4	EPA 3060/EPA 7199 o DIN EN 15192
Mercurio	6.6	6.6	24	EPA 7471 EPA 6020 o 200.B
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro libre	0.9	0.9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: Ministerio del Ambiente (38).

Tabla 3. *Parámetros de hidrocarburo de petróleo.*

Parámetro Hidrocarburos de Petróleo	Descripción
Fracción de Hidrocarburos F1 o fracción ligera.	Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.
Fracción de Hidrocarburos F1 o fracción media.	Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diésel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, Gasol vente, gasolinas, gas nafta, entre otros.

Fracción de Hidrocarburos F1 o fracción pesada.	Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolatos, aceites del petróleo, entre otros.
--	--

Fuente: Ministerio del Ambiente (38).

2.2.7. Centro de atención automotriz

Los centros de servicio automotriz están diseñados para el mantenimiento preventivo (como cambio de piezas, mantenimiento del vehículo del filtro de aire, aceite bujías, etc.), asimismo, para el mantenimiento correctivo (avería del vehículo, que se adjunta en muchos casos incluyen el reemplazo de piezas de automóvil, por ejemplo, cambio de aros de pistón, la corrección de cilindros, cambio de resortes en general, entre otros) (39). Comprenden a instalaciones, o lugares especializados, en efectuar reparaciones mecánicas y conservación de diversos coches, de adecuados coches livianos o que contenga un motor de gasolina, por inyección o carburación, realizando una gran variedad de trabajos que cubren aproximadamente todas las estructuras de coches como de amortiguación, frenos, cesiones, estructuras automotrices, etc. (40).

2.2.8. Guía para el muestreo de suelos

2.2.8.1. Tipo de muestreo

a) Muestreo de identificación (MI):

El muestreo de identificación sostiene el propósito de indagar si existe o no contaminantes en un suelo mediante la extracción de muestras peculiares con el propósito de que si el suelo sobrepasa o no el ECA de suelo establecido en el D.S. N° 0011-2017-MINAM.

Así mismo, se debe tener en cuenta que los contaminantes que se analicen involucran a aquellos que son generados por las labores que se ejecutan en el sitio de estudio. Además, se debe determinar la cantidad de las zonas de muestreo, por tanto, en la presente investigación se tomó por ejemplo a la Rejilla Regular por el Área de Interés (15).

Tabla 4. Recomendaciones acerca de la aplicabilidad de los patrones de muestreo.

PATRÓN DE MUESTREO	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN	REMEDIACIÓN
CON DISTRIBUCIÓN UNIFORME		
Rejillas regulares	Recomendado ampliamente	Recomendado ampliamente
Rejillas triangulares	Recomendado ampliamente	Recomendado ampliamente
Rejillas circulares	Recomendado para sitios puntuales donde hayan ocurrido fugas o derrames.	Recomendado en sitios donde se aplique remediación in situ.
Sobre una línea	Recomendado en sitios donde hayan ocurrido fugas a lo largo de ductos	Recomendado en sitios donde se aplique remediación in situ a lo largo de ductos.
Diagonales múltiples	Recomendado entre puntos equidistantes	Recomendado solo si hay homogeneidad en el suelo
CON DISTRIBUCIÓN HOMOGÉNEA		
Diagonal cruzadas rotantes	No recomendado	Recomendado para sitios donde la contaminación es uniforme y se va dar seguimiento.

Fuente: adaptado de SEMARNAT, citado por el Ministerio del Ambiente (15).

2.2.9. Técnica de muestreo

2.2.9.1. Para muestra en profundidad

Para disponer el fondo del muestreo, esto se someterá a la variedad de suelo y contaminante que se desea analizar, donde aquellas muestras siempre serán simples a menos de que señale otra condición según el contaminante. Después, se optará por el método e instrumentos para el muestreo según el sitio, clase de contaminante y el nivel de la capa freática (15).

Tabla 5. *Lista de sistemas para la toma de muestras sólidas.*

SISTEMA	APLICACIÓN AL DISEÑO DE MUESTREO	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
Calicatas	Suelo de superficie suave, con profundidad de 0-100 cm.	Barato; fácil de usar
Sondeos manuales	Suelo duro, con profundidad de 0-100 cm.	Fácil de usar; costos bajos
Zanjas	Todo tipo de suelo, hasta 4 m.	Fácil de usar, requiere del uso de retroexcavadora
Sondeos liner	Suelo arenoso, hasta 20 m.	Calificado para contaminantes volátiles, de alto costo
Sondeos semimecánicos	Suelo rocoso o arenoso, hasta 10 m.	Requiere de dos o más; operadores, costo medio.
Sondeos mecánicos	Todo tipo de suelo, grandes profundidades.	Requiere mano de obra experimentada; costo elevado.

Fuente: adaptado de la Guía sobre suelos contaminados, propuesto por el Gobierno de Aragón, citado por el Ministerio del Ambiente (15).

2.2.10. Determinación de puntos de muestreo

2.2.10.1. Para el muestreo de identificación

Para determinar la cantidad mínimo de zonas de muestreo, debemos tomar en consideración el área de interés dentro de la propiedad de investigación (15).

Tabla 6. *Puntos de muestreo según el área de potencial interés.*

Área de potencial de interés (ha)	Puntos de muestreo en total
0.1	4
0.5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Fuente: Ministerio del Ambiente (15).

2.3. Definición de términos básicos

- Centro automotriz: es representada por un establecimiento que está enfocado en efectuar el mantenimiento de todos los automóviles, donde se realizan distintas actividades de reparaciones mecánicas como la modificación de motor de aceite, de filtros, como también el reemplazo de autopartes y entre otras correcciones de las fallas que pueda tener el vehículo (37).
- Contaminación del suelo: es el aspecto de una concentración química o de una sustancia fuera de la zona, que se expone en una aglomeración más elevada de lo común que tiene reacción opuestos en algún organismo vivo(36).
- Contaminación difusa: es cuando se difunde por zonas muy prolongadas, que se acumulan en el suelo, donde éste no tiene una fuente única, ya que también no es fácilmente de identificar (36).
- Contaminación puntual: es la contaminación de un área en particular en la que los contaminantes se liberan en el suelo, y es fácil de identificar la fuente e identidad de dicho escenario de contaminación (36).
- Contaminación por hidrocarburos: surge de las actividades humanas, ya que son fuente de energía y se utilizan para fabricar productos en industrias química y petroquímica afectando así a los distintos recursos naturales y humanas (41).
- Contaminante: es un agente o sustancia presente en un suelo como resultados de las actividades de la humanidad (36).
- Derivados de petróleo: son componentes del petróleo que se separan a diferentes temperaturas en una refinería (36).
- Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelos: se relaciona con la estructura y emplear los instrumentos de gestión ambiental que sean acoplable a las normas relativas a las actividades de fabricación, servicios y extractivas (38).
- Fracción de hidrocarburos: son mezclas de hidrocarburos derivados de petróleo cuyas moléculas contienen átomos de carbono; estas fracciones se distinguen según al número de carbono que contiene cada una de ellas (38).
- Hidrocarburos: consisten en átomos de hidrógeno y carbono, y es el más simple de los compuestos orgánicos porque consta solo de estos átomos y tienen una variedad de solubilidad, toxicidad, volatilidad y peso molecular; son aptos para ser biodegradados (41).

- Hidrocarburos de petróleo: son combinaciones de distintos compuestos originados de petróleo crudo, generalmente está constituido por carbonos (15).
- Parámetro: es un elemento de medición, ya sea en lo químico, físico y biológico, y está relacionado al ECA(38).
- Suelo: es una capa superficial, establecida por una combinación de minerales y de material orgánica, ya que es el resultado de la acción biológica que se expone en la superficie y sustenta el crecimiento de la flora (42)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

3.1.1.1. Método general de la investigación

El método utilizado fue hipotético-deductivo, donde la teoría antecede a los acontecimientos al contrastar con las especulaciones del fenómeno en nuestra existencia, porque confirma la varianza de las hipótesis además de su validez o falsedad que se pone a prueba, finalizando con la verificación de los enunciados (43).

3.1.1.2. Método específico de la investigación

La técnica en particular de este estudio fue la evaluación. Donde cada una de las muestras de suelo obtenidas fueron enviadas al laboratorio para la evaluación de las fracciones de hidrocarburos de petróleo.

a) Selección del área de estudio:

Se consideró a dos centros automotrices, una en cada zona diferente, puesto que son más influyentes en cuanto a la contaminación con hidrocarburos de petróleo en los suelos, ya que son los dos únicos que emplean distintas actividades con distintas concentraciones de hidrocarburo.

b) Método de muestreo de suelos:

Es importante destacar que se tuvo en cuenta la Guía de Muestreo para Suelos, propuesta por el MINAM (15).

- El tipo de muestreo fue de identificación (MI), que tuvo el propósito de investigar si existe contaminación en un suelo, para así determinar si se extralimitan o no al (ECA) establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM.
- La técnica de muestreo fue a profundidad, pues permitió que las muestras del suelo contaminados sean simples, que viabilizó la elección de un el método y equipo según sea el caso, asimismo, se empleó un sistema de sondeo manual, este diseño se da en un suelo solido con un fondo de 0-100 cm, donde es relativamente sencillo de utilizar con una capacidad de profundidad reducida y es de costo bajo.
- Para la determinación del cálculo mínimo de los puntos de muestreo se dio en conforme al área de interés según la propiedad de investigación.

c) Análisis y resultados de las muestras:

Se tuvo en cuenta el análisis de las muestras obtenidas de los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco, luego fueron expedidos al laboratorio acreditado Servicios Analíticos Generales S.A.C. de la localidad de Lima para la evaluación de los parámetros químicos de hidrocarburos de petróleo, determinando la fracción de hidrocarburos de petróleo en lo que es la F1, F2 y F3. En el sector de resultados se muestra la interpretación según el reporte.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación fue básica, por ende, está determinada por el interés de obtener conocimientos teóricos, y el propósito de la investigación se orientó a la resolución de problemas (44). Para la teoría se aplicó y resolvió la realidad que se investiga, por lo tanto, se aplica al estudio, porque las teorías y los conocimientos existentes se utilizan para comprender y determinar los componentes del problema (45).

3.1.3. Nivel de la investigación

El grado de investigación fue descriptivo por la importancia de indagación en interpretar un suelo contaminado con estos hidrocarburos de petróleo mediante el resultado del análisis de las fracciones ((F1), (F2) y (F3)), que se encuentran en estos suelos, dado que este nivel de exploración tiene la finalidad de caracterizar los principios por las que desarrolla dicho evento que se estudia (46).

3.2. Diseño de la investigación

El diseño será no experimental, transversal, debido a que el estudio se efectuó sin utilización intencionalmente de las variantes y en los que sólo se observó en su entorno natural para su análisis (47). Así se hizo en el estudio, ya que no se manipuló el suelo en los puntos de centro de atención automotriz y la variable, solo se tomaron los datos para establecer la contaminación y la afectación del suelo en el distrito de Huancavelica.

Cabe precisar que la presente investigación se ha centrado en estimar los parámetros de hidrocarburos de petróleo, acorde al D.S. N° 011-2017-MINAM. Además, debido a la naturaleza del área del estudio que estuvo centrado en los talleres automotrices, han sido los hidrocarburos de petróleo el material claramente predominante, por ello se decidió el análisis centrado en este parámetro.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo integrada por todos los talleres automotrices (08) situados en el sector urbana en el distrito de Huancavelica.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por los puntos de centro de atención automotriz de la Av. Los Incas (Barrio Santa Ana) y Av. Andrés A. Cáceres (Barrio Yananaco). Para ambos barrios se realizó un muestreo aleatorio simple del suelo. La muestra fue compuesta, de cada lugar, examinando el lugar que especifica el impacto, teniendo en cuenta la metodología sugerida por la Guía de Muestreo de Suelos (15) en el ámbito del D.S. N° 002-2013-MINAM.

Se aplicó el muestreo orientado a la apreciación de expertos, de manera que los puntos estén precisamente determinados, contando con referencia previa de la zona, de forma que se llegue a conocer sobre la mercancía derramada y sea verídico la amplitud de la afectación (15).

Posteriormente, se exhibe la localización geográfica de las 2 zonas de muestreo.

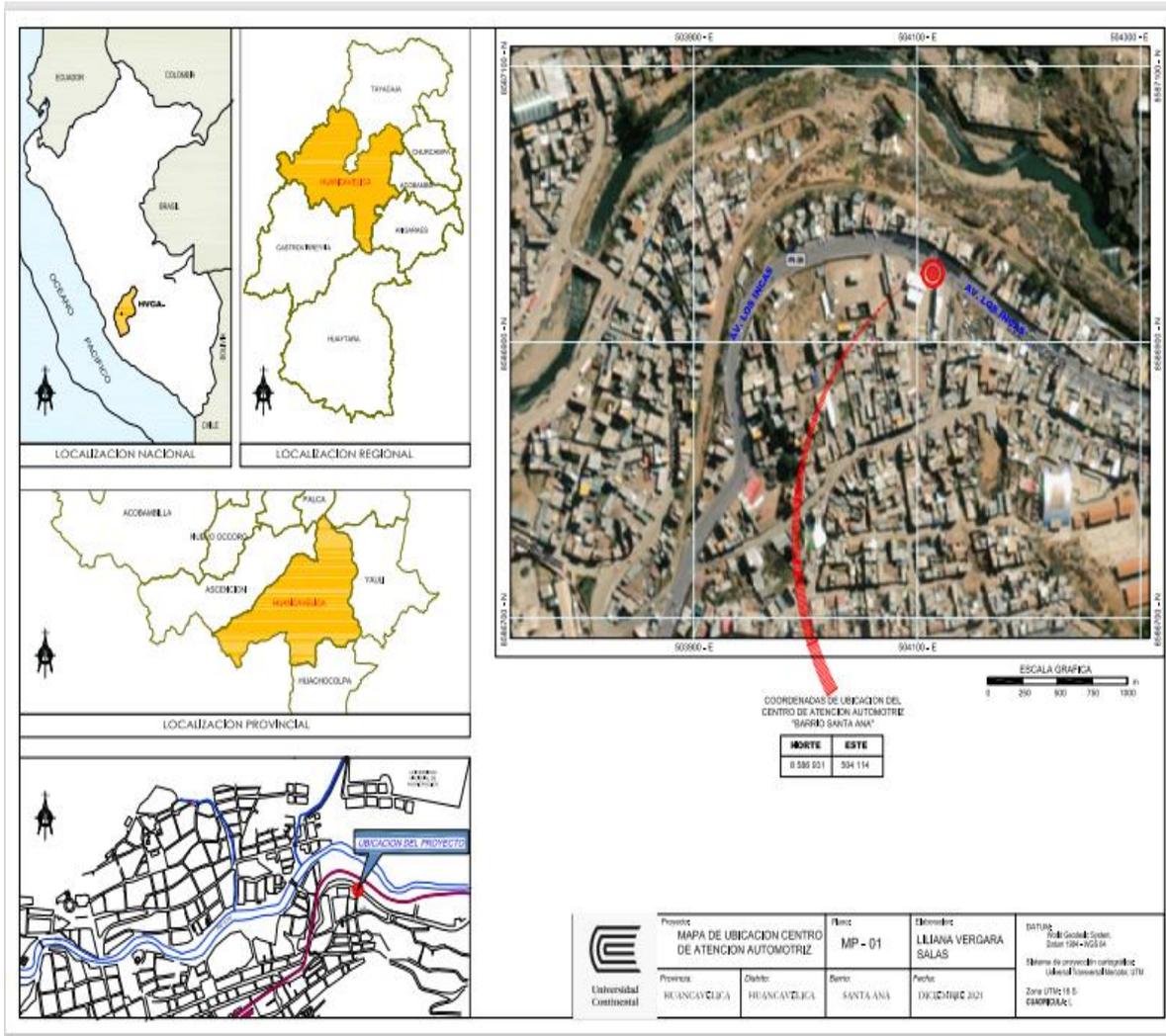


Figura 2. Ubicación del centro de atención automotriz de la Av. Los Incas (Barrio Santa Ana).

Fuente: elaboración propia con AutoCAD.

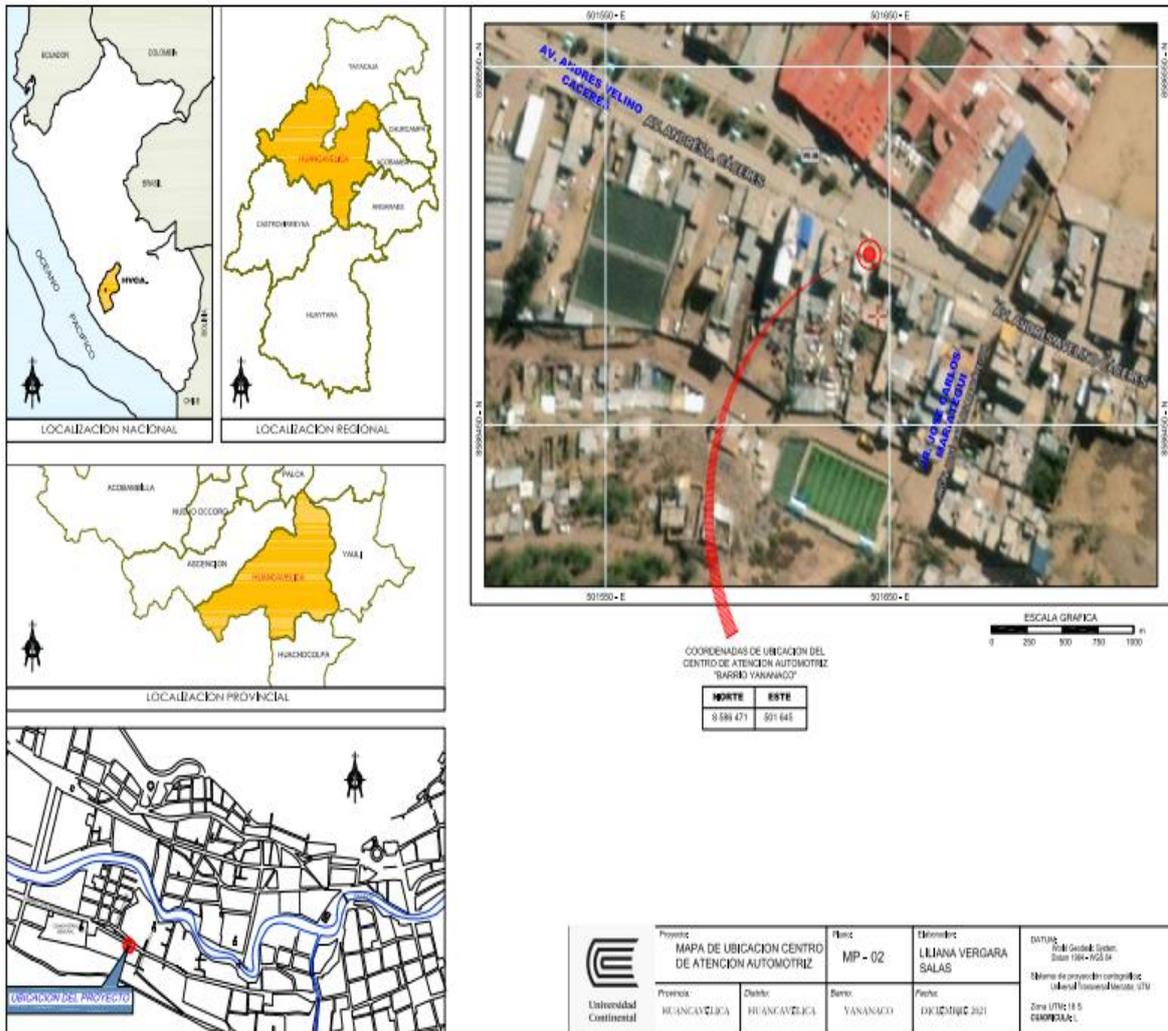


Figura 3. Ubicación del centro de atención automotriz de la Av. Andrés A. Cáceres (Barrio Yananaco).

Fuente: elaboración propia con AutoCAD.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- Ficha de observación:

Para la extracción de nuestra muestra, se empleó el tipo de muestreo aleatorio (simple) que es recomendado para sitios delimitados por la extensión visible del sitio a la extensión de largo y ancho, porque tiene la característica de permitir todas las intercalaciones de zonas de

muestreo. Para esta exploración, se empleó el muestreo de distribución aleatoria, alcanzando a definir puntos de muestreo al azar, pues no importa los antecedentes del sitio ya que pueden quedar espacios de contaminación vacíos y pasar desapercibido durante el muestreo (15).

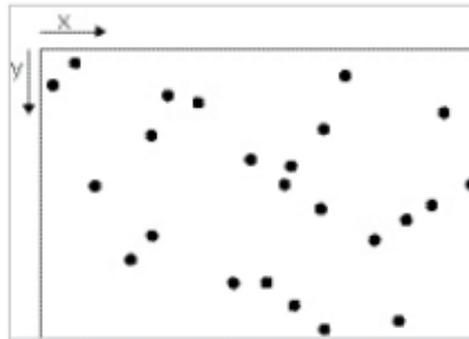


Figura 4. Muestreo de distribución aleatorio.

Fuente: Ministerio del Ambiente (15).

- Guía para el muestreo de suelos, propuesto por MINAM (15):

Se identificó el suelo contaminado con distintos derivados de petróleo, para así obtener las muestras aproximadamente 1 kg de suelo. Así también, estas muestras fueron extraídas de la manta superficial del suelo, empleamos una lampa, pico, frascos de vidrio y un cooler. Finalmente, se obtuvieron 2 muestras provenientes de dos zonas seleccionados del distrito de Huancavelica.

- Análisis de laboratorio:

Las muestras de suelo se condujeron a un laboratorio acreditado (Servicios Analíticos Generales S.A.C.) de la localidad de Lima, con un peso estimado de 1 kg. El laboratorio utilizó metodologías referenciadas de ensayo, mostradas en la tabla siguiente.

Tabla 7. *Métodos de análisis de suelos contaminado con hidrocarburo.*

Ensayo	Método
Fracción de hidrocarburos F1	EPA 8015 Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography.Rev 3/February 2007.
Fracción de hidrocarburos F2	EPA 8015 Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography 2007.
Fracción de hidrocarburos F3	EPA 8015 Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography 2007.

Fuente: información proporcionada por el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas que se emplearon en la recolección en campo fueron:

- Libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica.
- Frasco de vidrio.
- Cooler.
- Guantes.
- Fuente de metal.
- Pala.
- Pico de jardinería.

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

El informe de las 2 muestras de suelo fue clasificado y desarrollado para identificar los suelos contaminados con las fracciones de petróleo, así también, para determinar cómo está impacta el suelo del distrito de Huancavelica.

Los resultados de los análisis efectuados en el laboratorio se compararon la (ECA) de suelos, acorde con el D.S. N° 011-2017-MINAM, de forma que se alcance a determinar si exceden, o no, los valores de los indicadores de las fracciones de hidrocarburos de petróleo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

En relación a este apartado, se informa sobre la evaluación que corresponde al estudio de los suelos contaminados por hidrocarburos procedentes de los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco en el distrito de Huancavelica; se da a conocer sobre los parámetros químicos, en este caso, los hidrocarburos de petróleo; dicho contenido está dividido en 3 fracciones: (fracción ligera (F1), fracción media (F2) y fracción pesada (F3)).

Así también, se mostrará la resolución de la evaluación de aquellos indicadores químicos del suelo contaminado por hidrocarburos de petróleo de los barrios mencionados del distrito de Huancavelica, que son necesarios para estimar y comparar si exceden, o no, la ECA de suelo, de conforme con el D.S. N° 011-2017-MINAM.

4.1.1. Fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera del suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica

Para el parámetro químico F1, se analizó un suelo de 30 cm de profundidad de la manta superficial del suelo de los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco en el distrito de Huancavelica. Se registran que estas concentraciones de fracción de petróleo ligera (F1) para ambos barrios son iguales (603 mg/kg), además que sobrepasan el valor estipulado en la (ECA) de suelo.

Tabla 8. *Resultados para hidrocarburos de petróleo F1.*

Muestra	F1 (mg/kg)
Barrio Santa Ana	603
Barrio Yananaco	603

Fuente: elaboración propia en función de lo reportado por el laboratorio.

La tabla 8 muestra que para la fracción 1, para ambos barrios, se alcanzó un valor igual, siendo este 603 mg/kg. Esto quiere decir que los suelos contienen las mismas mezclas de derivados de petróleo, gas, gasolina, es por ello que el resultado del análisis fue igual a 603 mg/kg. Estas unidades de medida también equivalen a 603 ppm (partes por millón) y se caracterizan porque son empleadas en la evaluación de suelos. Esto determinó que estos suelos están causando contaminación, pues superan a los valores que se presentan en el ECA del suelo, en el tipo de empleo de suelo comercial/industrial/extractivo, tal cual es de 500 mg/kg.

4.1.2. Fracción de hidrocarburos F2 o fracción media del suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica

Para el parámetro F2, se analizó un suelo de 30 cm de profundidad de la capa superficial de los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco en el distrito de Huancavelica. Se registran que estas concentraciones de fracción de petróleo ligera (F2) para el barrio de Santa Ana fue 1051 mg/kg y para el barrio de Yananaco fue de 2988 mg/kg, por esta razón, ambos lugares no se extralimitan al ECA de suelo para uso comercial/industrial, como es de 5000 mg/kg.

Tabla 9. *Resultados para hidrocarburos de petróleo F2.*

Muestra	F2 (mg/kg)
Barrio Santa Ana	1051
Barrio Yananaco	2988

Fuente: elaboración propia en función de lo reportado por el laboratorio.

La tabla 9 muestra que, para la F2, que se caracterizó por contener mezclas de queroseno, gasolvente, gasolinas, petróleo crudo y gas nafta, la muestra de suelo de la automotriz ubicado en el barrio Yananaco fue

superior que la muestra del barrio de Santa Ana (2988 mg/kg > 1051 mg/kg, respectivamente). Con estos resultados, se puede afirmar que, para las muestras evaluadas, la concentración fue escasa y no supera al (ECA) de suelo en el criterio comercial/industrial (5000 mg/kg).

4.1.3. Fracción de hidrocarburos F3 o fracción alta del suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica

Para el parámetro F3, se analizó un suelo de 30 cm de profundidad de la capa superficial de los centros de atención automotriz de los barrios de Santa Ana y Yananaco en el distrito de Huancavelica, donde se registra que estas concentraciones de fracción de petróleo ligera (F3) alcanzó los resultados de 1469 mg/kg y 4016 mg/kg respectivamente, por lo tanto, no sobrepasan al valor fijado por el ECA de suelo de uso comercial/industrial que es de (6000 mg/kg).

Tabla 10. *Resultados para hidrocarburos de petróleo F3.*

Muestra	F3 (mg/kg)
Barrio Santa Ana	1469
Barrio Yananaco	4016

Fuente: elaboración propia en función de lo reportado por el laboratorio.

En la tabla 10 se observan las concentraciones de la F3, que son constituidas por petróleo crudo, parafinas, aceites de petróleo, las cuales resultaron similar a la fracción anterior, es decir, el valor hallado para el barrio de Yananaco fue superior (4016 mg/kg) al nivel de F3 hallado para el barrio de Santa Ana (1469 mg/kg). Es posible deducir que para estas muestras no se manifiestan escenarios de contaminación, al considerar dichas concentraciones que no exceder al valor establecido al ECA de suelo de uso comercial/industrial, que equivale a 6000 mg/kg.

4.2. Prueba de hipótesis

Esta investigación fue de nivel explicativo, donde para las pruebas de hipótesis se empleó la estadística inferencial. Los resultados hallados, fueron obtenidos de las evaluaciones del laboratorio, los cuales fueron comparados con el ECA de Suelo de acuerdo con el D.S. N° 011-2017-MINAM.

4.2.1. Prueba de la primera hipótesis específica

- Formulación de hipótesis estadísticas:

H_0 : “La concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) no supera el ECA de suelos del Perú, para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica” ($\mu_1 \leq 500$ mg/kg, suelos no contaminados).

H_a : “La concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica” ($\mu_1 > 500$ mg/kg, suelos contaminados).

Con respecto a la probatura de hipótesis se utilizó la prueba de t de student sobre la media poblacional (μ), en una prueba de cola a la derecha, debidamente a que se comparó la capacidad promedio de la F1 (C6-C10) en las muestras de suelo (mg/kg) referente al ECA de suelos del Perú, que corresponde a 500 mg/kg para suelo de uso comercial/industrial.

- Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

- Estadística:

Población normal, con varianza desconocida, y $n = 2$

Si $H_0: \mu \leq 500$ es verídica, a la estadística es:

$$t = \frac{\bar{x} - 500}{s/\sqrt{n}}$$

Se reparte conforme a una t de Student con 1 grado de libertad.

- Región crítica:

Con el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y para la probatura de hipótesis unilateral cola a la derecha, en la tabla de probabilidades de t de Student, se estima $t_{2(0,05)(GL=1)} = t_{(0,1)(gl=1)} = 6.314$, subsiguientemente, la región crítica es: $RC = \{t < 6.314\}$.

- Cálculo:

De la cifra de la muestra, se consigue:

$$n = 2, \bar{x} = 603 \text{ mg/kg}, s = 0, \text{ error estándar: } s/\sqrt{n} = 0$$

$$t = \infty \text{ (infinito).}$$

- Decisión:

Dado que el valor de t calculado no pertenece a la región crítica (RC), se niega la hipótesis nula, en consecuencia, se aprueba la hipótesis alterna, esto quiere decir que, es posible afirmar que los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica tienen una concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) mayor que el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial, por ende, están contaminados con esta fracción de hidrocarburos de petróleo, con un 5 % de probabilidad de error.

Tabla 11. *Variación de los resultados para hidrocarburos de petróleo F1 respecto al ECA de suelo.*

Suelo muestreado	F1	ECA de suelos para F1 (mg/kg)	Variación (%)
Barrio Santa Ana	603	500	+ 20.6
Barrio Yananaco	603	500	+ 20.6

Fuente: elaboración propia en función de lo reportado por el laboratorio.

La concentración de hidrocarburos de petróleo F1 (C6-C10) supera en un 20.6 % el ECA de suelos del Perú.

4.2.2. Prueba de la segunda hipótesis específica

- Formulación de hipótesis estadísticas:

H_0 : “La concentración de la fracción de hidrocarburos F2 (fracción media) no supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica” ($\mu_1 \leq 5000$ mg/kg, suelos no contaminados).

H_a : “La concentración de la fracción de hidrocarburos F2 (fracción media) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica” ($\mu_1 > 5000$ mg/kg, suelos contaminados).

Con respecto a la probatura de hipótesis se utilizó la prueba de t de student sobre de la media poblacional (μ), en una prueba de cola a la derecha, debidamente a que se comparó la capacidad promedio de la F2 (C10-C28) en las muestras de suelo (mg/kg) referente al ECA de suelos del Perú, que corresponde 5000 mg/kg para suelo de uso comercial/industrial.

- Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

- Estadística:

Población normal, con varianza desconocida, y $n = 2$

Si $H_0: \mu \leq 5000$ es verídica, a la estadística es:

$$t = \frac{\bar{x} - 5000}{s/\sqrt{n}}$$

Se reparte conforme a una t de Student con 1 grado de libertad.

- Región crítica:

Con el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y para una probatura de hipótesis unilateral cola a la derecha, en la tabla de probabilidades de t de Student, se estima $t_{2(0,05)(GL=1)} = t_{(0,1)(gl=1)} = 6.314$, subsiguientemente, la región crítica es: $RC = \{t < 6.314\}$.

- Cálculo:

De la cifra de la muestra, se consigue

$n = 2$, $\bar{x} = 2019.50 \text{ mg/kg}$, $s = 1369.66$, error estándar: $s/\sqrt{n} = 968.505$

$$t = \frac{2019.50 - 5000}{968.51} = - 3.077$$

$$t = - 3.077$$

- Decisión:

Dado que el valor de t calculado corresponde a la región crítica (RC), se aprueba la hipótesis nula, de modo que es posible afirmar que los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica tienen una concentración de F2 (fracción media) menor que el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial, por ende, no están contaminados con esta fracción de hidrocarburos de petróleo, con un 5 % de probabilidad de error.

4.2.3. Prueba de la tercera hipótesis específica

- Formulación de hipótesis estadísticas:

H_0 : “La concentración de la fracción de hidrocarburos F3 (fracción pesada) no supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica” ($\mu_1 \leq 6000$ mg/kg, suelos no contaminados).

H_a : “La concentración de la fracción de hidrocarburos F3 (fracción pesada) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica” ($\mu_1 > 6000$ mg/kg, suelos contaminados).

Con respecto a la probatura de hipótesis se utilizó la prueba de t de student sobre de la media poblacional (μ), en una prueba de cola a la derecha, debidamente a que se comparó la capacidad promedio de la fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) en las muestras de suelo (mg/kg) referente al ECA de suelos del Perú, que corresponde a 6000 mg/kg para suelo de uso comercial/industrial.

- Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

- Estadística:

Población normal, con varianza desconocida, y $n = 2$

Si $H_0: \mu \leq 6000$ es verídica, a la estadística es:

$$t = \frac{\bar{x} - 6000}{s/\sqrt{n}}$$

Se reparte conforme a una t de Student con 1 grado de libertad.

- Región crítica:

Con el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y para una probatura de hipótesis unilateral cola a la derecha, en la tabla de probabilidades de t de Student, se encuentra $t_{2(0,05)(GL=1)} = t_{(0,1)(gl=1)} = 6.314$, consecuentemente, la región crítica es: $RC = \{t < 6.314\}$.

- Cálculo:

De la cifra de la muestra, se consigue:

$n = 2$, $\bar{x} = 2742.50 \text{ mg/kg}$, $s = 1801.00$, error estándar: $\frac{s}{\sqrt{n}} = 1273.51$

$$t = \frac{2742.50 - 6000}{1273.51} = -2.558$$

$$t = -2.558$$

- Decisión:

Dado que el valor de t calculado corresponde a la región crítica (RC), se aprueba la hipótesis nula, de modo que es posible afirmar que los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica tienen una concentración de la F3 (fracción pesada) menor que el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial, por ende, no están contaminados con esta fracción de hidrocarburos de petróleo, con un 5 % de probabilidad de error.

4.3. Discusión de resultados

De estos resultados evaluados, se demostró que los suelos de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica superaron al ECA de suelos para la fracción F1 para suelo de uso comercial, mientras que para las demás fracciones no se superó el ECA, sin embargo, solo en el barrio de Yananaco se vio que este si presentó resultados más altos a diferencia de Santa Ana, resultado similar al que obtuvo Alvarado (30), quien evaluó parámetros establecidos en la (ECA) de suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM) (38), resultándole que un 56.77 % de los indicadores evaluados excedieron al ECA de suelo de uso agrícola, lo que indica un suelo

desfavorable en la sección del criterio de suelo mencionada, también excedieron el valor del ECA de suelo de uso residencial con un 56.25 % de resultados, y por último, se excede el ECA de suelo de uso industrial/extractivo con un 31.77 %, que es un tercio de los resultados, valor que es desfavorable para el correspondiente tipo de uso de suelo. Por otro lado, Pari y Yacolca (13) determinaron que existe el vertido de hidrocarburos provocado por el derrame o liberación de la F1 de hidrocarburo, pues excede por 4.21 al valor específico y para la fracción de hidrocarburos F3 excede 2.34, dando como resultado que la muestra de fondo no excedió al valor constatado. También Gerónimo y Vásquez (31) estimaron la remoción de TPH de las F2 y F3, donde los valores satisfacen al ECA para suelos comerciales e industriales, pero recomendó que se debe dar tratamientos como opción para sucesos de accidente que estén implicados en vertidos de hidrocarburos.

En la investigación se demostró que los suelos en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica exceden al parámetro estándar (contenido de hidrocarburos de petróleo F1) de suelo conforme al D.S. N° 011-2017-MINAM (38), esto se debe a que los niveles de F1 en los barrios analizados fueron altos, y sobrepasaron al ECA para suelo de uso comercial en un 20.6 %. Un suceso similar se dio en el estudio de Lizana (28), donde evaluó la concentración de TPH (F1) cuyo resultado excedió en 7300 mg/kg, teniendo en cuenta que si hubo un impacto y contaminación en el suelo con este hidrocarburo (F1). Un resultado contrario se obtuvo en el estudio de Pari y Yacolca (13), quienes mencionaron que la concentración de F1 fue mínima, porque no se realizan actividades que demanden su uso, no obstante, en este caso se encontró que el suelo analizado si tuvo un exceso de 4.21, mientras que el estudio presente se encontró un 20.6 %, llegando a concluir que existen escenarios de contaminación.

También se logró verificar que el suelo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica no excede al parámetro del contenido de hidrocarburos de petróleo F2 para uso comercial. En el caso de Vílchez y Ulloa (22) realizaron una investigación descriptivo-no experimental, cuyo objetivo fue apreciar el impacto antropogénico por la existencia de hidrocarburos en Fundo Clavelitos, donde sus resultados del análisis del suelo 1 demuestran que no se cumplió con la normativa de los requisitos aplicables solo a los parámetros del aceite, mientras que en la muestra de suelo 2, cumplieron con la normatividad vigente. Así también, se pudo

determinar que es preciso emplear un plan para remediar el suelo contaminado de la finca. Para De Vivanco (29), la fracción F2 (C10-C28), entre otros indicadores, es de bajo impacto respecto de la liberación de hidrocarburos, no obstante, su diagnóstico permitió establecer la presencia de contaminación en todas las áreas de investigación del Lote 192, mostrando un acontecimiento muy dificultoso de analizar por las numerosas variantes involucradas, así como manifiesta que un proceso eficaz para prevenir y tratar la contaminación se da mediante la remediación de suelos que requiere acciones efectivas para tratar los sitios contaminados.

Otro de los resultados de la investigación, demostró que el suelo en los centros de atención automotriz de los barrios de Yananaco y Santa Ana no excedieron el parámetro del ECA para suelos de suelo comercial. En el estudio de Pari y Yacolca (13) se encontró que los hidrocarburos F3, inicialmente, no tuvieron presencia en los suelos, mientras que en las siguientes muestras superficiales se demostró que el F3 tiene un excedente de 2.34 veces, demostrando la presencia de contaminación generada por derrames o vertimientos. Otro suceso contrario fue reportado en la investigación de Taipei *et al.* (26), donde se encontró que los valores de TPH (F3), tomados como referencia de un suelo contaminado de un pozo petrolífero de la provincia de Talara, si tuvieron relevancia en la contaminación de los suelos contaminados, pues dicho resultado fue de 52.050 mg/kg. De Vivanco (29) analizó 309 sitios respecto de los parámetros del excedente de suelo en el ECA, considerando que la fracción F3 (C28-C40), siendo el parámetro con alta tasa de contaminación de suelo en Shivyacu - San Jacinto, que cuenta con 76 áreas afectadas.

Ahora, respecto a las metodologías de análisis de las fracciones de hidrocarburos, se sabe que hay una gran diversidad de métodos a elegir. En la presente investigación se realizó el muestreo al azar de los suelos, para ello se recolectaron 2 muestras en fracciones (F1, F2 y F3 de hidrocarburos). Cada muestra tuvo alrededor de 1 kg, a una profundidad de 30 centímetros, y aquellas se analizaron en un laboratorio acreditado por el (INACAL). Vélchez y Ulloa (22) analizaron hidrocarburos en el suelo, cabe mencionar que la prueba se realizó en un pozo de petróleo y se tomaron dos puntos de muestreo que se mandaron a analizar al laboratorio, obteniendo que los resultados del análisis del suelo 1 no cumplió con la normativa de los requisitos aplicables, solo a los parámetros del aceite, mientras

que en la muestra de suelo 2, se cumple con la normatividad vigente. En el trabajo de Taípe *et al.* (26) se estimaron valores de las fracciones F2 y F3 de hidrocarburos, obteniendo como resultado en la concentración de F2 un valor de 34.131 mg/kg y F3 de 52.050 mg/kg, así como, según la experimentación se determinó que para la remoción de estas fracciones se empleó un tratamiento adecuado llegando a eliminar un 71 % de la F2 y un 53 % de la F3. En la investigación de Lizana (28) se tuvo como objetivo remover la concentración de TPH, en este caso la F1 (C6-C10) de una contaminación de un suelo por gasolina, donde los resultados conseguidos de la concentración F1 fue de 7.300 mg/kg y la 2° fue de 7.000 mg/kg, ocupando también un tratamiento para la remoción de hidrocarburo, en este caso que es de la F1, que se redujo en un 99.59 %, mientras que el segundo tratamiento no fue eficiente ya que solo se redujo la concentración a un 60 %. No obstante, también hubo estudios realizados con la metodología que siguió la presente investigación, como el realizado por Pari y Yacolca (13), quienes, en base a los parámetros F1 y F3, también emplearon el EPA 8015C como metodología, obteniendo resultados similares. De Vivanco (29) también realizó estudios donde aplicó los estándares de calidad para cuantificar la calidad del suelo, dando mayor veracidad a lo trabajado en la presente investigación, sin desmerecer las otras metodologías.

Por otra parte, se tuvo algunas limitaciones para el desarrollo de esta investigación. Una ellas por la pandemia del COVID- 19, puesto que los laboratorios que se encargan de los análisis de parámetros ambientales no se encontraban en operación. Son muy pocos los laboratorios que se dedican a realizar estos análisis de suelo contaminado con hidrocarburos, y solo se encuentran en nuestra capital, por lo que se tuvo que enviar esos análisis hasta la ciudad de Lima y estos resultados tardaban en llegar un promedio de 20 a 30 días ya que se tenía que cumplir con un procedimiento estandarizado, primero de buscar el contacto con dicha empresa y realizar una cotización, ya que estos análisis son muy costosos y que los resultados debían estar acreditados; segundo, al enviar las muestras, éstas se tardaban en llegar de un día para otro, y por último, se daba el desarrollo de la evaluación de las muestras. Por otro lado, para especificar que con los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica también se tuvo dificultades, ya que se tienen 8 centros de ambos barrios de las cuales no todos los establecimientos contaban con suelos de tierra, sino que tenían suelos

estabilizados con cemento, por ello solo se optó por dos centros automotriz, uno de cada barrio ya que coincidían con mismo tamaño del área para determinar el punto de muestreo.

Entonces, en esta investigación se demostró que los suelos en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica exceden al ECA de suelo en los indicadores de hidrocarburos de petróleo respecto a la fracción F1, mientras que para las fracciones F2 y F3 no exceden.

CONCLUSIONES

- Se concluye que, entre los barrios analizados, si se observaron diferencias notables, es decir, en el barrio de Santa Ana conseguimos apreciar que los contenidos de hidrocarburos de petróleo fueron más bajos a diferencia del barrio de Yananaco.
- El suelo de los 2 centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica presentó excedentes en el indicador estándar (contenido de hidrocarburos de petróleo F1 de uso comercial) de acuerdo con el D.S. N° 011-2017-MINAM de suelos.
- En la investigación se encontró que en los suelos de los barrios de Yananaco y Santa Ana, para la fracción de petróleo F2 no superaron el ECA de suelos.
- La fracción F3 de hidrocarburos de petróleo, de los barrios de Santa Ana y Yananaco, presentaron contenidos menores al ECA de suelo comercial (< 6000 mg/kg), considerándose así suelos no contaminados.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que las autoridades competentes deban realizar inspecciones a estos centros automotrices, para así detener la contaminación del suelo, ya que no solo afecta a ello, sino también a nuestra biodiversidad y a la salubridad de las personas que conviven dentro y alrededor de estos establecimientos.
- Las mecánicas automotrices deben tener un almacenamiento adecuado para así segregar los contaminantes de hidrocarburos de petróleo según su tipo, que se usan para las distintas labores, asimismo, se debe implementar una entidad adecuada que se pueda encargar de dichos residuos.
- Tomando en cuenta los resultados alcanzados de esta indagación, los centros automotrices deben determinar áreas específicas debidamente señalizadas para cada una de las actividades a realizarse, considerando que los residuos evidencien una disposición final apropiada.
- Las autoridades pertinentes deben otorgar capacitaciones a los trabajadores de los centros automotrices para dar conocimiento de este impacto, que es la contaminación del suelo con hidrocarburos, e implementar medidas preventivas y correctivas para poder confrontar esta problemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) VALLEJO-QUINTERO, V. Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles. *Colombia Forestal*, 2013, 16(1), 83-99 pp. ISSN 0120-0739.
- (2) SAFEHIAN, H., RAJABI, A. y GHASEMZADEH, H. Effect of diesel-contamination on geotechnical properties of illite soil. *Engineering Geology*, 2018, 241, 55-63 pp. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.04.020>
- (3) CASAROLA, M [en línea]. Análisis de impacto ambiental de un taller automotriz. [fecha de consulta: 01 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://glifos.umg.edu.gt/digital/91121.pdf>
- (4) ALI, N., y otros. Effective exploitation of anionic, nonionic, and nanoparticle-stabilized surfactant foams for petroleum hydrocarbon contaminated soil remediation. *Science of The Total Environment*, 2020, 704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135391>
- (5) VELÁSQUEZ, J. Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Rev. de Investigación Agraria y Ambiental*, 2017, 8(1), 151-167 pp. ISSN: 2145-6097.
- (6) PINEDA, B., MUÑOZ, C. y GIL, H. Aspectos relevantes de la movilidad y su relación con el medio ambiente en el Valle de Aburrá: una revisión. *Ingeniería y Desarrollo*, 2018, 36(2), 489-508 pp. ISSN: 0122-3461.
- (7) YAN, G., y otros. Enrichment and sources of trace metals in roadside soils in Shanghai, China: A case study of two urban/rural roads. *Science of The Total Environment*, 2018, 631, 942-950 pp. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.340>
- (8) AHMED, F. y FAKHRUDDIN, A. A review on environmental contamination of petroleum hydrocarbons and its biodegradation. *Int. J. Environ. Sci. Nat. Resour.*, 2018, 11(3), 1-7 pp. DOI: 10.19080/IJESNR.2018.11.555811
- (9) BOLOURI-BAZAZ, M. y BOLORUI-BAZAZ, J. Effect of hydrocarbon contamination on biostabilization of soil contaminated with motor oil and gasoline. *Geomicrobiology Journal*, 2021, 38, 467-481 pp. DOI: 10.1080/01490451.2021.1883160
- (10) OSSAI, I., y otros. Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 2019, 17(1). DOI:10.1016/j.eti.2019.100526

- (11) AGNELLO, A., y otros. Comparative bioremediation of heavy metals and petroleum hydrocarbons co-contaminated soil by natural attenuation, phytoremediation, bioaugmentation and bioaugmentation-assisted phytoremediation. *Science of The Total Environment*, 2016, 563, 693-703 pp. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.061
- (12) NUSTEZ, D., PAREDES, D. y CUBILLOS, J. Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*, 2014, 37(1). ISSN: 0254-0770.
- (13) PARI, G. y YACOLCA, K. Afectación de la calidad del suelo por la incorrecta manipulación y almacenamiento de las fracciones de hidrocarburos F1 y F3, en la Empresa Bike Tuning, Arequipa - 2018. Tesis (Título de Ingeniero en Seguridad Industrial y Minera). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
- (14) OLATUNDE, K. Determination of petroleum hydrocarbon contamination in soil using VNIR DRS and PLSR modeling. *Heliyon*, 2021, 7(4). ISSN: 2405-8440.
- (15) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Guía para el muestreo de suelos*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental, 2014.
- (16) QUIMIS, A. y VILLAVICENCIO, F. La contaminación por hidrocarburo en los talleres mecánicos del área urbana en el Cantón Jipijapa. Tesis (Título de Ingeniero en Medio Ambiente). Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2018.
- (17) CALDERÓN, J. Diagnóstico del impacto ambiental causado por los aceites automotrices usado en la ciudad de Las Piñas, El Oro, Ecuador. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico Automotriz). Cuenca: Universidad del Azuay, 2016.
- (18) VALE-CAPDEVILA, R., PÉREZ-SILVA, R. y RAMÍREZ-GOTARIO, M. Valoración del impacto ambiental en una productora de aceites y grasas lubricantes. *Revista Cubana de Química*, 2016, 28(2). ISSN: 2224-5421.
- (19) ORTIZ, J. Determinación de los efectos ambientales provocados por la contaminación de vertidos y descargas de aceites, grasas y lubricantes provenientes de las lubricadoras, ubicadas en la lotización González; que afectan al Estero Orienco de la Parroquia Nueva Loja, Cantón Lago Agrio y propuesta del plan de manejo ambiental. Tesis (Título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente). Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2016.
- (20) PÉREZ, S., y otros. Evaluación de biocombustibles e hidrocarburos de petróleo (gasolina y diésel) en un suelo: procesos de transporte y biorremediación. *Rev. EIA*, 2015, 12(2), 21-46 pp. ISSN: 1794-1237.

- (21) CASTELLANOS, M., ISAZA, R. y TORRES, J. Evaluación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) sobre suelos urbanos en Maicao, Colombia. Rev. Colombiana de Química, 2015, 44(3), 11-17 pp. ISSN: 0120-2804.
- (22) VÍLCHEZ-FERNÁNDEZ, O. y ULLOA-CARCASÉS, M. Evaluación del impacto ambiental por presencia de hidrocarburos en el fundo Los Clavelitos. Minería y Geología, 2015, 31(3). 91-108 pp.
- (23) PINEDO, J. Evaluación de riesgos en suelos afectados por hidrocarburos de petróleo. Tesis Doctoral. Colombia: Universidad de Cantabria, 2014.
- (24) GUEVARA, M. Análisis de los efectos Ambientales, provocados por el manejo de aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad del Puyo, Cantón Pastaza. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Ecuador: Universidad Estatal Amazónica, 2012.
- (25) MÉNDEZ, M., y otros. Determinación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelos de un patio de tanques en desuso situado en Catia La Mar-Venezuela. Ciencia e Ingeniería, 2010, 32(1). ISSN: 1316-7081.
- (26) TAIPE, R., AMARO, L. y ARMAS, L. Evaluación de la remoción de hidrocarburos de petróleo fracción F2 y F3 en suelos contaminados mediante la aplicación de compost y *Zea mays* (maíz). Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales). Perú: Universidad Nacional del Callao, 2020.
- (27) OBISPO, P. y RAMOS, C. Biorremediación mediante el uso de *Auricularia* sp. en suelo agrícola contaminado por petróleo analizando la fracción 2 y 3 de hidrocarburo desarrollado en la Universidad Nacional del Callao. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales). Perú: Universidad Nacional del Callao, 2019.
- (28) LIZANA, J. Aplicación de carbón activado de cáscara de coco y cascarilla de arroz para la biorremediación de suelos contaminados por gasolina, distrito y provincia de Moyobamba - 2018. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín, 2019.
- (29) DE VIVANCO, S. Diagnóstico de la calidad ambiental el suelo del Lote 192 e identificar los parámetros que exceden los Estándares de Calidad (ECA) de Suelo conforme Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM y determinar zonas de mayor incidencia de contaminación de suelo. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2018.

- (30) ALVARADO, A. Evaluación de parámetros inorgánicos establecidos en los estándares de calidad ambiental para suelo (D.S. N° 011-2017-MINAM); distrito de Simón Bolívar - provincia de Pasco. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
- (31) GERONIMO, A. y VASQUEZ, C. Determinación de la eficiencia de biorremediación con lodos activados en suelo contaminado por hidrocarburos. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales). Perú: Universidad Nacional del Callao, 2017.
- (32) CORNEJO, D. Mejoramiento de la calidad de suelos contaminados con fracción de hidrocarburos F2 a partir de la fitorremediación empleando la *Typha latifolia* (totora) y biocarbón. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2016.
- (33) MARCELO, J. Análisis de hidrocarburos totales de petróleo (C10-C40) y de hidrocarburos aromáticos policíclicos (fenantreno, pireno y benzo(a) antraceno) para muestras de aguas y suelos mediante cromatografía de gases. Tesis (Título de Licenciado en Química). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.
- (34) MANAY, A. Determinación del grado de contaminación del suelo por hidrocarburos en la obra culminación de la carretera Iquitos - Nauta - 2004, Moyobamba. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín, 2005.
- (35) DOMÍNGUEZ, J. *El nuevo modelo de IRPF en España tras la reforma de la Ley 35/2006, una visión panorámica*. España: Universidad Internacional de Andalucía, 2008. ISBN: 978-84-7993-048-6.
- (36) RODRÍGUEZ, N., McLAUGHLIN, M. y PENNOCK, D. *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma: FAO, 2019. ISBN: 978-92-5-131639-9.
- (37) PIMENTEL, M. Aplicación de prácticas sostenibles en suelo contaminado por hidrocarburo de un taller mecánico, Chilca, 2019. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2021.
- (38) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. Lima: El Peruano, 2017.
- (39) MENA, M. Estándares de gestión medio ambiental en talleres de mecánica automotriz. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2009.

- (40) ROMERO, J. Evaluación de impactos y aspectos ambientales en los talleres mecánicos informales de Villa El Salvador. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, 2019.
- (41) ORTIZ, D. y SILVA, J. Efectos ambientales de los hidrocarburos. Una revisión. Esp. Control de la Contaminación Ambiental, 2019.
- (42) TARBUCK, E. y LUTGENS, F. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Educación, 2005. ISBN: 978-84-832-2690-2.
- (43) BERNAL, C. *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia: Pearson Educación, 2010. ISBN: 978-958-699-309-8.
- (44) GÓMEZ, S. *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio, 2012. ISBN: 978-607-733-149-0.
- (45) SÁNCHEZ, H. y REYES, C. *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima: Mantaro, 2021. ISBN: 978-612-00-5123-8.
- (46) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (47) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill, 2019. ISBN: 978-1-4562-6096-5.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Título de la tesis: Contaminación del suelo con hidrocarburos de petróleo en los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica, Perú, 2021.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p>Problema general:</p> <p>¿En qué medida el suelo está contaminado por hidrocarburos de petróleo en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>*¿Cuál es la concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?</p> <p>*¿Cuál es la concentración de la fracción de hidrocarburos F2 (fracción media) en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?</p> <p>*¿Cuál es la concentración de la fracción de hidrocarburos F3 (fracción pesada) en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Determinar la contaminación de hidrocarburos de petróleo en los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>*Determinar la fracción de hidrocarburos F1 o fracción ligera en el suelo de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica</p> <p>*Determinar la fracción de hidrocarburos F2 o fracción media en el suelo de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica.</p> <p>*Determinar la fracción de hidrocarburos F3 o fracción pesada en el suelo de los centros de atención automotriz en el distrito de Huancavelica.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Los suelos de los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica están contaminados por Hidrocarburos de Petróleo, debido a que superan el ECA de suelos</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>*La concentración de la fracción de hidrocarburos F1 (fracción ligera) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.</p> <p>*La concentración de la fracción de hidrocarburos F2 (fracción media) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.</p> <p>*La concentración de la fracción de hidrocarburos F3 (fracción pesada) supera el ECA de suelos del Perú para suelos de uso comercial en los centros de atención automotriz del distrito de Huancavelica.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptiva explicativa.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>No experimental, transversal.</p> <p>Población:</p> <p>Todos los talleres automotrices (8) ubicados en la zona urbana en el distrito de Huancavelica</p> <p>Muestra:</p> <p>Conformada por 2 puntos de acceso automotriz.</p> <p>Técnicas e instrumentos:</p> <p>Se tuvo en cuenta la Guía para el Muestreo de Suelos –MINAM y la ECA para suelo D.S. 011-2017-MINAM. Resultados de laboratorio.</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <p>Se tendrá en cuenta los gráficos estadísticos como también la prueba estadística.</p>

Anexo 2. Muestreo del barrio de Santa Ana.

Muestreo de suelo contaminado con hidrocarburo del barrio de Santa Ana





Anexo 3. Muestreo del barrio de Yananaco.

Muestreo de suelo contaminado con hidrocarburo del barrio de Yananaco





Anexo 4. Ficha de las muestras de suelo de los barrios de Santa Ana y Yananaco.

FR - 005
 Version: 08
 P.E. 25/03/2018
 Página.....de.....



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

2 Inf.

Cliente: Liliana Vergara Salas Contacto: Lili Arcelmo De la Cruz E-mail: janetma@ambientehuancavelica.com.pe Telef.(s) 95600091
 Lugar: Huancavelica Empresa: _____ Planta: _____ Proyecto: _____

Carta/Cotización: 2021-10VI-3-J MUESTREADO POR SAG MUESTREADO POR CLIENTE

PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU			ANÁLISIS DE LABORATORIO				N° Informe: <u>155759-2021</u>	
	FECHA	HORA			F1	F2	F3					
P1-S	08-10-21	10:45 a.m.	Suelo		X	X	X					21100742
P2-Y	08-10-21	11:30 a.m.	Suelo		X	X	X					21100743 → /56013-2021
<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;"> SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES RECIBIDO 11 OCT 2021 RECEPCIÓN DE MUESTRAS SAG </div>												

Observaciones de Muestreo: _____

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Liliana Vergara Salas Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: DF
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: _____ Firma(s): _____ Día/Hora: 15:00

Anexo 5. Resultados de los análisis de la muestra de suelo del barrio de Santa Ana.



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNACIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO N° 429



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



**INFORME DE ENSAYO N° 155759 - 2021
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL
BOFICILIO LEGAL
SOLICITADO POR
REFERENCIA

LEILIANA HERRERA SALAS
39. 2006 OLAYA N° 125 SAN CRISTÓBAL - HUANUCAY
LEILIANA HERRERA SALAS
MONITOREO Y ANÁLISIS DE SUELO PARA EL PROYECTO DE TESIS "CALIDAD AMBIENTAL DEL
SUELO EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN ALPUNTREZ EN EL DISTRITO DE HUANCAYELCA, PERÚ"
HUANCAYELCA
2021-10-01
2021-10-01 AL 2021-10-15
2021-10-08
EL CLIENTE
LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAR A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.

PROCEDENCIA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS
FECHA(S) DE ANÁLISIS
FECHA(S) DE PRESERVO
MUESTREADO POR
CONDICIÓN DE LA MUESTRA

1. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Total Petroleum Hydrocarbons (TPH): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS F1 (C ₁₀ -C ₂₈)	EPA 8015 C. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, Rev 3 / February 2007.	0.003	mg/kg
Hydrocarbons totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS F2 (C ₁₀ -C ₂₈)	EPA 8025 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography 2007	1.0	mg/kg
Hydrocarbons totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS F3 (C ₁₀ -C ₂₈)	EPA 8025 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography 2007	1.0	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación

2. EL RESULTADO:

Producto obtenido	Suelo	
Muestra analizada	Suelo	
Fecha de muestreo	2021-10-08	
Hora de inicio de muestreo (h)	13:48	
Coordenadas	9041389	
	0280264	
Altitud (msnm)	3500	
Condiciones de la muestra	Conservada	
Descripción del Punto de Muestreo	Barrio de Santa Ana	
Código del cliente	PS-5	
Código del laboratorio	2100042	
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS		
Ensayo	Unidades	Resultados
Total Petroleum Hydrocarbons (TPH): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS F1 (C ₁₀ -C ₂₈)	mg/kg	< 0.003
ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA		
Hydrocarbons totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS F2 (C ₁₀ -C ₂₈)	mg/kg	3000.0
Hydrocarbons totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS F3 (C ₁₀ -C ₂₈)	mg/kg	2960.0

Resultados de Suelo reportados en base seca.

Ing. Mirko Julio Paucar
Director Técnico
C.U.P. N° 219624
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Lima, 22 de Octubre del 2021.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. P:004/Represión:03/FE:09/2020

DESCUENTOS: • Este informe es confidencial y es propiedad de los datos de los clientes y no debe ser distribuido fuera de los usuarios autorizados (Servicios Analíticos Generales S.A.C.). • Los resultados emitidos en este documento son válidos para la muestra recibida en el presente informe. • Los datos serán conservados de acuerdo al periodo de preservación del sistema analítico con un mínimo de 30 días de haber ingresado la muestra al laboratorio. Luego de este periodo, el CLIENTE debe solicitar al presente informe para ser reanalizado. • Para cualquier aclaración o comentario al presente informe contactar al correo: ventas@baguena.com. • Cualquier modificación en formatos, fechas o información de servicios o de la experiencia de este documento es legal y es válida para el presente informe de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 1 de 1

Industria de la Química, Calle N° 1555-556, Chaco Rico (Inde - Iqra) • Central Telefónica (51) 425-6862 • Web: www.baguena.com • Contacto Electrónico: sig@baguena.com

Anexo 6. Resultados del análisis de la muestra de suelo del barrio de Yananaco.



**INFORME DE ENSAYO N° 156013 - 2021
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL: UJARA VERANEA SALES
DIRECCIÓN LOCAL: JR. JOSÉ GUYA N° 101 SAN CRISTÓBAL - HUANCAYELLES
SOLICITADO POR: UJARA VERANEA SALES
RAZÓN SOCIAL: MONITOREO Y ANÁLISIS DE SUELO PARA EL PROYECTO DE TRAZO CALZADA AMBIENTAL DEL SECTOR DE LOS CERRITOS DE AFONSO AUTOMOTRIZ EN EL DISTRITO DE HUANCAYELLES, PERÚ
PROVENIENCIA: HUANCAYELLES
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: 2021-09-14
FECHA(S) DE ANÁLISIS: 2021-09-14 AL 2021-09-21
FECHA(S) DE MUESTREO: 2021-09-08
MUESTREO POR: EL CLIENTE
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APOYAN A LA MUESTRA TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ítem	Método	L.C.	Unidades
Total Hidrocarburos Hidrocarbonos (THH): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS FI (C ₁₀ -C ₂₅)	EN 8515 C, Hidrocarburos Orgánicos por Gas Chromatography, Rev 2 / February-2007	0.800	mg/kg
Hidrocarburos totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS FI (C ₁₀ -C ₂₅)	EN 8515 C, Rev 3, Hidrocarburos Orgánicos por Gas Chromatography, 2007	1.0	mg/kg
Hidrocarburos totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS FI (C ₁₀ -C ₂₅)	EN 8515 C, Rev 3, Hidrocarburos Orgánicos por Gas Chromatography, 2007	1.0	mg/kg

L.C.: Nivel de confianza 95%.

II. RESULTADOS:

Producto Destinado	Suelo	
Muestra analizada	Suelo	
Fecha de muestreo	2021-09-08	
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	
Coordenadas	5034191	
	8284128	
Altitud (metros)	3692	
Condiciones de la muestra	Conservada	
Designación del Punto de Muestreo	Barrio de Yananaco	
Código del Cliente	N/A	
Código del Laboratorio	21490793	
ENSAYO ACREDITADO ANTE SAS		
Ensayo	Unidades	Resultado
Total Petroleum Hydrocarbons (TPH): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS FI (C ₁₀ -C ₂₅)	mg/kg	15.800
ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA		
Hidrocarburos totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS FI (C ₁₀ -C ₂₅)	mg/kg	1465.0
Hidrocarburos totales de petróleo (THP): FRACCIÓN DE HIDROCARBUROS FI (C ₁₀ -C ₂₅)	mg/kg	4658.0

Resultados de Suelo reportados en base seca.

Ing. Mirko Telle
 Director Técnico
 C.U.P. N° 219624
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Lima, 22 de Octubre del 2021.

**EXPERTS
WORKING
FOR YOU**

Cred. N° 004-2019-03-11-S. / 00000000

DECLARACIONES: * Este informe es propiedad conjunta y será de uso exclusivo del cliente a menos que sea expresamente otorgado por Servicios Analíticos Generales S.A.C. * Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para la muestra descrita en el presente informe. * Los métodos aquí citados están basados en principios de química analítica con un alcance de 30 días de fecha de emisión de este informe. * Para cualquier SUSTITUCIÓN de correo electrónico contactarse al correo clientes@sigas.com. * Cualquier modificación en el método, fecha o ubicación de muestreo o de supervisión de los resultados de análisis debe ser comunicada al cliente antes de proceder a la muestra. * Este informe es propiedad de Sigas S.A.C.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Página 1 de 1

Laboratorio A, Recoche (Punto N° 100106), Chaco Dos Norte - Lima • Central Telefónica (01) 425 4985 • Web: www.sigas.com • Contacto: info@sigas.com