



**UNAP**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS BORRAS DE  
HIDROCARBUROS GENERADAS EN LA ACTIVIDAD  
PETROLERA LOCACIÓN 2A LOTE 95**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**ZILA ZELENITA FUIZ LAULATE**

**ASESORA:**

**Ing. DUA A LUZ FEN; I: C DINE8 C, Dra.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2024**

# ACTA DE SUSTENTACIÓN



**UNAP**

Facultad de Ingeniería Química  
Unidad de Investigación



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 018-CGT-FIQ-UNAP-2024

En Iquitos, en el auditorio de la Facultad de Ingeniería Química, a los 02 días del mes de SEPTIEMBRE de 2024, a horas 17:00, se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS BORRAS DE HIDROCARBURO GENERADAS EN LA ACTIVIDAD PETROLERA LOCACIÓN 2A LOTE 95", aprobado con Resolución Decanal N° 217-2024-FIQ-UNAP, presentado por la Bachiller: **Zila Zelenita Ruiz Laulate**, para optar el título profesional de **Ingeniero Químico**, que otorga la Universidad de acuerdo Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R. D. N° 069-2024-FIQ-UNAP está integrado por:

Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ de ARAUJO, Dra.	Presidente
Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.	Miembro
Ing. CARLOS MARTÍN MIRES LÓPEZ, Mtro.	Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIA MENTE

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: APROBADA con la calificación BUENA, estando la bachiller apta para obtener el Título Profesional de Ingeniero Químico. Siendo las 17:45 se dio por terminado el acto de SUSTENTACION

  
Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDOÑEZ de ARAUJO, Dra.  
Presidente de Jurado

  
Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.  
Miembro

  
Ing. CARLOS MARTÍN MIRES LÓPEZ, Mtro.  
Miembro

  
Ing. DUMA LUZ RENGIFO PINEDO, Dra.  
Asesor

**JURADO Y ASESOR**



.....  
**Ing. MARITZA ECHEVARRIA ORDÓÑEZ de ARAUJO, Dra.**  
**Presidente de Jurado**



.....  
**Ing. DANIEL DIOMEDES CARRASCO MONTAÑEZ, MSc.**  
**Miembro**



.....  
**Ing. CARLOS MARTÍN MIRES LÓPEZ, Mtro.**  
**Miembro**



.....  
**Ing. DUMA LUZ RENGIFO PINEDO, Dra.**  
**Asesor**

# RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**FIQ\_TESIS\_RUIZ LAULATE.pdf**

AUTOR

**ZILA ZELENITA RUIZ LAULATE**

RECuento de palabras

**13994 Words**

RECuento de caracteres

**69399 Characters**

RECuento de páginas

**67 Pages**

Tamaño del archivo

**1.1MB**

Fecha de entrega

**Sep 15, 2024 11:05 PM GMT-5**

Fecha del informe

**Sep 15, 2024 11:06 PM GMT-5**

## ● 16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 10% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

## ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



"Dedico este trabajo a mi amado hijo, quien, con su inocencia y alegría, me ha enseñado el verdadero valor de la vida. Su presencia me ha inspirado a ser mejor cada día, recordándome que cada logro y esfuerzo tiene un propósito más grande. Este trabajo es para ti, por mostrarme que en las cosas más sencillas reside la mayor de las riquezas y que, a través de tus ojos, he aprendido a valorar y a luchar por un futuro lleno de esperanza y amor."

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su infinito amor; a mi madre, por su fortaleza; a mi padre, por su protección; a mis hermanas, por su apoyo; a mi esposo, por su constante motivación; a mi nueva familia, por su cálida acogida; y a mis amigos Martín y Glausya, por su invaluable ayuda.

Agradezco a la Dra. Maritza Grandez Ruiz por ser una fuente de inspiración, y al Dr. Luis Antonio Flores Flores, por su orientación a lo largo de este proyecto. Mi gratitud también va a la empresa PETROTAL por su generoso apoyo en la investigación y desarrollo de esta tesis, y especialmente al personal de campo, por su paciencia y buena disposición.

Finalmente, quiero mencionar a mis docentes, cuya increíble dedicación y formación me acompañaron desde el colegio hasta la universidad. A mi alma mater, la UNAP, y a mi segundo hogar, la FIQ, les agradezco por enseñarme que no siempre trabajamos con lo que queremos, sino con lo que tenemos, y que con ello podemos lograr grandes cosas

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 BASES TEÓRICAS	4
1.2.1 Descripción de las instalaciones y procesos realizados en el campamento petrolero Bretaña	4
1.2.2 Ubicación Geográfica	5
1.2.3 Unidades De Proceso	6
1.2.4 Servicios auxiliares o industriales del área de producción	8
1.2.5 Características del crudo producido, crudo procesado y agua producida	12
1.2.6 Manejo de los residuos sólidos peligrosos generados en el proceso de producción	13
1.2.7 Tratamiento de residuos peligrosos	23
1.2.8 Caracterización fisicoquímica	24
1.2.9 Técnicas de caracterización	25
1.2.10 Borra de petróleo	27
1.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	29
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	31
2.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	31
2.1.1 Hipótesis general	31
2.2 Variables y su operacionalización.	31

2.2.1	Identificación de variables	31
2.2.2	Definición conceptual de la variable	31
2.2.3	Operacionalización de la variable	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		33
3.1	TIPO Y DISEÑO	33
3.1.1	Tipo de investigación	33
3.1.2	Diseño de investigación	33
3.2	DISEÑO MUESTRAL	33
3.2.1	Población de estudio	33
3.2.2	Muestra	34
3.2.2	Muestreo	34
3.3	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.3.1	Extracción de muestras	34
3.3.2	Parámetros a evaluar	37
3.4	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	37
3.5	ASPECTOS ÉTICOS	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		39
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA BORRA	39
4.1.1	Materia Orgánica Total	39
4.1.2	Metales Pesados	42
4.1.3	Hidrocarburos Totales de Petróleo	45
4.1.4	BTEX	49
4.1.5	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	51
4.2	GRADO DE CONTAMINACIÓN	57
4.2.1	Metales Pesados	57
4.2.2	Hidrocarburos Totales de Petróleo	58
4.2.4	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	60
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		61
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES		64
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES		65
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN		66
ANEXOS		71
	ANEXO 01. Matriz de consistencia	72
	ANEXO 02. Instrumento de recolección de datos	73
	ANEXO 03. Informe de validez y confiabilidad	101

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características del Crudo Producido	12
Tabla 2. Viscosidad del Crudo Producido	12
Tabla 3. Características del Agua Producida	13
Tabla 4. Características del Crudo Procesado	13
Tabla 5. CÓGIDO DE COLORES	15
Tabla 6. Residuos peligrosos generados durante la etapa de operación	16
Tabla 7. Registro mensual de manejo de residuos sólidos por lugar de disposición final. Año 2022	16
Tabla 8. Generación mensual por tipo de residuo. Año 2022	18
Tabla 9. Generación mensual residuos sólidos peligrosos. Año 2022	20
Tabla 10. TÉCNICAS INSTRUMENTALES DE CARACTERIZACIÓN	26
Tabla 11. Composición de las borras de petróleo	28
Tabla 12. Propiedades fisicoquímicas de la materia orgánica de las borras de petróleo	29
Tabla 13. Descripción de variables e indicadores	32
Tabla 14. Puntos de extracción	35
Tabla 15. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS	36
Tabla 16. CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LAS BORRAS DE HIDROCARBURO	39
Tabla 17. PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TANQUE	40
Tabla 18. CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA. OTROS AUTORES	42
Tabla 19. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS BORRAS DE HIDROCARBURO	43
Tabla 20. PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TANQUE	43

Tabla 21. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS. OTROS AUTORES	45
Tabla 22. CONCENTRACIÓN DE TPH EN LAS BORRAS DE HIDROCARBURO	46
Tabla 23. PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE TPH EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TANQUE	47
Tabla 24. CONCENTRACIÓN DE TPH. OTROS AUTORES	48
Tabla 25. CONCENTRACIÓN DE BETX EN LAS BORRAS DE HIDROCARBURO	49
Tabla 26. PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE BETX EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TANQUE	49
Tabla 27. CONCENTRACIÓN DE PAH EN LAS BORRAS DE HIDROCARBURO	52
Tabla 28. PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE PAH EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TANQUE	53
Tabla 29. CONCENTRACIÓN DE AZUFRE TOTAL EN LAS BORRAS DE HIDROCARBURO	55
Tabla 30. PROMEDIO DE CONCENTRACIÓN DE AZUFRE TOTAL EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TANQUE	55
Tabla 31. CONCENTRACIÓN DE AZUFRE TOTAL. OTROS AUTORES	56
Tabla 32. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS VS ECA	57
Tabla 33. CONCENTRACIÓN DE TPH VS ECA	58
Tabla 34. CONCENTRACIÓN DE BETX VS ECA	59
Tabla 35. CONCENTRACIÓN DE PAH VS ECA	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. MAPA DEL ÁREA QUE ABARCA EL PROYECTO PETROLERO5	
Figura 2. DIAGRAMA DEL MACROPROCESO DE PRODUCCIÓN – PETROTAL PERÚ S.R.L.	11
Figura 3. Registro mensual de manejo de residuos sólidos por lugar de disposición final. Año 2022	17
Figura 4. Residuos sólidos por lugar de disposición final. Año 2022	17
Figura 5. Generación mensual por tipo de residuos. Año 2022	19
Figura 6. Generación mensual residuos sólidos peligrosos. Año 2022	22
Figura 7. DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	24
Figura 8. Concentración de materia orgánica en función del tipo de tanque	40
Figura 9. Concentración de materia orgánica en el tanque de venta	40
Figura 10. Concentración de materia orgánica en el tanque sumidero	41
Figura 11. Concentración de materia orgánica en el tanque skimmer	41
Figura 12. Concentración de materia orgánica en el tanque sumidero	41
Figura 13. Concentración de metales pesados en función de la sustancia: Bario Total	44
Figura 14. Concentración de metales pesados en función de la sustancia: Plomo Total, Cromo Total	44
Figura 15. Concentración de metales pesados en función de la sustancia: Mercurio Total, Cromo VI, Cadmio Total, Arsénico Total.	44
Figura 16. Concentración de TPH en función del tipo de tanque	47
Figura 17. Concentración de TPH en función de la fracción C5-C10 (F1)	47
Figura 18. Concentración de TPH en función de la fracción C10-C28 (F2)	48
Figura 19. Concentración de TPH en función de la fracción C28-C40 (F3)	48
Figura 20. Concentración de BETX en función del tipo de tanque	50



Figura 21. Concentración de BETX en función del compuesto: Benceno, Etilbenceno, Tolueno	50
Figura 22. Concentración de BETX en función del compuesto: Benceno, Etilbenceno, Tolueno	51
Figura 23. Concentración de PAH en función del compuesto: Criseno, Fenantreno, HAPs (Suma), Naftaleno	53
Figura 24. Concentración de PAH en función del compuesto: Antraceno, Benzo(a)pireno, Fluoreno, Pireno	54
Figura 25. Concentración de PAH en función del compuesto: Acenaftileno, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Dibenzo (a.h) antraceno.	54
Figura 26. Concentración de PAH en función del compuesto: Acenafteno, Benzo (k) fluoranteno, Fluoranteno, Indeno (1.2.3-cd) pireno.	55
Figura 27. Concentración de Azufre en función del tipo de tanque	56
Figura 28. Concentración de Metales Pesados vs ECA	57
Figura 29. Concentración de TPH vs ECA	58
Figura 30. Concentración de BETX vs ECA	59
Figura 31. Concentración de PAH vs ECA	60

## RESUMEN

Esta investigación aborda la caracterización físico-química de las borras de hidrocarburos generadas en la Locación 2A - Lote 95 de PETROTAL PERÚ S.R.L., con el fin de determinar el potencial contaminante de estos residuos en el entorno. El estudio tiene como objetivo principal evaluar las características químicas de las borras de petróleo producidas en dicha locación y comparar los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo del MINAM, se aplicó una metodología de revisión exhaustiva de la literatura existente sobre caracterización y tratamiento de borras de hidrocarburos. Además, se analizó la información proporcionada por la empresa y se realizó una visita in situ al campamento petrolero Bretaña – Lote 95, donde se seleccionaron nueve puntos de extracción para la toma de muestras y se envió a su análisis a un laboratorio, luego se analizaron mediante tablas y gráficos en Microsoft Excel. Los resultados revelaron altas concentraciones de materia orgánica en los tanques de venta y sumideros. Los metales pesados, como Bario y Cromo, así como los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) y compuestos BETX, excedieron los estándares en todos los tanques analizados. Se concluye que, las borras de hidrocarburos en la Locación 2A representan un riesgo ambiental significativo, subrayando la necesidad de implementar estrategias de manejo adecuadas.

**Palabras Clave:** Azufre, borra, materia orgánica, metales pesados, petróleo.

## ABSTRACT

This research addresses the physicochemical characterization of hydrocarbon sludge generated in Location 2A - Lot 95 of PETROTAL PERÚ S.R.L., with the aim of determining the contaminant potential of these residues in the environment. The main objective of the study is to evaluate the chemical characteristics of the petroleum sludge produced at this location and to compare the results with the Soil Environmental Quality Standards of MINAM. A methodology was applied that included an exhaustive review of the existing literature on the characterization and treatment of hydrocarbon sludge. Additionally, the information provided by the company was analyzed, and an on-situ visit was made to the Bretaña oilfield - Lot 95, where nine sampling points were selected for sample collection, which were then sent to a laboratory for analysis, then analyzed using tables and graphs generated in Microsoft Excel. The results revealed high concentrations of organic matter in the sales tanks and sumps. Heavy metals such as Barium and Chromium, as well as total petroleum hydrocarbons (TPH) and BETX compounds, exceeded the standards in all analyzed tanks. It is concluded that the hydrocarbon sludge in Location 2A represents a significant environmental risk, emphasizing the need to implement appropriate management strategies.

**Keywords:** Heavy metals, oil sludge, organic matter, petroleum, sulfur.

## INTRODUCCIÓN

La borra de petróleo, un subproducto inevitable de la industria petrolera, es un desafío para la gestión ambiental y salud humana, este estudio se propone analizar la composición fisicoquímica de las borras de petróleo, centrándose en la cuantificación de materia orgánica, metales pesados, azufre, compuestos orgánicos volátiles (BETX), hidrocarburos totales de petróleo (TPH), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y azufre total, con el fin de comprender mejor su impacto y orientar a soluciones económica y ambientalmente viables para su tratamiento.

El tratamiento inadecuado de las borras de petróleo puede tener consecuencias graves para el medio ambiente y la salud pública, pero también implica pérdidas económicas significativas para las industrias petroleras y las comunidades locales. Sin embargo, estas borras, una vez caracterizadas adecuadamente, podrían ser utilizadas en una variedad de aplicaciones industriales, como la fabricación de asfaltos modificados, aditivos para la producción de cemento, o incluso como fuente de energía alternativa.

Este estudio no solo busca comprender los riesgos ambientales y de salud asociados con las borras de petróleo, sino también explorar sus potenciales usos económicos. Al identificar aplicaciones viables para estos residuos, se espera fomentar el desarrollo de soluciones más sostenibles y rentables para su gestión, contribuyendo así al avance tanto de la industria petrolera como de la economía local. Con este fin, se planteó como objetivo caracterizar las propiedades químicas de las borras de hidrocarburos generadas en la actividad petrolera en la Locación 2A-Lote 95.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Como resultado de la incesante actividad de exploración y producción, la cadena de producción de la industria petrolera ha sido responsable de la generación de millones de toneladas de residuos ambiental, económica y socialmente nocivos. Entre estos residuos, la borra de aceite crudo destaca, debido a dos factores, primero a su alta toxicidad y segundo a su alto volumen de producción (ya que se genera en las etapas de producción, almacenamiento, transporte y refinación de petróleo) (He et al. 2023). Debido a estos factores, su inadecuada eliminación supone un riesgo alto para el medio ambiente y la salud humana.

La composición de la borra de petróleo (también conocida como lodo oleaginoso) es compleja y mixta, incluye hidrocarburos de petróleo, agua, metales pesados, series de benceno, fenoles, fenilpropil pireno y otras sustancias químicas y/o tóxicas (Sun et al. 2023).

Diferentes estudios relacionados a la composición, tratamiento y/o recuperación de borras de petróleo señalan que este residuo es de composición muy heterogénea lo cual hace que sea de complejo tratamiento. Esta característica se debe a que su composición varía según el sector de la cadena de producción del que se extrae, su manipulación y acondicionamiento (Dornelas et al. 2019).

En la actualidad existen números métodos de tratamiento y/o reducción de borra de petróleo, con resultados exitosos de hasta 99% de reducción de volumen del residuo (Dornelas et al. 2019). Sin embargo, elegir un método adecuado de tratamiento depende de la composición de la borra a tratar, para lo cual se requiere su caracterización fisicoquímica.

### **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

En una publicación titulada “Investigación sobre la composición y mecanismo de extracción de especies solubles de lodos oleosos mediante extracción con solventes”, respecto a la composición de la borra se señala

en un análisis proximal un contenido de %peso de 3.50% de agua contenida, 74.36% contenido sólido, 25.64% de hidrocarburos volátiles y 76.74% de compuestos que contienen solo Carbono (He et al. 2023).

En 2019, mediante una revisión de la producción científica relacionada con el tratamiento/recuperación de borras de petróleo mediante el uso de métodos de pirolisis, extracción de solventes e irradiación de microondas, se observó un aumento de alrededor del 240% en el número de publicaciones desde 2014, por tanto, existe un creciente interés en reducir el volumen y toxicidad de estas borras. (Dornelas et al. 2019)

Vdovenko y otros autores, en el 2015, hicieron un estudio sobre la composición y propiedades de las borras producidas en las refinerías donde determinaron características de la borra, como contenido de agua 6.1% peso, impurezas mecánicas 28.7% peso, materia orgánica 65.2% peso y contenido de azufre 13400 mg/kg. (Vdovenko et al. 2015)

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

En 2020, la investigación llamada “Microorganismos aislados de borras de hidrocarburos en la refinería de Talara y su potencial para la biorremediación de suelo contaminado, marzo de 2018” determinó características químicas de la borra extraída de los tanques de almacenamiento, tales como concentraciones de hidrocarburos totales C5 - C10: <10mg/kg; C10 - C28: <20 mg/kg; C28 - C40: <35 mg/kg; 5,36 mg/kg mercurio, <40 mg/kg arsénico, <80 mg/kg bario, <10 mg/kg cadmio, <20 mg/kg plomo, <20 mg/kg cromo total y <4,52 mg/kg hexavalente. Este estudio concluyó que la borra tiene una elevada concentración de hidrocarburos, por lo que es considerada un residuo peligroso y recalcitrante (Ugaz Llontop 2020).

En 2014, una investigación analizó parámetros de TPH por el método EPA 1664-2011, pH por el método APHA 4500-H+, temperatura mediante un termómetro de vidrio de Hg y medición de agua y sedimentos por método ASTM D95 y ASTM D473. Como resultados de estas pruebas se muestra una concentración de TPH superior al LMP (<5000 mg/kg); niveles de

temperatura de 27°C, humedad de 23.19%, pH de 7.31, agua y sedimentos de 94% vol. de las borras de hidrocarburos (Herrera Pinedo 2014).

En 2014, en una investigación de tipo cuantitativa, que incluyó como población de estudio los lodos oleoginosos (borras) los tanques de almacenamiento de crudo y residuales y separadores API y CPI de la refinería Talara, se determinaron las características físicas y químicas de dichos lodos, tales como densidad, con resultados de 0.982 gr/cm<sup>3</sup> - 0.989 gr/cm<sup>3</sup>; TPH y materia orgánica, por el método EPA1664 con resultados que van desde 25.48% hasta 27.09% y 27.9% - 30.1%, respectivamente; BSW por el método ASTM D4007 con resultados de agua al 10% y sedimentos al 52% (ALVARADO y LAZO, 2014).

En 2011, se determinó que por cada 75 bls de crudo producido se produce 1 bls de residuo oleoso; siendo la producción mensual de petróleo crudo en el país de 2 MMbls, entonces se generan alrededor de 320 Mbls anuales de borra y slop oil (mezcla similar a la borra, pero con menor proporción de sedimentos). Las refinerías generan 190 Mbls anuales y el oleoducto 30 Mbls anuales. En consecuencia, anualmente la industria petrolera genera 540 Mbls de borra y slop oil; es decir, aproximadamente medio millón de barriles de residuos oleosos (Valdez Iriarte 2011).

## **1.2 BASES TEÓRICAS**

### **1.2.1 Descripción de las instalaciones y procesos realizados en el campamento petrolero Breña**

El Campo Petrolero Breña - Lote 95 está localizado en la selva norte del Perú, en el distrito de Puinahua, provincia Requena, región Loreto. Con una capacidad actual de procesamiento de 60,000 BPOD (barriles de petróleo por día). Actualmente, se encuentra en la etapa 2, es decir etapa de operación, la cual incluye las actividades de extracción y transporte de Fluido de Producción al CPF (Central de Procesamiento y Facilidades.), producción de petróleo crudo, y su exportación y venta a distintas plantas. Además, incluye actividades de mantenimiento de las facilidades. El área



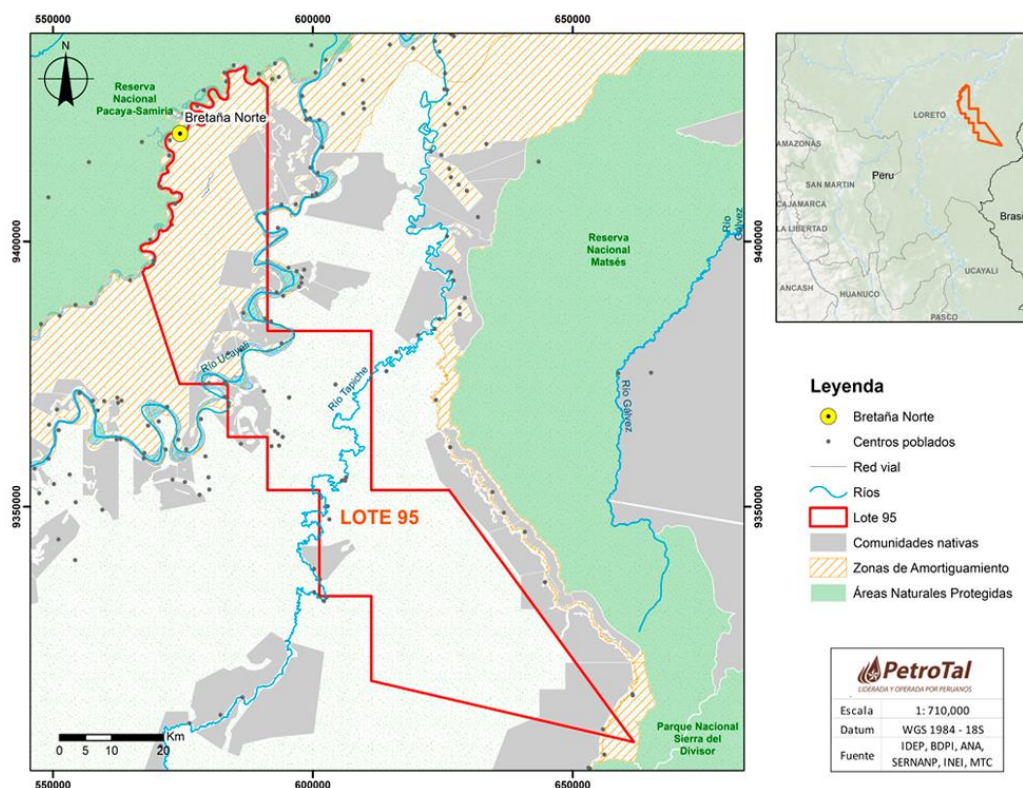
de intervención por el total de instalaciones es de 56 ha (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019).

### 1.2.2 Ubicación Geográfica

El Lote 95 se ubica en la zona noroeste del territorio peruano, en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en los distritos de Puinahua, Capello, Maquia, Emilio de San Martín y Tapiche, provincia Requena, región Loreto, a 200 kilómetros de Iquitos y dentro de la Zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019).

El Lote 95 operado por PetroTal a partir de la aprobación del cambio de Garante corporativo de Gran Tierra Energy Perú S.R.L. a PetroTal el 29 de noviembre de 2018 por D.S. N° 033-018-EM, limita por el norte con la Reserva Nacional Pacaya Samiria (creada por Decreto Supremo N°016-82-AG, el 4 de febrero de 1982), por el este, oeste y sur con tierras estatales (PETROTAL, 2023).

Figura 1. Mapa del área que abarca el proyecto petrolero



Fuente: PETROTAL. Disponible en: <https://petrotal.pe/operaciones/lote-95/> (2023).

### **1.2.3 Unidades De Proceso**

#### **1.2.3.1 Sistema de Producción de Pozos e Ingreso a Facilidades**

La producción proveniente de 4 pozos es enviada al cabezal de producción del Manifold EPF2 (Early Processing Facility, es decir, instalaciones de procesamiento temprano) mientras que la producción de otros 4 pozos es enviada al cabezal de producción del Manifold CPF1. El cabezal de producción de ambos Manifolds estará interconectado de tal forma que permita el envío de la producción del total de pozos hacia los tres Separadores de Producción que consideran un flujo de producción repartido entre los tres equipos de 20,000 BPOD, 60,000 BWPD y 25 de GOR, una presión de 90 psig y temperatura de 145 °F (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.3.2 Sistema de Separación de Crudo y Agua**

Los Separadores de Producción tendrán como función realizar la separación de las fases de crudo, agua y gas. Para la fase de crudo separado, se prevé una reducción de %BSW desde 80% – 90% hasta 10% – 20%, correspondiente al agua libre presente en el crudo. El resto de agua presente se encuentra como emulsión dura, la cual será retirada en la etapa posterior de tratamiento, junto con las sales presentes en el fluido (90,000 ppm) (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.3.3 Sistema de Tratamiento de Crudo**

La corriente proveniente de los separadores se mezcla con la corriente de recirculación de agua producida enviada desde los tres desaladores por medio de bombas, con un flujo de hasta 1,870 BPD y una temperatura de 215 °F, para su ingreso a los tres Tratadores Térmicos, a una temperatura de 175 °F, que tendrá como función romper la emulsión dura mediante el calentamiento del crudo hasta una temperatura de 240 °F y obtener un crudo con 2% BSW y 43,850 ppm aproximado de contenido de sales (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

El crudo a la salida de los Tratadores Térmicos se mezcla con una corriente de agua fresca, proveniente de los Intercambiadores de Calor (7 en total) con un flujo de hasta 1,800 BPD aproximadamente y una temperatura de 184 °F, para posteriormente ingresar a los desaladores que tendrán como función reducir las sales en el crudo y obtenerlo con un máximo de 1% de BSW y 2,825 ppm de contenido de sales (10 PTB máximo) (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.3.4 Sistema de Almacenamiento y Exportación de Crudo**

El crudo tratado y en especificación se envía a uno de los cuatro tanques de Almacenamiento previo intercambio de calor con la corriente de agua fresca en el Intercambiador de Calor para posteriormente ser bombeado hacia el muelle como crudo de exportación, a un rate de 60,000 BOPD. El crudo fuera de especificación es enviado a otro de estos tanques, para luego ser bombeado a un rate de 3,000 BOPD y ser reprocesado (junto al crudo proveniente de separadores) en los Tratadores Térmicos (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.3.5 Sistema de Tratamiento y Almacenamiento de Agua**

El agua producida de los Separadores de Producción se mezcla con el agua producida de los Tratadores Térmicos y se envía al sistema de tratamiento de agua, conformado por dos Botas Desgasificadoras, dos Tanques Skimmers y dos Tanques de Reposo para su posterior reinyección a pozos (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.3.6 Sistema de Inyección de Agua**

El agua producida proveniente de los tanques de reposo es enviada a las Bombas Booster (3 en total), que incrementan la presión lo suficiente (más de 100 psig) para enviar el agua producida a las bombas de reinyección (7 en total), las cuales envían dicha corriente a los pozos 2WD y 3WD a un flujo de 40,000 BWPD por pozo y una presión superior a los 2,000 psig (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

## **1.2.4 Servicios auxiliares o industriales del área de producción**

### **1.2.4.1 Sistema de Diluyente**

El nuevo sistema de diluyente está conformado por un tanque y 4 bombas los cuales permiten disponer de diluyente para luego ser inyectado en la corriente de crudo aguas arriba (de los tratadores térmicos y desaladores) y en la troncal de crudo que se envía a los tanques de almacenamiento (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

### **1.2.4.2 Sistema de Inyección de Químicos**

El sistema de inyección de químicos del CPF1 y CPF2 está conformado por 15 recipientes y 30 bombas de 2 cabezas los cuales son utilizados para almacenar y bombear los siguientes químicos: antiespumante, anticorrosivo, antiescala, desemusificante, clarificador, surfactante, biocida y coagulante (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

### **1.2.4.3 Sistema de Aire de Instrumentos**

El sistema de aire de instrumentos es un skid conformado por compresores, secadores, filtros y un recipiente que actúa como pulmón de aire. A la descarga de dicho skid se considera la utilización de nuevas tuberías troncales y ramales, cuya función es alimentar de aire a los instrumentos de los equipos que conforman el CPF1 y CPF2 (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

### **1.2.4.4 Sistema de Gas de Blanketing (Nitrógeno)**

El sistema de gas de blanketing existente es similar al sistema de aire de instrumentos, el cual es un skid conformado por compresores, secados, filtros y un recipiente que actúa como pulmón de aire, pero, en adición cuenta con un sistema de generación de nitrógeno y un recipiente pulmón de nitrógeno. A la descarga de dicho skid se considera la utilización de nuevas tuberías troncales y ramales, cuya función es alimentar de nitrógeno como gas de blanketing a los separadores, tratadores térmicos, tanques skimmer y tanques de reposo (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.4.5 Sistema de Combustible (Diesel)**

El sistema de diésel combustible está conformado por 8 tanques de almacenamiento y 2 bombas. Estas bombas envían diésel combustible al sistema de generación eléctrica y a los tanques diarios de diésel de los tratadores térmicos (3 en total – uno por cada tratador) (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.4.6 Sistema de Drenajes**

El sistema de drenajes del CPF1 y CPF2 es independiente del sistema del EPF2, pero cuenta con una configuración similar. Este sistema está conformado por sendas, tuberías troncales y ramales, provenientes de los recipientes, tanques y bombas que conforman el CPF1 y CPF2, salvo de las bombas de crudo (3 en total) debido al bajo caudal de drenado y a la alta viscosidad de este a temperatura ambiente (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

Los drenajes de dichos equipos confluyen en los tres tanques sumideros donde se reciben hasta alcanzar el nivel máximo y ser enviados a reproceso (aguas arriba de los separadores trifásicos) por medio de sendas bombas verticales sumergibles (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.4.7 Sistema de Agua Fresca**

El sistema de agua fresca está conformado por 6 tanques de almacenamiento y 4 bombas. Estas bombas envían agua fresca hacia el calentador. Para el CPF1 y CPF2 se considera la utilización de dos nuevas troncales, las cuales serán utilizadas para proveer de agua fresca (a partir del sistema existente) a los desaladores, pasando previamente por los intercambiadores de calor agua fresca – crudo y agua fresca - agua producida (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.4.8 Sistema de Alivio de Presión y Flare**

El sistema de alivio de presión y flare está conformado por un depurador de gas, un recipiente KOD y un Flare Stack. Este sistema se encarga de aliviar la presión de los equipos que conforman el EPF2 en caso de

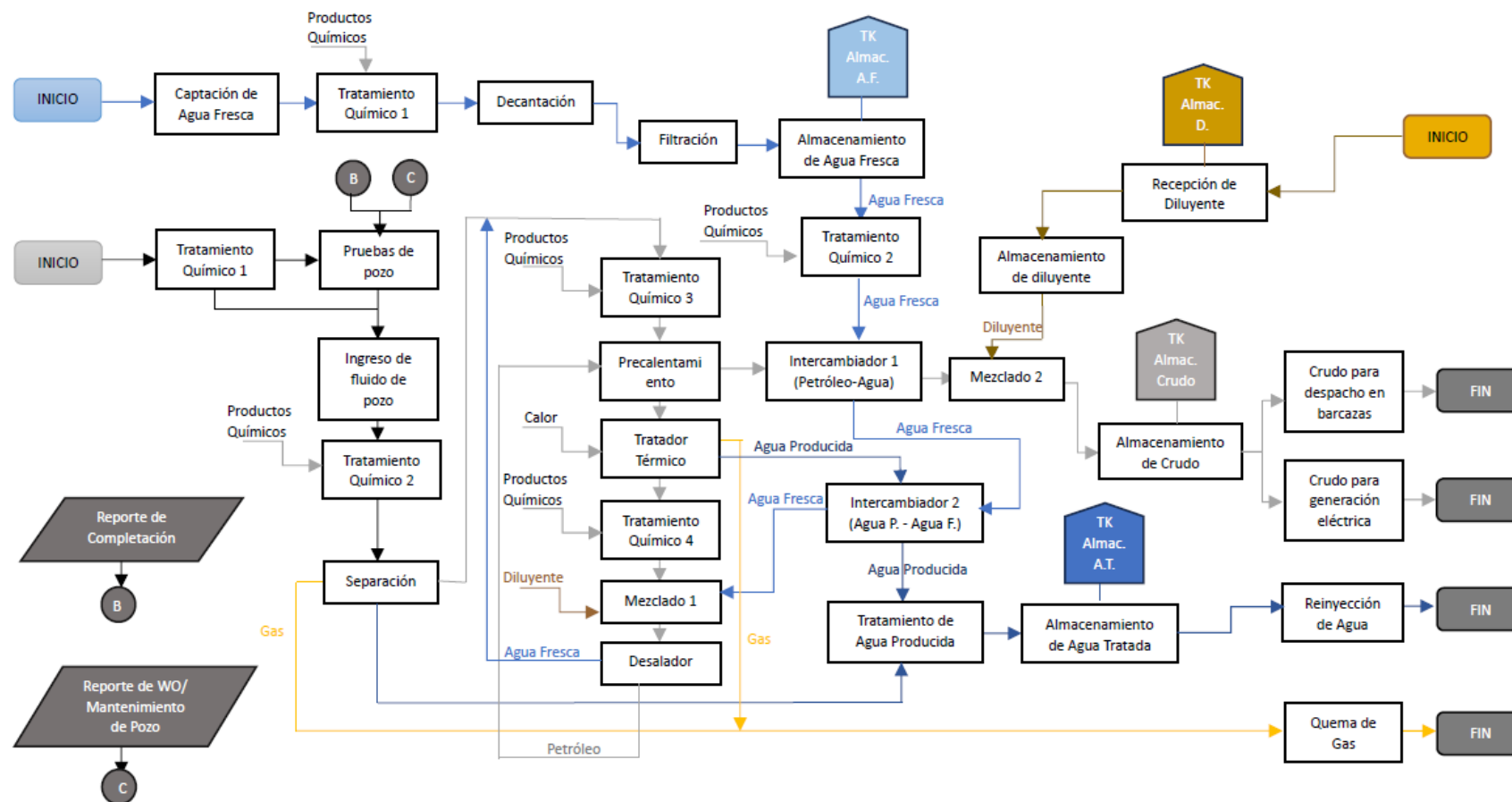
sobrepresión por alguna anomalía en el proceso o en caso de emergencia, ya sea por fuego o por otro factor externo al proceso (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

Así también, este sistema se usa actualmente para quemar el gas producido del EPF2, debido a que la cantidad de gas producido es muy baja como para aprovecharla en alguna parte del proceso. Por esta razón, las tuberías de gas producido de los separadores y de los tratadores térmicos también se conectan de forma similar a dicho sistema (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

#### **1.2.4.9 Sistema de Recuperación de Líquidos y Venteo**

El sistema de recuperación de líquidos y venteo está conformado por los equipos existentes F/S: Bota desgasificadora y Tanque Slop, los cuales se ubican cerca del flare stack existente. Este sistema permite recuperar los líquidos y ventear los gases, provenientes de los alivios de los equipos que conforman el CPF1 y CPF2. Los líquidos se almacenan en el tanque para luego ser transferidos a un camión cisterna por medio de una motobomba, mientras que los gases se envían al stack de venteo (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2022).

Figura 2. Diagrama del macroproceso de producción – Petrotal Perú S.R.L.



Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Información tesista [PDF] (2022).



## 1.2.5 Características del crudo producido, crudo procesado y agua producida

### 1.2.5.1 Crudo producido

Tabla 1. Características del Crudo Producido

PARÁMETRO	VALOR
°API	18.6
Sp-Gr	0.942
Peso Molecular	473.00
GOR, scf/bbl	25 (Nota)
%BSW	20.0
Saturados, wt%	52.2
Aromáticos, wt%	25.0
Resinas, wt%	19.7
Asfaltenos, wt%	0.3
UOP, K Factor	10.87
Flash Point, °C	39
Azufre, m/m%	0.4 - 0.5

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Información tesista [PDF] (2022).

Nota: La viscosidad de 650cSt es específica cuando el comprador del crudo es la Refinería de Talara, con otros clientes no se ajusta la viscosidad.

Tabla 2. Viscosidad del Crudo Producido

TEMPERATURA, °C	VISCOSIDAD, cP/cSt
15.6	2,899.0/-
26.7	1,150.0/-
37.8	464.6/-
48.9	218.0/-
50.0	-/179.5
60.0	-/101.2
70.0	-/62.6
80.0	-/42.30
100.0	-/19.97
110.0	-/13.66
120.0	-/10.02

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Información tesista [PDF] (2022).

### 1.2.5.2 Agua producida

Tabla 3. Características del Agua Producida

PARÁMETRO	VALOR	
Densidad @ 15.56°C, g/cm <sup>3</sup>	1.05589	
pH @ 23.0°C	6.44	
Salinidad NaCl, ppm	90,000.00	
Total, de Sólidos Disueltos, mg/l	101,000.00	
Total, de Sólidos Suspendidos, mg/l	177.00	
Contenido de aceite en agua, ppm	300	
Viscosidad, cP	17.0 °C	1.33
	80.0 °C	0.49
	96.1 °C	0.40

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Información tesista [PDF] (2022).

### 1.2.5.3 Crudo procesado

Tabla 4. Características del Crudo Procesado

PARÁMETRO	VALOR
°API @ 15.56°C (60°F)	18.5 mínimo
%BSW	1.0 máximo
Salinidad, PTB	10.0 máximo
Viscosidad @ 25 °C	650.0 máximo (Nota)

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Información tesista [PDF] (2022).

Nota: La viscosidad de 650cSt es específica cuando el comprador del crudo es la Refinería de Talara, con otros clientes no se ajusta la viscosidad.

### 1.2.6 Manejo de los residuos sólidos peligrosos generados en el proceso de producción

La empresa cuenta con un programa de manejo de residuos sólidos, que establece los lineamientos generales para realizar la gestión de los residuos sólidos desde su generación, recolección, clasificación, almacenamiento central, transporte y disposición final, considerando los criterios de minimización en el origen; basado en el cumplimiento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo N° 1278), y

su Reglamento (D.S. N° 014-2017-MINAM) (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

#### **1.2.6.1 Acciones y medidas desarrolladas.**

Los desechos peligrosos generados por las actividades de perforación, completación y pruebas de pozos, y mantenimiento de equipos/maquinarias son temporalmente almacenados en el campamento para luego ser entregados a una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS) (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).



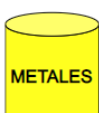



Las cenizas con 1 % de TPH obtenidas del proceso de Unidad de Desorción Térmica (UDT) son ensacadas y almacenadas en el área de residuos Peligrosos, para luego ser entregadas a una EO-RS autorizada para su disposición final (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

Los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos industriales generados en las plataformas de perforación son almacenados en un área debidamente acondicionada y techada, el piso está cubierto por una geomembrana (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

#### **1.2.6.2 Clasificación de los residuos**

PetroTal basa su clasificación de residuos en dos (02) categorías: Residuos Peligrosos y Residuos No Peligrosos. Posteriormente, estos son subclasificados según lo establecido en la norma técnica peruana NTP 900.058 (2005), adoptando para los dispositivos de almacenamiento, el siguiente sistema de código de colores (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

Tabla 5. Código de colores

Residuos	Tipo de Residuo	Contenedor	Ejemplos
No peligroso	Orgánico	Marrón 	Residuos de comida, jardinería o similares.
	Vidrio	Verde 	Botellas de bebida gaseosa, vasos, envases de alimentos, perfumes, etc.
	Metales	Amarillo 	Chatarra de hierro, acero y cobre, chapas, vigas, barras, latas, pernos.
	Papel y Cartón	Azul 	Periódicos, revistas, folletos, catálogos, impresiones, sobres, fotocopias, caja de cartón, etc.
	Plástico	Blanco 	Envases de alimentos, vasos, platos y cubiertos descartables, botellas, empaques, bolsas.
Peligroso	Peligroso	Rojo 	Tierra contaminada, lodos del sistema de tratamiento de aguas residuales, pilas, baterías, grasas, paños y trapos contaminados con hidrocarburos, filtros de aceites y aire, aerosoles, recipientes contaminados, solventes, aceites usados, combustible contaminado, residuos médicos y focos inservibles.

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L.- 5.0 ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL (2019a).

El generador interno del residuo debe identificarlo y clasificarlo conforme al código de colores establecido. Cada vez que se haga una entrega de residuos al área de almacenamiento central de la instalación, se debe emitir una guía de remisión de estos residuos, completando todos los datos consignados (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

### 1.2.6.3 Residuos peligrosos generados

Tabla 6. Residuos peligrosos generados durante la etapa de operación.

Etapa	Actividades a desarrollar	Tipo de residuos	Descripción
OPERACIÓN	Actividades de mantenimiento en la locación de producción, CPF, e instalaciones de superficie.	<b>Peligrosos no Reaprovechables</b>	Trapos contaminados, varillas de soldaduras, envases contaminados con desechos químicos, envases contaminados con hidrocarburos, plásticos contaminados (galoneras, precintos), tierra contaminada, filtros contaminados, restos de productos químicos, fluorescentes, baterías de plomo, ácido, níquel, cadmio, etc., pilas, marcadores, tóner, desechos de pinturas y solventes (líquidos diluyentes), residuos médicos, residuos de los servicios higiénicos
		<b>Peligrosos Reaprovechables</b>	Aceite usado, combustible usado, agua con hidrocarburos, otros.

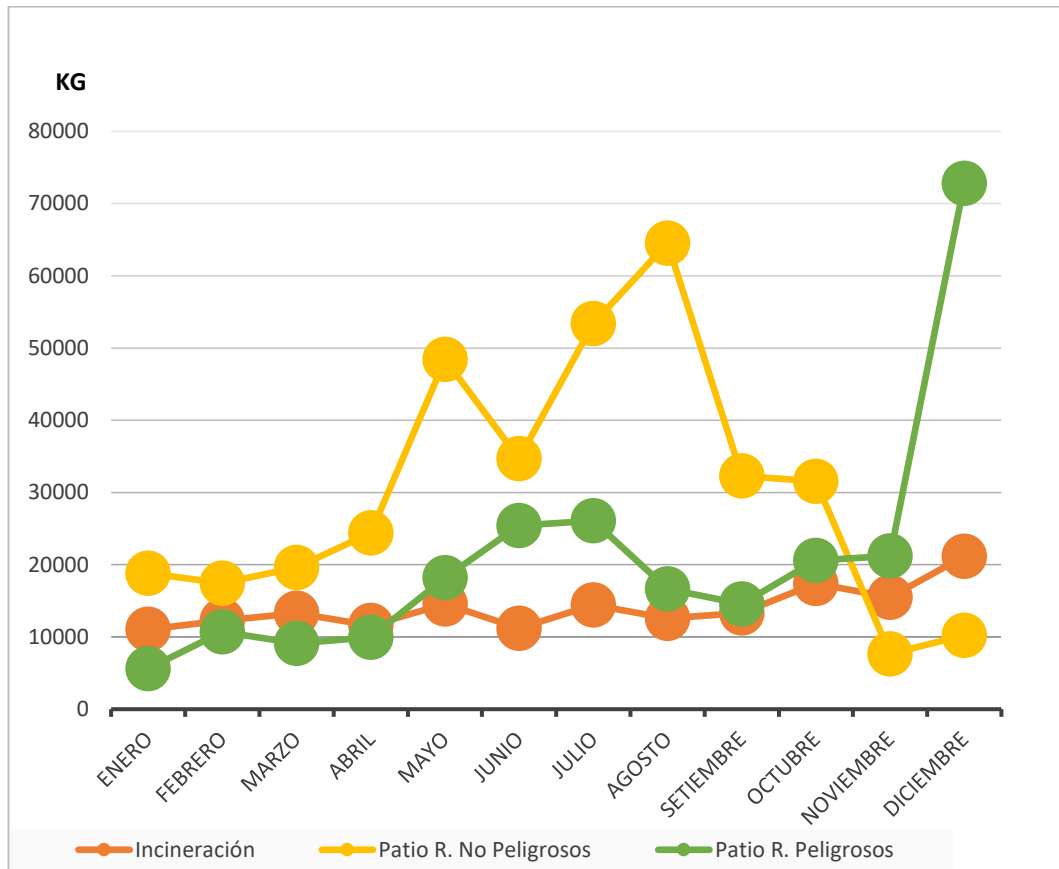
Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L.- 5.0 ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL (2019a).

Tabla 7. Registro mensual de manejo de residuos sólidos por lugar de disposición final. Año 2022

MESES	Incineración (kg)	Patio R. No Peligrosos (kg)	Patio R. Peligrosos (kg)	Total recolectado (kg)
Enero	11057	18838	5618	35513
Febrero	12260	17431	10704	40395
Marzo	13274	19617	9108	41999
Abril	11591	24390	9981	45962
Mayo	14549	48438	18198	81185
Junio	11217	34704	25436	71357
Julio	14431	53374	26092	93897
Agosto	12578	64529	16666	93773
Setiembre	13347	32308	14552	60207
Octubre	17395	31563	20599	69557
Noviembre	15504	7668	21238	44410
Diciembre	21179	10221	72793	104193
<b>TOTAL</b>	<b>36683</b>	<b>17889</b>	<b>94031</b>	<b>148603</b>

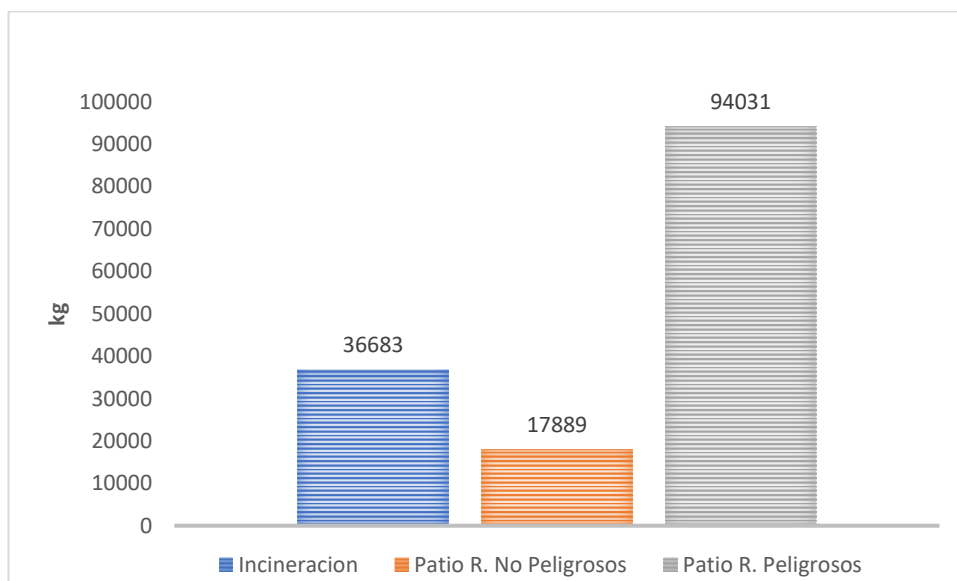
Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)

Figura 3. Registro mensual de manejo de residuos sólidos por lugar de disposición final. Año 2022



Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)

Figura 4. Residuos sólidos por lugar de disposición final. Año 2022



Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)

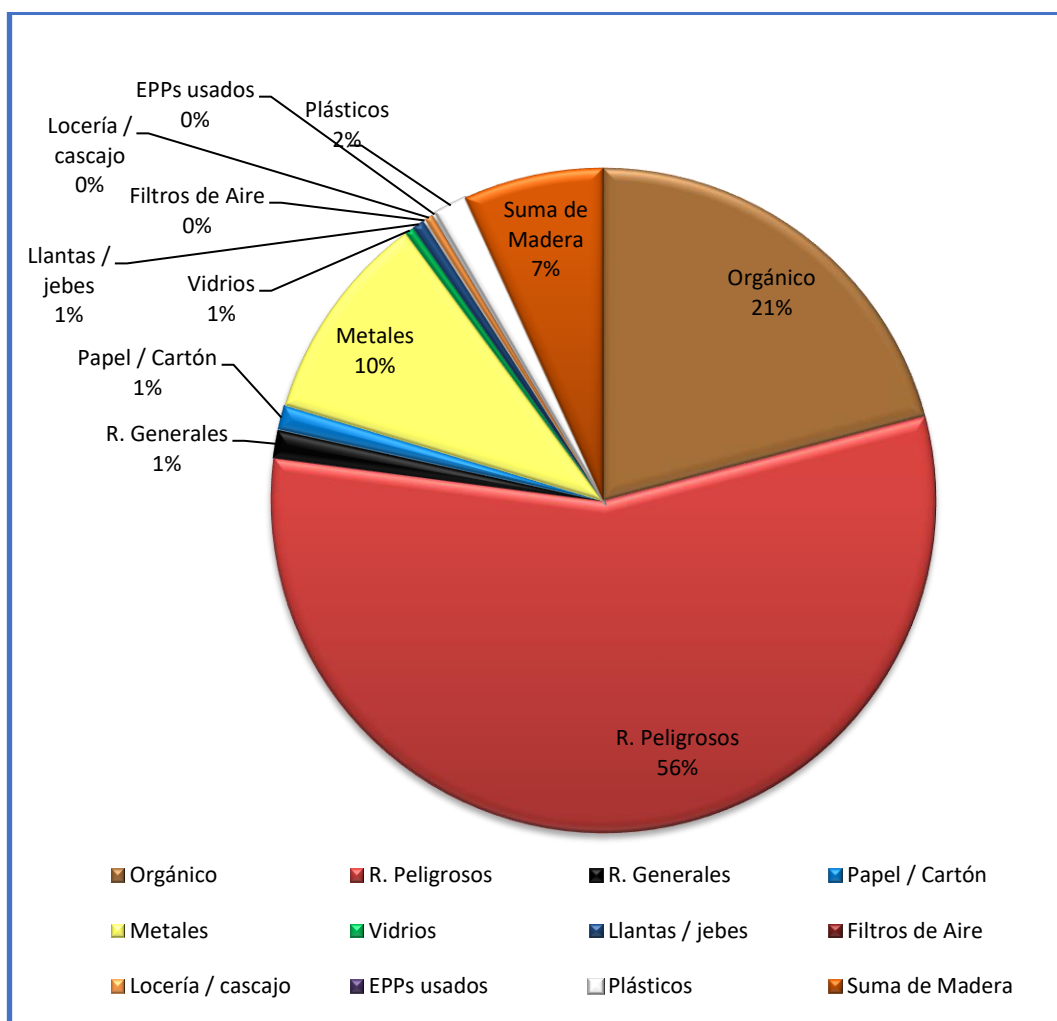
**Tabla 8. Generación mensual por tipo de residuo. Año 2022**

Tipo de Residuo	Enero (kg)	Febrero (kg)	Marzo (kg)	Abril (kg)	Mayo (kg)	Junio (kg)	Julio (kg)	Agosto (kg)	Septiembre (kg)	Octubre (kg)	Noviembre (kg)	Diciembre (kg)
Orgánico	11057	12260	13274	11591	14549	11217	14431	12578	13347	17395	13424	18329
R. Peligrosos	18838	17431	19617	24390	48438	34704	53374	64529	32308	31563	21238	72793
R. Generales	412	1443	434	865	1049	328	920	1560	267	1726	432	1262
Papel / Cartón	508	519	630	1291	1195	725	617	635	715	874	637	1071
Metales	2953	2987	3280	2126	6481	12481	12402	6788	8103	10474	4323	7707
Vidrios	50	94	155	0	0	140	1905	0	0	150	903	183
Llantas / jebes	149	132	975	651	56	367	301	800	800	0	406	8
Filtros de Aire	43	52	44	44	10	0	86	48	47	52	105	80
Locería / cascajo	0	0	0	0	90	45	0	0	0	560	1080	1478
EPPs usados	0	92	65	90	0	131	86	364	163	270	108	155
Plásticos	563	660	711	1509	1120	703	1345	1150	784	1461	1754	610
Suma de Madera	940	4725	2814	3405	8197	10516	8430	5321	3673	5032	108	0
<b>TOTAL</b>	<b>35513</b>	<b>40395</b>	<b>41999</b>	<b>45962</b>	<b>81185</b>	<b>71357</b>	<b>93897</b>	<b>93773</b>	<b>60207</b>	<b>69557</b>	<b>44518</b>	<b>103676</b>

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)



Figura 5. Generación mensual por tipo de residuos. Año 2022



Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)

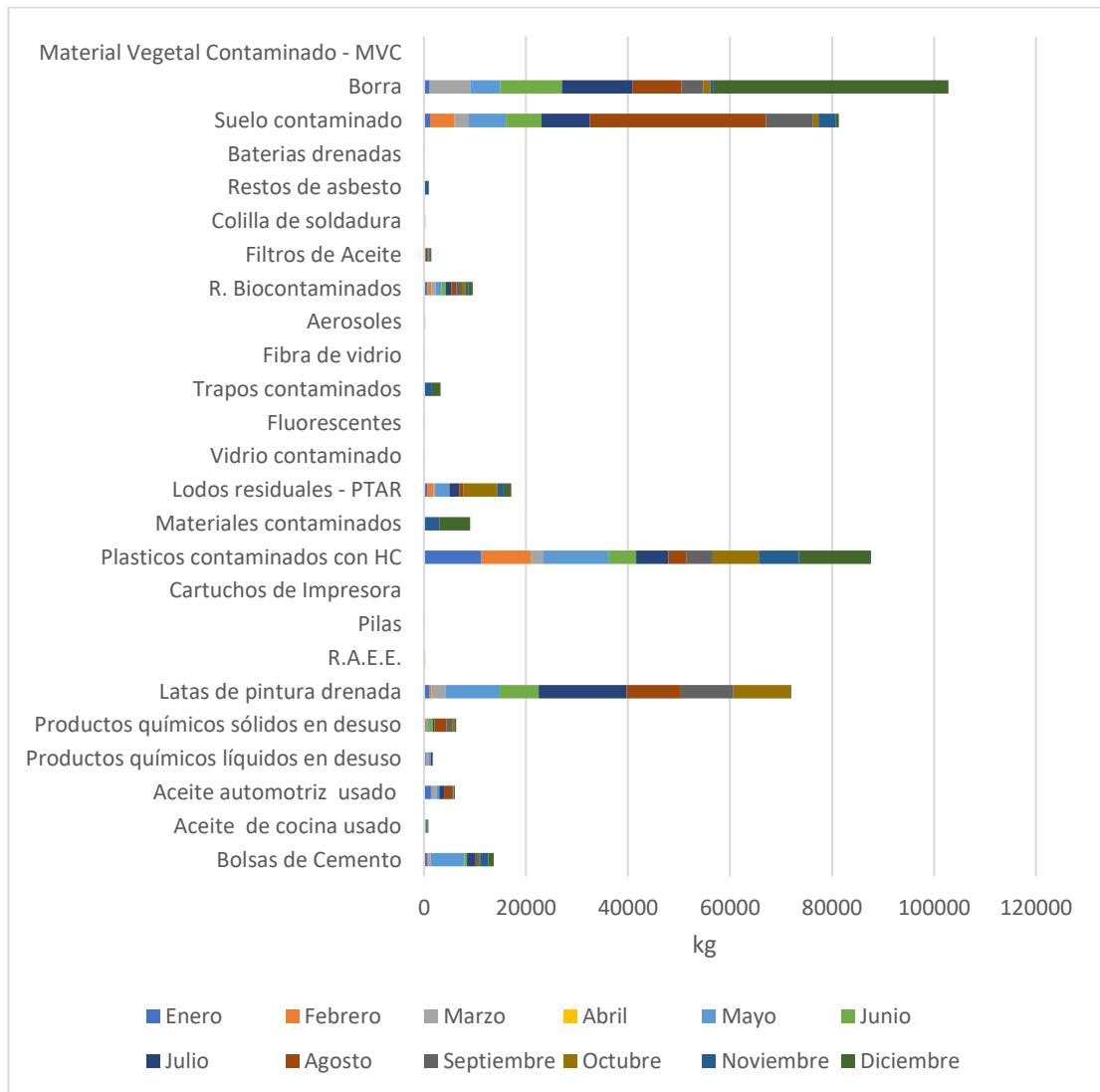
Tabla 9. Generación mensual residuos sólidos peligrosos. Año 2022

RESIDUO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL (kg)
Bolsas de Cemento	585	229	500	0	6580	536	1655	270	400	200	1667	1080	13702
Aceite de cocina usado	38	38	226	0	79	0	175	0	76	73	84	95	884
Aceite automotriz usado	1388	0	1028	0	560	0	972	1564	248	57	19	213	6049
Productos químicos líquidos en desuso	387	0	600	0	360	0	245	14	120	0	0	0	1726
Productos químicos sólidos en desuso	98	315	0	0	327	1016	262	2376	1107	569	200	0	6270
Latas de pintura drenada	1140	334	2722	0	10669	7610	17226	10628	10349	11184	20	135	72017
R.A.E.E.	0	0	0	0	0	0	0	15	145	25	0	0	185
Pilas	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105
Cartuchos de Impresora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plásticos contaminados con HC	11205	9718	2520	0	12711	5448	6314	3555	5138	9017	7845	14171	87642
Materiales contaminados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3015	6047	9062
Lodos residuales - PTAR	608	1223	361	0	2824	0	1900	800	0	6730	1178	1480	17104
Vidrio contaminado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
Fluorescentes	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	40	68
Trapos contaminados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1528	1716	3244
Fibra de vidrio	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Aerosoles	0	2	0	0	100	0	0	0	0	130	0	0	232

RESIDUO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL (kg)
R. Biocontaminados	678	733	919	0	1083	889	1084	935	1086	772	540	839	9558
Filtros de Aceite	229	15	12	0	15	97	301	176	27	330	130	103	1435
Colilla de soldadura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	95	224
Restos de asbesto	66	21	0	0	0	0	0	0	0	0	810	45	942
Baterías drenadas	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	46	59	175
Suelo contaminado	1191	4803	2784	0	7280	7002	9390	34595	9242	1076	3401	569	81333
Borra	1110	0	7945	0	5850	12106	13850	9601	4300	1400	600	46100	102862
Material Vegetal Contaminado - MVC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (Kg)	18,838	17,431	19,617	0	48,438	34,704	53,374	64,529	32,308	31,563	21,238	72,793	414,833

Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)

Figura 6. Generación mensual residuos sólidos peligrosos. Año 2022



Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L. Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022. [EXCEL] (2022a)

## **1.2.7 Tratamiento de residuos peligrosos**

### **1.2.7.1 Cenizas del Incinerador**

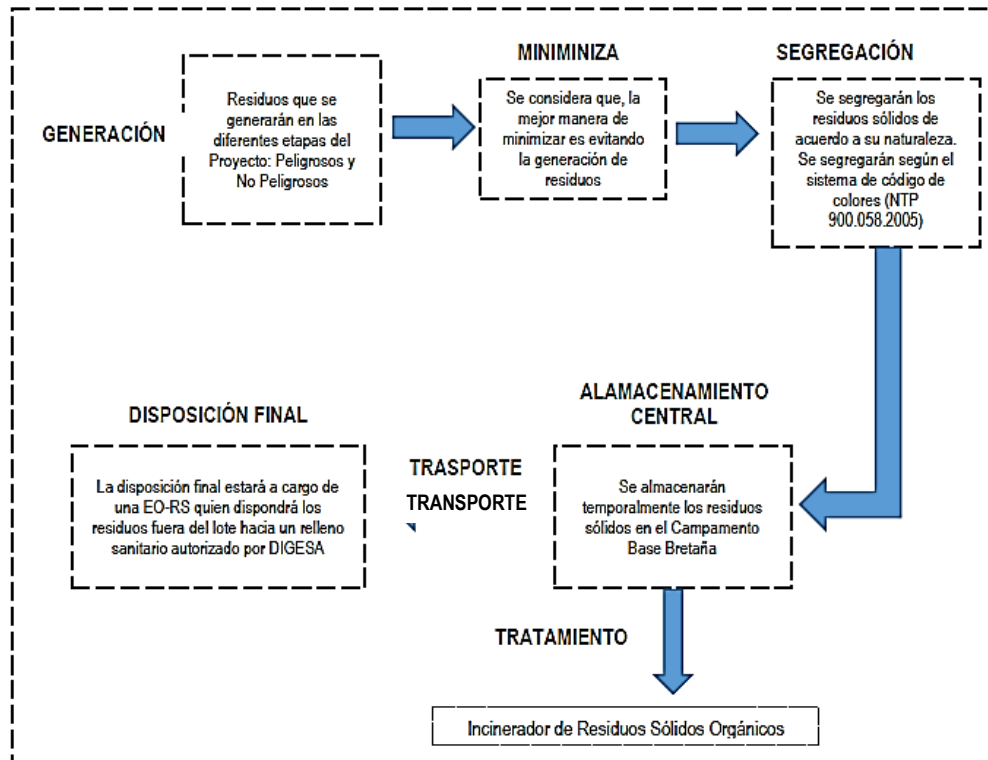
Para el tratamiento y disposición final de las cenizas provenientes del incinerador de residuos orgánicos se consideran los siguientes pasos:

- Retiro de ceniza del incinerador: Se remueven cuidadosamente las cenizas depositadas en el interior del incinerador con ayuda de una pala chata y son depositadas en un recipiente apropiado.
- Humectación para evitar su dispersión: Una vez colocadas las cenizas en el recipiente son humedecidas con agua para evitar su dispersión en el ambiente, una vez llenos los contenedores son cerrados hermética y debidamente rotulados y almacenados en el almacén central para su posterior traslado.
- Traslado y disposición final: Los contenedores llenos de cenizas son trasladados y depositados a través de una EO-RS autorizada (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

### **1.2.7.2 Lodos de los Sistemas de Tratamiento**

- Los lodos o borras, (removidos de los estanques de aguas residuales y sumideros durante los programas de mantenimiento) generados en la CPF se almacenan temporalmente en ella, para su posterior disposición final mediante una EO-RS autorizada (PETROTAL PERÚ S.R.L., 2019a).

Figura 7. Diagrama del proceso de la gestión de residuos sólidos.



Fuente: PETROTAL PERÚ S.R.L.- 5.0 ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL (2019a).

### 1.2.8 Caracterización fisicoquímica

Consiste en obtener información de la sustancia estudiada en lo concerniente a sus propiedades físicas y composición química, sometiendo la sustancia a una perturbación para observar su respuesta con el fin de determinar sus propiedades y/o particularidades (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL).

- Técnica instrumental o de análisis: Proceso científico fundamental, comprobado, que proporciona información de la caracterización de sustancias y/o materiales (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL).
- Método instrumental o de análisis: Dado que las técnicas instrumentales tienen varias aplicaciones, además de la caracterización, es necesario definir el método de análisis. Es decir, la aplicación específica de una técnica de análisis para resolver un determinado problema, siguiendo procedimientos durante la utilización

de un equipó para obtener una informaci3n espec3fica (UNIVERSIDAD TECNOL3GICA NACIONAL).

### 1.2.9 T3cnicas de caracterizaci3n

Dentro de la amplia gama de t3cnicas instrumentales, se presentan aquellas que ser3n empleadas en la presente tesis.

- La gravimetr3a es una t3cnica de an3lisis cuantitativa basada en la determinaci3n de la masa de un compuesto puro con el cual est3 qu3micamente relacionado el analito (SKOOG et al., 2015).
- La espectrometr3a de masas (MS) es una t3cnica anal3tica que se utiliza para identificar la composici3n qu3mica de una muestra midiendo la relaci3n masa-carga de sus iones, lo que da como resultado un espectro de masas que revela la informaci3n molecular y estructural de la muestra. El espectr3metro de masas es un dispositivo que permite analizar con gran precisi3n la composici3n de diferentes elementos qu3micos e is3topos at3micos, separando los n3cleos at3micos en funci3n de su relaci3n entre masa y carga ( $m/q$ ). Puede utilizarse para identificar los diferentes elementos qu3micos que forman un compuesto, o para determinar el contenido isot3pico de diferentes elementos en un mismo compuesto. Con frecuencia se encuentra como detector de un cromat3grafo de gases, en una t3cnica h3brida conocida por sus iniciales en ingl3s, GC-MS (WIKIPEDIA, 2005).
- Cromatograf3a de gases (CG) es una t3cnica de an3lisis muy utilizada en el laboratorio para separar los diferentes compuestos vol3tiles de una muestra. La fase m3vil es un gas inerte, como nitr3geno o helio, que transporta la muestra volatilizada en el inyector a trav3s de la columna cromatogr3fica. La fase estacionaria generalmente est3 constituida por una columna de metil polisiloxano o derivados de 3ste. Los diferentes compuestos se separan en funci3n de su grado de volatilidad y su afinidad por la fase estacionaria (UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID).
- El detector de ionizaci3n de llama (FID) es uno de los detectores m3s utilizados en la cromatograf3a de gases debido a su alta versatilidad, lo

que hace posible la detección de un elevado tipo de compuestos (UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID).

- El plasma acoplado inductivamente (ICP) es una técnica de análisis inorgánico elemental e isotópico capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica en un rango dinámico lineal de 6 órdenes de magnitud (ng/L – mg/L). Esta técnica se utiliza en el laboratorio para analizar muchos elementos simultáneamente, con niveles de detección extremadamente bajos. El ICP se forma ionizando una corriente que fluye de gas argón, produciendo iones que emiten luz a diferentes longitudes de onda características que luego serán medidas (CARBUROS METÁLICOS GRUPO AIR PRODUCTS).

Tabla 10. TÉCNICAS INSTRUMENTALES DE CARACTERIZACIÓN

Técnica	Principio	Ventajas	Limitaciones
Gravimetría	Medición de masa	Precisión y sensibilidad alta. Amplia aplicabilidad.	Tiempo de análisis prolongado. Requiere manipulación cuidadosa de las muestras.
Espectrometría de masas	Medición de masa de iones	Alta sensibilidad y selectividad. Amplio rango dinámico.	Requiere alto vacío, lo que puede ser costoso y complicado de mantener.
Espectrometría ICP-MS	Medición de masas y cargas de iones	Sensibilidad extremadamente alta. Múltiplemente aplicable para metales y no metales.	Equipamiento costoso. Requiere entrenamiento especializado.
Espectrometría ICP-OES	Emisión de plasma inducido por ICP	Alta sensibilidad y rango dinámico. Múltiplemente aplicable para una variedad de elementos.	Sensible a interferencias espectrales. Requiere calibración frecuente.
Cromatografía de gases FID	Detección de compuestos basada en ionización de llama	Alta sensibilidad para compuestos orgánicos. Ampliamente utilizada en análisis de hidrocarburos.	Limitada a compuestos que se pueden vaporizar sin descomponerse.
Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas	Separación y detección de compuestos basada en masa	Alta resolución y sensibilidad. Amplia aplicabilidad para compuestos orgánicos.	Costoso equipo. Requiere mantenimiento y calibración regulares. Sensible a contaminación de la muestra.
Análisis elemental	Determinación de la composición elemental de una muestra	Amplia aplicabilidad para varios elementos.	Sensible a interferencias de matriz. Requiere calibración y validación adecuadas.

Fuente: Elaboración propia. La autora.



### **1.2.10 Borra de petróleo**

La borra de petróleo es un residuo clasificado como peligroso de acuerdo con la normativa peruana (MINAM, 2022). Las borras son masas densas, viscosas con valores inferiores a 10 grados API, difíciles de bombear, que se depositan en el fondo de los tanques (CARRASCO y ORE, 2000), definidas como una emulsión de agua, hidrocarburos de petróleo y partículas sólidas (HE et al., 2023) con características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad y patogenicidad (DORNELAS et al., 2019). Las borras de hidrocarburo se forman por la acumulación durante un tiempo prolongado del petróleo en los tanques o tuberías.

#### **1.2.10.1 Formación de sedimentos**

Se considera estable a un aceite residual cuando no genera lodos durante su almacenamiento y manejo. Es decir, no hay apilamiento o interacción entre las micelas formadas de los asfaltenos. Esto se debe a su propiedad de aromaticidad, es decir el tipo y número de moléculas aromáticas presentes en la fase aceitosa, con un nivel bajo de esta propiedad, las micelas tienden a aglomerarse y a formar lodo y sedimento (ALVARADO y LAZO, 2014).

Frecuentemente, se forman sedimentos por los compuestos inorgánicos presentes en el petróleo, pero estos también pueden originarse por los componentes inherentes del crudo tales como las metalporfirinas o por contaminación del crudo durante su transporte por ductos o bombas, con hierro y otros metales (ALVARADO y LAZO, 2014).

#### **1.2.10.2 Composición**

Las borras de petróleo se producen de hidrocarburos almacenados en el fondo de los tanques que sufren un envejecimiento debido a procesos físicos, químicos y biológicos que alteran sus propiedades, como viscosidad, densidad y contenido de carbón, ocasionando su precipitación. A esto se añade, el oxígeno atmosférico que reacciona con los compuestos insaturados dando origen a emulsiones en el agua. De igual manera, esto es favorecido

por la presencia de complejos metálicos, azufre, oxígeno y nitrógeno. (ALVARADO y LAZO, 2014).

Este residuo contiene variedad de sólidos o impurezas mecánicas, tales como arena, arcilla, metales pesados y residuos de reactivos químicos (demulsificantes, inhibidores, etc.). La composición de la borra es inherente a la fuente de donde proviene y del proceso utilizado en su tratamiento (ALVARADO y LAZO, 2014).

Las borras presentan diversas apariencias y composiciones. En 2015, se realizó un estudio donde se extrajeron borras de estanques de almacenamiento a diferentes profundidades que contaban con diversas composiciones químicas y propiedades físicas (VDOVENKO et al., 2015).

- Lodos de capa superior (PS1).
- Lodos frescos (PS2).
- Lodos emulsivos (PS3).
- Lodos en suspensión (PS4).
- Lodos bituminosos (PS5).

Tabla 11. Composición de las borras de petróleo

COMPOSICIÓN % en peso	NÚMERO DE MUESTRA				
	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5
Agua	2.5	38.7	26.9	12.6	6.1
Impurezas mecánicas	0.3	5.3	12.2	24.9	28.7
Materia orgánica	97.2	56.0	60.9	62.5	65.2

Fuente: VDOVENKO et al. (2015).

Tabla 12. Propiedades fisicoquímicas de la materia orgánica de las borras de petróleo

INDICADOR	VALOR				
	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5
Densidad a 293 K, g/cm	912	924	932	946	958
Viscosidad específica a 353 K	3.3	6.5	8.9	12.4	14.9
Viscosidad específica a 373 K	1.2	2.5	3.1	3.5	3.8
Contenido de impurezas mecánicas, % en peso.	trazas	trazas	trazas	trazas	trazas
Contenido de agua, % en peso	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6
Contenido de azufre, mg/kg	9100	10600	10900	11500	13400
Punto de congelación, K	266	272	281	287	294
Punto de inflamación, K	352	364	387	410	468
Capacidad de coquización, % en peso	2.3	4.1	5.7	7.3	8.9
Contenido de cenizas, % en peso	0.18	0.21	0.24	0.26	0.38
Contenido fraccional:					
hervido hasta 473 K, % en peso	4.2	2.3	1.8	1.2	0.3
hervido hasta 623 K, % en peso	25.7	18.7	16.4	13.1	8.2

Fuente: VDOVENKO et al. (2015).

Nota: Las muestras se tomaron a lo largo de la profundidad del estanque de almacenamiento, de modo que la muestra PS1 se tomó en la superficie y la muestra PS5 en la parte inferior, respectivamente.

### 1.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Borra de Petróleo**

Residuos de los tanques y tuberías de la industria del petróleo, formados después de largos periodos, por sedimentación y agregación de sus constituyentes (UGAZ, 2020). Conformada por impurezas mecánicas (arena, arcilla, etc.), una fase acuosa y una fase orgánica (hidrocarburos, compuestos heteroatómicos, alquitrán y asfaltenos) (VDOVENKO et al., 2015).

- **Asfáltenos**

Materiales orgánicos formados por compuestos de anillos aromáticos y nafténicos que contienen moléculas de nitrógeno, azufre y oxígeno. La fracción asfáltica del crudo se define como la parte orgánica del petróleo que no es soluble en solventes de cadena recta, tales como el pentano o el heptano. Los asfaltenos existen como una suspensión coloidal estabilizada por moléculas de resina (sistemas de anillos

aromáticos) en el petróleo (The SLB Energy Glossary. Energy Glossary).

- **Alquitrán**

El alquitrán es un líquido viscoso de color marrón oscuro o negro de hidrocarburos y carbono libre, obtenido a partir de una amplia variedad de materiales orgánicos, como el carbón, madera, petróleo o turba, a través de la destilación seca destructiva (WIKIPEDIA, 2005a)

- **BETX:** Acrónimo que significa benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. Estos compuestos son compuestos orgánicos volátiles (VOC) que se encuentran en el petróleo y en productos derivados del petróleo como la gasolina (INDUANALISIS LABORATORIO AMBIENTAL, 2019).
- **Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH):** Los TPH son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos, originados de petróleo crudo (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1999).
- **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH):** Son compuestos orgánicos que se componen de anillos aromáticos simples que se han unido, y no contienen heteroátomos ni llevan sustituyentes. Los HAP se encuentran en el petróleo, el carbón y en depósitos de alquitrán y también como productos de la utilización de combustibles (ya sean fósiles o biomasa) (Fetzer, J. C., 2000).
- **BWPD:** Abreviatura para barriles de agua por día, unidad común de medida para el volumen diario de agua producida (The SLB Energy Glossary. Energy Glossary).
- **GOR:** Relación del gas producido con respecto al petróleo producido (The SLB Energy Glossary. Energy Glossary).
- **PTB:** Abreviatura de Pounds per Thousand Barrels (lbs/1000 bb.), unidad de medida de la concentración de sal expresado en libras de sal en 1000 barriles (The SLB Energy Glossary. Energy Glossary).
- **Rate:** En la industria petrolera, se refiere a la velocidad de flujo o caudal de un fluido, como el petróleo, a través de un conducto o tubería. Es una medida importante para evaluar la producción y el transporte de hidrocarburos. (The SLB Energy Glossary. Energy Glossary).

## CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

#### 2.1.1 Hipótesis general

Las características químicas de las borras generadas en las actividades petrolera en la locación 2A - Lote 95 varían significativamente en diferentes etapas de producción.

### 2.2 Variables y su operacionalización.

#### 2.2.1 Identificación de variables

Variable Independiente : Etapa de producción

Variable dependiente : Características químicas de las borras

#### 2.2.2 Definición conceptual de la variable

**Etapas de producción:** Fases del proceso mediante las cuales se extrae y trata el petróleo crudo desde su origen en el subsuelo hasta su pase a la siguiente etapa de transporte y refinación.

**Características químicas de las borras:** Composición cualitativa y cuantitativa de los constituyentes de la muestra.

#### 2.2.3 Definición operacional de la variable.

**Etapas de producción:** Etapa identificada en las que se genera la mayor variación en la composición de la borra, ya sea por adición de reactivos o por tiempo de almacenamiento.

**Características químicas de las borras:** características que se observan, concentraciones de azufre total, BETX, materia orgánica total, metales pesados, PAH y TPH.

### 2.2.3 Operacionalización de la variable

Tabla 13. Descripción de variables e indicadores

Variables	Notación	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicadores	Escala de medición	Medios de verificación
Etapas de producción	X	Fases del proceso mediante las cuales se extrae y trata el petróleo crudo desde su origen en el subsuelo hasta su pase a la siguiente etapa de transporte y refinación	<b>Independiente</b> Cualitativa.	Fuente y fechas de generación. Georreferenciación. Apariencia.	Nominal.	Registro de residuos peligros. Registro de Cadena de custodia de las muestras.
Características químicas de las borras	Y	Composición cualitativa y cuantitativa de los constituyentes de la muestra.	<b>Dependientes</b> Cuantitativa.	Métodos de análisis de laboratorio	Razón.	Reportes de análisis de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia. La autora.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 TIPO Y DISEÑO**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

Se realizó un análisis detallado del manejo de residuos sólidos peligrosos generados en el área de producción y del proceso operativo del campamento petrolero Bretaña, con especial énfasis en las características físicas y químicas del crudo debido a que influencia en las propiedades de las borras (información facilitada por PetroTal). Además, se llevó a cabo una visita in situ para recopilar datos de campo. Por consiguiente, este trabajo de investigación se enfoca en un método aplicado con un enfoque cuantitativo, profundizando descriptivamente y adoptando un diseño transversal (MANTEROLA et al., 2019).

#### **3.1.2 Diseño de investigación**

Se obtuvieron muestras representativas para la caracterización de los residuos tipo borras de hidrocarburos generadas en las diferentes etapas del proceso productivo realizado en la Locación 2A- Lote 95. No se introdujo ningún elemento que pueda haber modificado el comportamiento de las variables en estudio. Por tanto, el diseño es no-experimental observacional (MANTEROLA et al., 2019).

### **3.2 DISEÑO MUESTRAL**

#### **3.2.1 Población de estudio**

La población de estudio corresponde a las borras de hidrocarburos generadas en el proceso productivo de extracción de petróleo, de la Empresa PETROTAL, en la Locación 2A del Lote 95.

Al generarse las borras en todo el proceso productivo, se seleccionaron diferentes poblaciones, ubicadas en los diferentes tanques al largo de todo el proceso. Mediante una visita in situ previa, se determinó que el número

de tanques que generan residuos de borra eran 13; también se determinó la ubicación de los puntos de extracción.

### **3.2.2 Muestra**

La muestra fue extraída de diferentes tanques por lo que se consideran diferentes poblaciones. Se determinaron un total de 9 puntos de extracción. La borra se encontraba como sedimento en el fondo de los diferentes tanques, se extrajo una muestra de 1galon por cada punto de muestreo.

#### **Criterios de inclusión:**

Tanques que hayan contenido o contengan crudo con parámetros químicos más diferenciados, en muchos casos debido a la adición de productos químicos; siendo estos puntos representativos de las diferentes etapas del proceso productivo. Se identificaron mediante la revisión de análisis realizados por la empresa.

#### **Criterios exclusión:**

- Tanques limpiados en los últimos 6 meses como mínimo.
- Tanques con crudo con parámetros similares entre ellos, por características químicas.

### **3.2.2 Muestreo**

Se realizó un muestreo no probabilístico basado en la variabilidad de la composición de la borra, en función de la etapa del proceso en la cual se genera. Esto con el fin de obtener la muestra más representativa posible de los diferentes puntos del proceso productivo.

## **3.3 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1 Extracción de muestras**

La extracción fue realizada por personal del laboratorio contratado por PetroTal; AGQ Labs. Esto se debe a su estricta política de seguridad la cual no permite que personas ajenas al área intervengan de ninguna forma en el área de producción (CARRANZA et al., 2022).



Tabla 14. Puntos de extracción

<b>N°</b>	<b>CÓDIGO DE TANQUE</b>	<b>NOMBRE DEL TANQUE</b>	<b>FECHA DE EXTRACCIÓN</b>	<b>HORA DE EXTRACCIÓN</b>	<b>LABORATORIO ENCARGADO</b>
1	T001	VENTA	27/11/2022	14:25	AGQ
2	T300	SUMIDERO	24/11/2022	14:30	AGQ
3	T310	SUMIDERO	27/11/2022	15:30	AGQ
4	1T500A	VENTA	27/11/2022	14:54	AGQ
5	2T500A	VENTA	27/11/2022	15:03	AGQ
6	610A	SKIMMER	27/11/2022	17:19	AGQ
7	620A	REPOSO	27/11/2022	17:37	AGQ
8	T510	SUMIDERO	24/11/2022	15:30	AGQ
9	1T500B	VENTA	27/11/2022	17:11	AGQ

Fuente: AGQ Labs. 20-12-2022. Cadena de custodia (2022).

Los análisis fueron realizados el mismo laboratorio que realizó el muestreo: AGQ Labs, un Centro Tecnológico Químico que brinda servicios en laboratorios de análisis, ensayos avanzados e ingeniería química especializada. Con acreditaciones nacional por INACAL e internacional por IAS que asegura la calidad de sus servicios (AGQ Labs, 2022). Realizó los análisis de azufre total, BETX, materia orgánica total, metales pesados, PAH y TPH.

**Tabla 15. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MÉTODOS DE ANÁLISIS**

PNT / TÉCNICA	ANALITO	OBJETIVO
PEC-012	Materia Orgánica Total.	Este procedimiento interno se basa en BOE-A-1982-1323 ANEXO VII Núm. 3 (a)), que determina la materia orgánica por calcinación tras extraer mediante lavados sucesivos, sustancias que no son materia orgánica (sales amónicas, carbonatos, etc. (ESPAÑA, 1981).
Gravimetría		
EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Metales.	Los Métodos Analíticos Seleccionados para la Remediación y Recuperación Ambiental (SAM, por sus siglas en inglés) de la EPA enumeran el método 3050B para la preparación de muestras sólidas que se analizarán para detectar vanadio total, arsénico, arsina y talio (EPA, 1996).
Espect ICP-MS		SAM enumera el método 6020B para el análisis de muestras sólidas y de limpieza de compuestos que contienen arsénico, osmio, talio y vanadio, y muestras sólidas y de limpieza de compuestos que contienen titanio como componente metálico total (EPA, 2014)
PP-205 Rev.6 2018	Cromo Hexavalente.	Este procedimiento interno es una Digestión Basada en DINEN 15192, un método para la determinación de Cr (VI) en material de desecho sólido y suelo mediante digestión alcalina y cromatografía iónica con detección espectrofotométrica. Este método puede utilizarse para determinar las fracciones másicas de Cr (VI) en sólidos superiores a 0,1 mg/kg (SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2010).
Espect ICP-OES		SAM enumera este método para el análisis de productos orgánicos de la gama diésel, los productos orgánicos de la gama de gasolina y el queroseno en muestras sólidas, no potables, de agua potable y de toallitas (EPA, 2023).
EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28, C28-C40, C5-C10, C5-C40.	SAM enumera este método para el análisis de muestras sólidas de acrilonitrilo, alcohol alílico, disulfuro de carbono, 2-cloroetanol, 1,2-dicloroetano, óxido de etileno, 2-fluoroetanol, acrilonitrilo de metilo, óxido de propileno y 1,4-tioxano; muestras de agua no potable para alcohol alílico, disulfuro de carbono, 2-cloroetanol, 1,2-dicloroetano, óxido de etileno, 2-fluoroetanol, óxido de propileno y 1,4-tioxano; muestras de agua potable para alcohol alílico, 2-cloroetanol, óxido de etileno, 2-fluoroetanol y óxido de propileno; y limpie las muestras de acrilonitrilo, acrilonitrilo de metilo y 1,4-tioxano (EPA, 2006).
Cromat CG FID EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Benceno, Etilbenceno, m,p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.	SAM enumera este método para el análisis de muestras sólidas de acrilonitrilo, alcohol alílico, disulfuro de carbono, 2-cloroetanol, 1,2-dicloroetano, óxido de etileno, 2-fluoroetanol, óxido de propileno y 1,4-tioxano; muestras de agua potable para alcohol alílico, 2-cloroetanol, óxido de etileno, 2-fluoroetanol y óxido de propileno; y limpie las muestras de acrilonitrilo, acrilonitrilo de metilo y 1,4-tioxano (EPA, 2006).
Cromat CG FID		
Cromat CG FID HS		
EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g,h,i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (Suma), Indeno (1,2,3-cd) pireno, Naftaleno, Pireno.	SAM enumera este método para el análisis de muestras sólidas, de agua no potable, de agua potable y/o de toallitas que contienen compuestos orgánicos semivolátiles seleccionados (EPA, 2014).
Cromatog CG/MS-MS		
PE-440	Azúfre Total.	Este procedimiento interno utiliza la técnica analítica basada en la oxidación total de la muestra mediante una combustión instantánea y completa. Los productos de la combustión: CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>x</sub> O <sub>y</sub> y SO <sub>2</sub> , son arrastrados por un gas portador (Helio) hasta sensores individuales y selectivos de dichos productos (CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O y SO <sub>2</sub> .) por celdas de infrarrojos. Estos sensores aseguran una medición rápida y libre de interferencias al instante que se produce la combustión (Laboratorio de Análisis Químico Elemental. UAM).
Anal. Elemental		

Fuente: Elaboración propia. La autora.

### **3.3.2 Parámetros a evaluar**

- Azufre Total
- BETX: Benceno, Etilbenceno, m, p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos.
- Materia Orgánica Total
- Metales Pesados: Arsénico Total, Boro Total, Cadmio Total, Cobre Total, Cromo Hexavalente, Mercurio Total, Plomo Total.
- PAH: Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo (a) antraceno, Benzo (a) pireno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g, h, i) perileno, Benzo (k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo (a, h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs (Suma), Indeno (1,2,3-cd) pireno, Naftaleno, Pireno.
- TPH: Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28, C28-C40, C5-C10, C5-C40.

### **3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para el análisis de los datos recolectados en esta investigación, se emplearon tablas y gráficos generados utilizando Microsoft Excel. Este software fue seleccionado por su capacidad para gestionar y representar de manera eficaz grandes volúmenes de datos, permitiendo una organización sistemática y detallada de la información obtenida durante el estudio, a través tablas; mientras que los gráficos, diseñados según principios de visualización efectiva, facilitan la interpretación visual de patrones identificados en los resultados.

Las tablas elaboradas presentan resúmenes concisos de los datos (resultados de laboratorio), promedios en función del tipo de tanque (de venta, reposo, skimmer, sumidero), comparaciones con datos obtenidos por otros autores y comparaciones con los ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) (MINAM, 2017) para Suelo. Asegurando así una presentación clara y rigurosa de los hallazgos. Esta herramienta resultó fundamental para la elaboración de conclusiones con datos precisos y bien fundamentados, reforzando la robustez metodológica de este estudio de investigación.

### **3.5 ASPECTOS ÉTICOS**

Como tesista de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, declaro que en este trabajo de investigación no existe plagio de ningún tipo; de otro trabajo de tesis, informe, proyecto de investigación o artículo científico. Así mismo, me comprometo a respetar la veracidad de los resultados obtenidos y mantener el resguardo y confidencialidad de los datos e información proporcionada por la Empresa PETROTAL PERÚ S.R.L. antes, durante y después de realizar la investigación titulada "CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE BORRAS DE HIDROCARBUROS GENERADAS EN LA ACTIVIDAD PETROLERA LOCACIÓN 2A LOTE 95". Por lo cual, ante el consentimiento otorgado por la empresa ya mencionada, se hace pública la presente investigación.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se muestran tablas con los resultados de la caracterización química de las borras de hidrocarburo, pertenecientes a los 9 puntos de extracción, generadas en el proceso productivo petrolero en la Locación 2A Lote 95.

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA BORRA

Se presentan tablas con los resultados de la caracterización química, tablas con promedios en función del tipo de tanque (de venta, sumidero, skimmer y reposo), gráficos de dichas tablas y tablas con resultados de otros autores.

#### 4.1.1 Materia Orgánica Total

Se muestran los valores de concentración en % peso de la materia orgánica total, tras el análisis por el método PEC-012 (PROCEDIMIENTO INTERNO), con técnica gravimétrica.

Tabla 16. Concentración de materia orgánica en las borras de hidrocarburo

Parámetro %P/P	T001	T300	T310	1T500A	2T500A	610A	620A	T510	1T500B
Materia Orgánica Total	52,7	60,9	68,6	65,4	66,8	47,3	51,0	55,6	62,9

Fuente: AGQ Labs. 09-01-2023. Informe de Ensayo (2023).

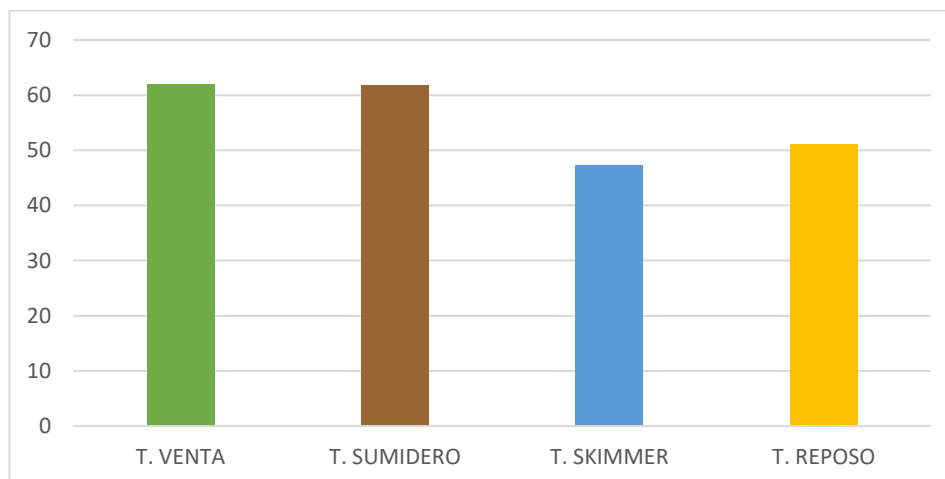
## Análisis de datos

Tabla 17. Promedio de concentración de materia orgánica en función del tipo de tanque

Parámetro %P/P	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO
Materia Orgánica Total	61.95	61.7	47.3	51

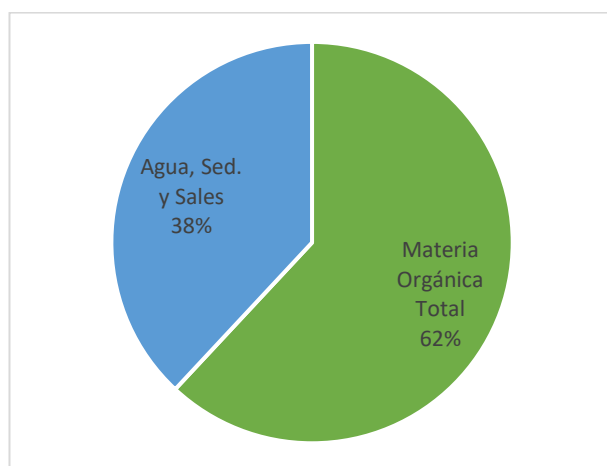
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 8. Concentración de materia orgánica en función del tipo de tanque



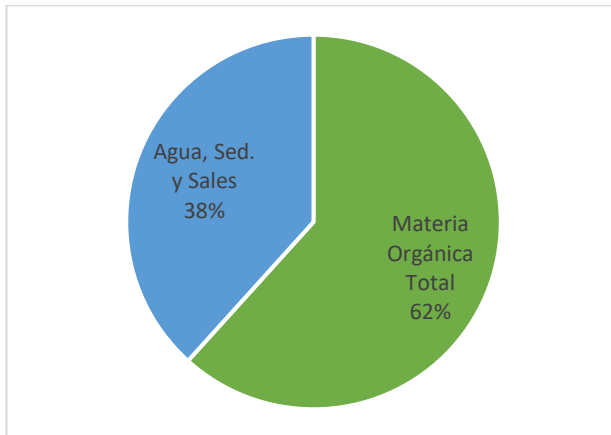
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 9. Concentración de materia orgánica en el tanque de venta



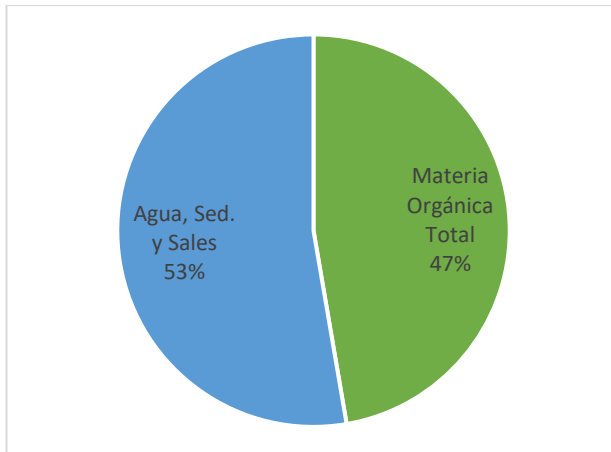
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 10. Concentración de materia orgánica en el tanque sumidero



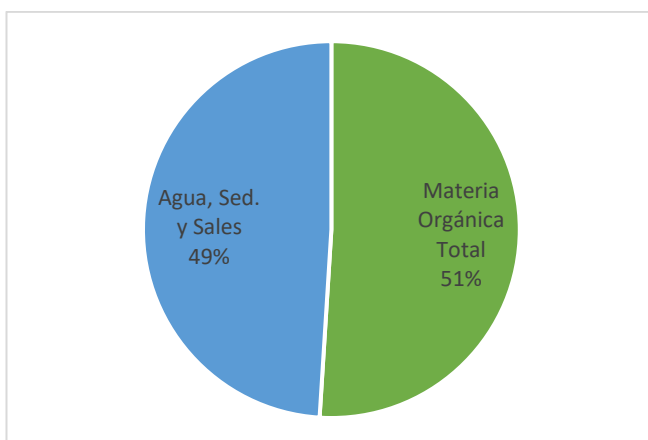
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 11. Concentración de materia orgánica en el tanque skimmer



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 12. Concentración de materia orgánica en el tanque sumidero



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Tabla 18. Concentración de materia orgánica. otros autores

PARÁMETRO %P/P	AUTOR	
	Vdovenko et al. (2015)	Alvarado Urbina (2014)
Materia Orgánica	65.2	29.5

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Nota:

Vdovenko et al. (2015) trabajó con borra proveniente de un crudo pesado.

Alvarado Urbina (2014) trabajó con borra proveniente de un crudo ligero.

#### 4.1.2 Metales Pesados

Todos los elementos enlistados en la Tabla 19 fueron analizados por el método EPA 3050B Rev.2 (1996), para la preparación de la muestra, y el método EPA 6020B Rev.2 (2014) para su análisis, con técnica ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente). A excepción del Cromo hexavalente, que fue analizado por el método PP-205 Rev.6 2018 (PROCEDIMIENTO INTERNO), con técnica de espectroscopía de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES).



Tabla 19. Concentración de metales pesados en las borras de hidrocarburo.

<b>Parámetro Metales Pesados mg/kg PS</b>	<b>T001</b>	<b>T300</b>	<b>T310</b>	<b>1T500A</b>	<b>2T500A</b>	<b>610A</b>	<b>620A</b>	<b>T510</b>	<b>1T500B</b>
Arsénico Total	< 0,01	0,24	7,6	< 0,01	< 0,01	1,7	0,52	0,67	< 0,01
Boro Total	2,29	4,13	19,1	< 0,012	2,08	18,5	20,4	18,1	2,20
Cadmio Total	< 0,0008	< 0,0008	0,2735	< 0,0008	< 0,0008	0,1243	0,0468	0,0362	< 0,0008
Cromo Hexavalente	< 0,1	< 0,1	2	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cromo Total	0,789	1,73	121	0,817	0,791	63,0	16,0	5,93	0,714
Mercurio Total	< 0,01	< 0,01	0,93	< 0,01	< 0,01	0,23	0,11	0,07	< 0,01
Plomo Total	< 0,002	1,07	97,4	< 0,002	< 0,002	26,7	6,33	10,3	< 0,002

Fuente: AGQ Labs. 09-01-2023. Informe de Ensayo (2023).

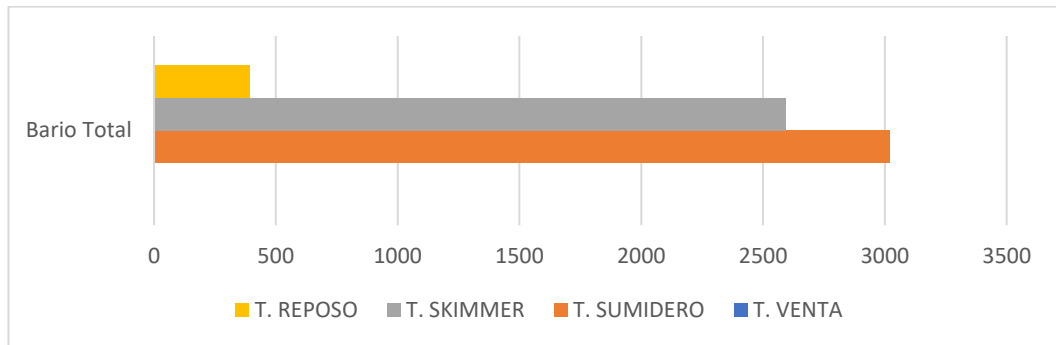
### **Análisis de datos**

Tabla 20. Promedio de concentración de metales pesados en función del tipo de tanque.

<b>Parámetro Metales Pesados mg/kg PS</b>	<b>T. VENTA</b>	<b>T. SUMIDERO</b>	<b>T. SKIMMER</b>	<b>T. REPOSO</b>
Arsénico Total	0.01	2.836666667	1.7	0.52
Bario Total	0.169	3018.666667	2595	394
Cadmio Total	0.0008	0.1035	0.1243	0.0468
Cromo Hexavalente	0.1	0.733333333	0.3	0.1
Cromo Total	0.77775	42.88666667	63	16
Mercurio Total	0.01	0.336666667	0.23	0.11
Plomo Total	0.002	36.25666667	26.7	6.33

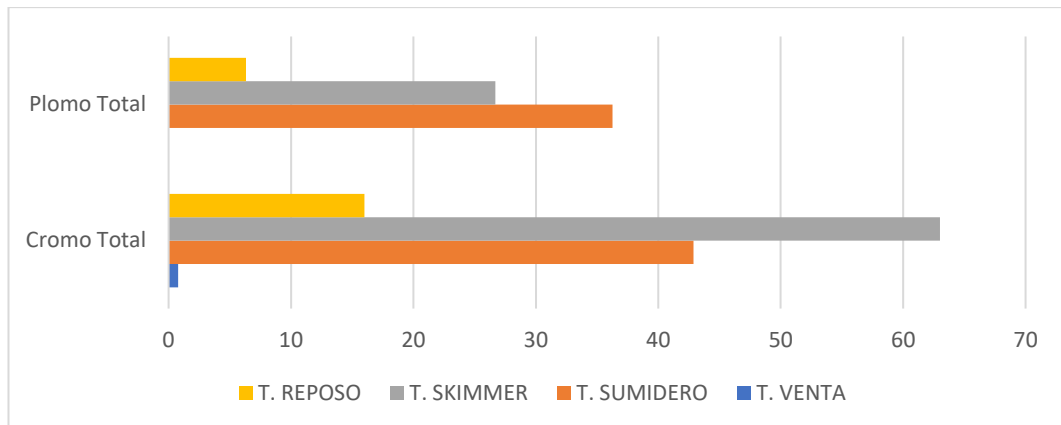
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 13. Concentración de metales pesados en función de la sustancia:  
Bario Total



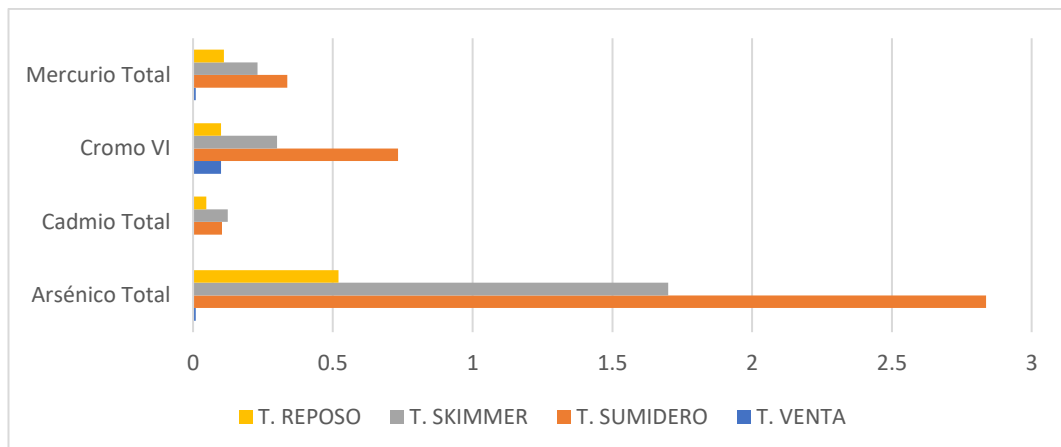
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 14. Concentración de metales pesados en función de la sustancia:  
Plomo Total, Cromo Total



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 15. Concentración de metales pesados en función de la sustancia:  
Mercurio Total, Cromo VI, Cadmio Total, Arsénico Total.



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Tabla 21. Concentración de metales pesados. otros autores

PARÁMETRO mg/kg	AUTOR	
	Ugaz Llontop (2019)	Carrasco M.; Ore J. (2000)
Arsénico	< 40 - < 50	No hay datos.
Bario	< 80 - < 70	428
Cadmio	< 10 - < 20	0.1
Cromo Total	< 20 - < 20	1.6
Cromo Hexavalente	< 4.52 - < 5.13	No hay datos.
Mercurio Total	5.36 - 7.28	No hay datos.
Plomo Total	< 20 - < 20	48.4

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Nota:

Ugaz Llontop (2019) trabajó con borra proveniente de un crudo super ligero.  
Carrasco M.; Ore J. (2000) trabajó con borra proveniente de un crudo ligero.

#### 4.1.3 Hidrocarburos Totales de Petr6leo

Se muestran los valores de concentración en mg/kg de los hidrocarburos totales de petr6leo, tras el an6lisis por el m6todo EPA 8015C Rev.3 (2007), TPH rango GRO – Gasolina (C5-C10), TPH rango DRO – Diesel (C10-C28), TPH rango ERO – Aceite (C28-C40); con t6cnicas de cromatograf6a de gases utilizando un detector de ionizaci6n de llama (CG FID) y cromatograf6a de gases de espacio de cabeza est6tica isot6rmica con detector de ionizaci6n de llama (CG FID HS).

Tabla 22. Concentración de TPH en las borras de hidrocarburo

<b>Parámetro TPH mg/kg PS</b>	<b>T001</b>	<b>T300</b>	<b>T310</b>	<b>1T500A</b>	<b>2T500A</b>	<b>610A</b>	<b>620A</b>	<b>T510</b>	<b>1T500B</b>
C5-C10	2 100	189	1 902	3 562	2 612	3 626	1 903	1 229	24 043
C10-C28	> 300 000	277 885	52 571	> 300 000	> 300 000	36 775	135 995	> 300 000	> 300 000
C28-C40	215 035	215 736	32 287	202 758	196 366	21 170	65 397	255 178	166 890
C5-C40	> 300 000	> 300 000	86 760	> 300 000	> 300 000	61 571	203 295	> 300 000	> 300 000

Fuente: AGQ Labs. 09-01-2023. Informe de Ensayo (2023).

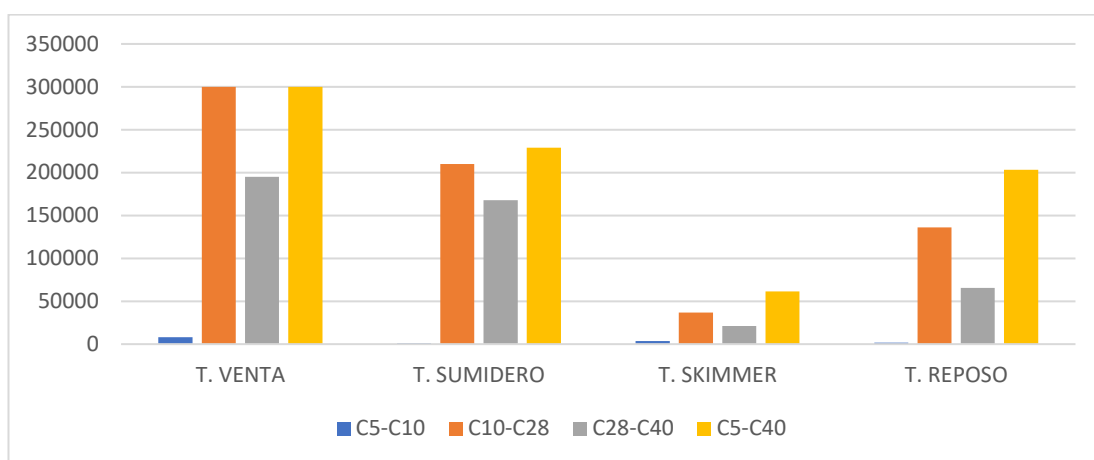
## Análisis de datos

Tabla 23. Promedio de concentración de TPH en función del tipo de tanque

<b>Parámetro TPH mg/kg PS</b>	<b>T. VENTA</b>	<b>T. SUMIDERO</b>	<b>T. SKIMMER</b>	<b>T. REPOSO</b>
C5-C10 (F1)	8079.25	1106.666667	3626	1903
C10-C28 (F2)	300000	210152	36775	135995
C28-C40 (F3)	195262.25	167733.6667	21170	65397
C5-C40	300000	228920	61571	203295

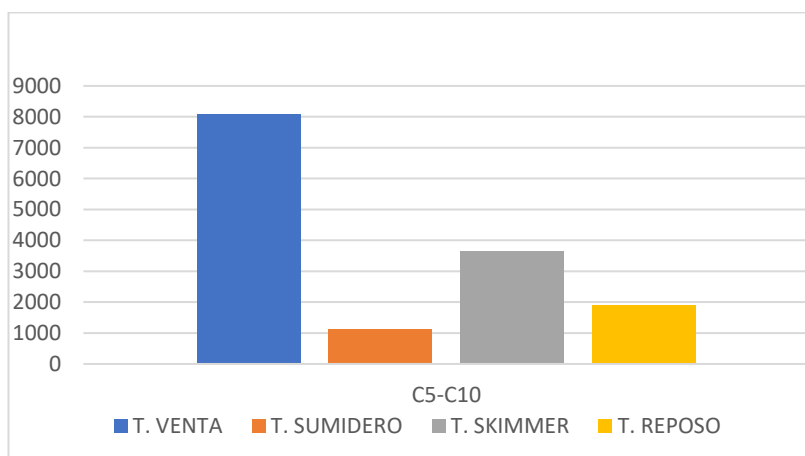
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 16. Concentración de TPH en función del tipo de tanque



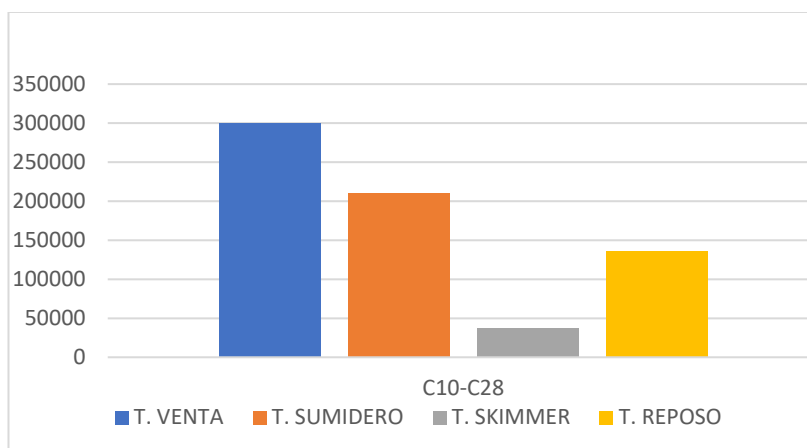
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 17. Concentración de TPH en función de la fracción C5-C10 (F1)



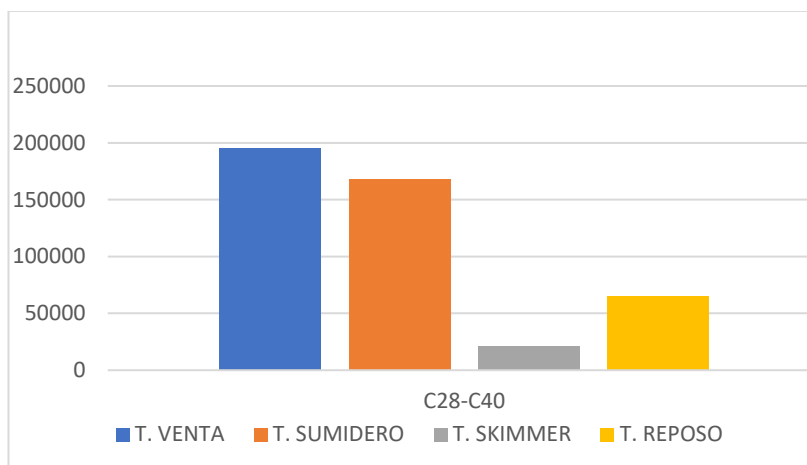
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 18. Concentración de TPH en función de la fracción C10-C28 (F2)



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 19. Concentración de TPH en función de la fracción C28-C40 (F3)



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Tabla 24. Concentración de TPH. otros autores.

Parámetro mg/kg	Autor
	Ugaz Llontop (2019)
C5-C10 (F1)	< 10 - < 15
C10-C28 (F2)	< 20 - < 18.43
C28-C40 (F3)	< 35 - < 23.4

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Nota:

Ugaz Llontop (2019) trabajó con borra proveniente de un crudo super ligero.

#### 4.1.4 BTEX

Se muestran los valores de concentración en mg/kg de los compuestos Benceno, Etilbenceno, m,p-Xileno, o-Xileno, Tolueno, Xilenos, tras el análisis por el método EPA 8260D Rev.4 (2018), con técnica de cromatografía de gases utilizando un detector de ionización de llama (CG FID).

Tabla 25. Concentración de BTEX en las borras de hidrocarburo

<b>Parámetro BTEX mg/kg PS</b>	<b>T001</b>	<b>T300</b>	<b>T310</b>	<b>1T500A</b>	<b>2T500A</b>	<b>610A</b>	<b>620A</b>	<b>T510</b>	<b>1T500B</b>
Benceno	18	< 0,03	14	32	22	44	8.4	< 0,03	> 50
Etilbenceno	16	< 0,03	19	19	15	26	6,9	0,06	> 50
m,p-Xileno	65	< 0,08	78	81	65	> 100	28	0,17	> 100
o-Xileno	21	< 0,04	43	24	21	37	9,4	0,47	> 50
Tolueno	45	< 0,03	44	> 50	49	> 50	33	0,07	> 50
Xilenos	86	< 0,06	121	105	86	146	38	0,64	> 150

Fuente: AGQ Labs. 09-01-2023. Informe de Ensayo (2023).

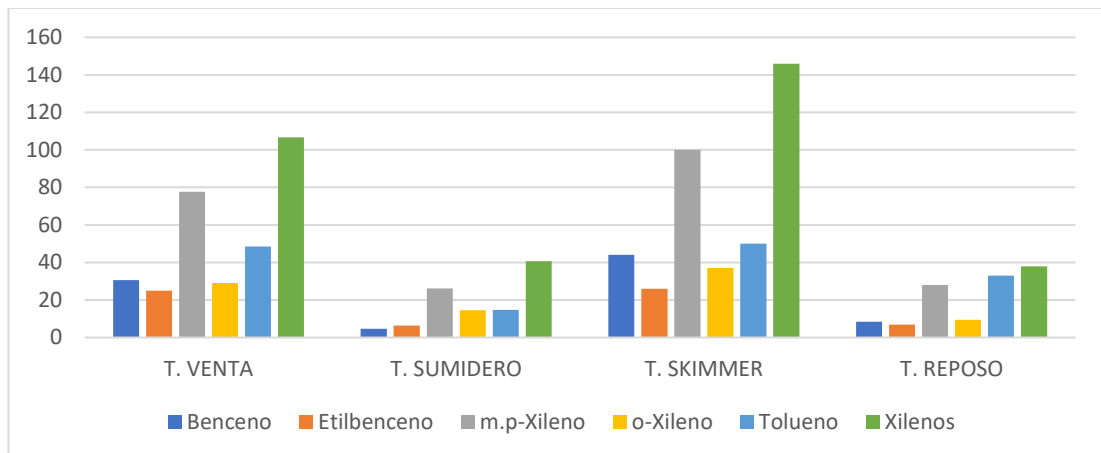
#### Análisis de datos

Tabla 26. Promedio de concentración de BTEX en función del tipo de tanque.

<b>Parámetro BTEX mg/kg PS</b>	<b>T. VENTA</b>	<b>T. SUMIDERO</b>	<b>T. SKIMMER</b>	<b>T. REPOSO</b>
Benceno	30.5	4.686666667	44	8.4
Etilbenceno	25	6.363333333	26	6.9
m,p-Xileno	77.75	26.08333333	100	28
o-Xileno	29	14.50333333	37	9.4
Tolueno	48.5	14.7	50	33
Xilenos	106.75	40.56666667	146	38

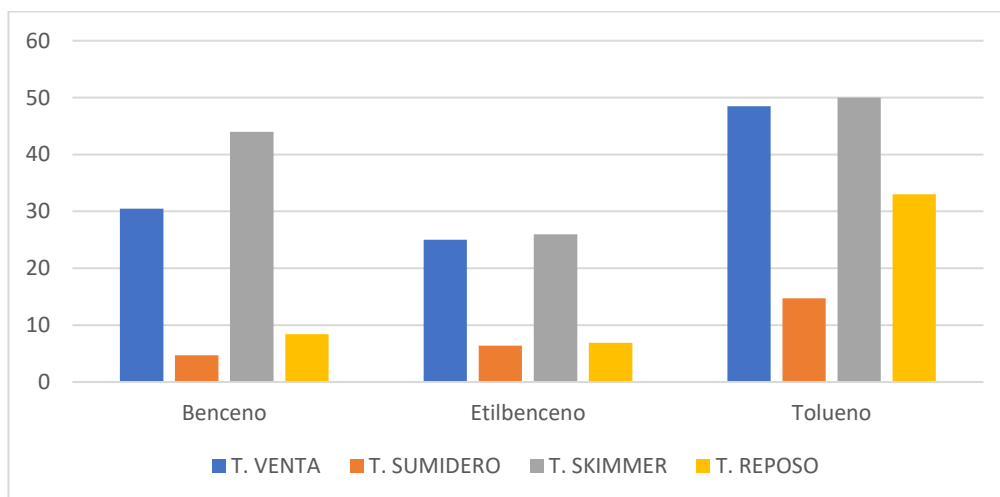
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 20. Concentración de BTEX en función del tipo de tanque



Fuente: Elaboración propia. La autora.

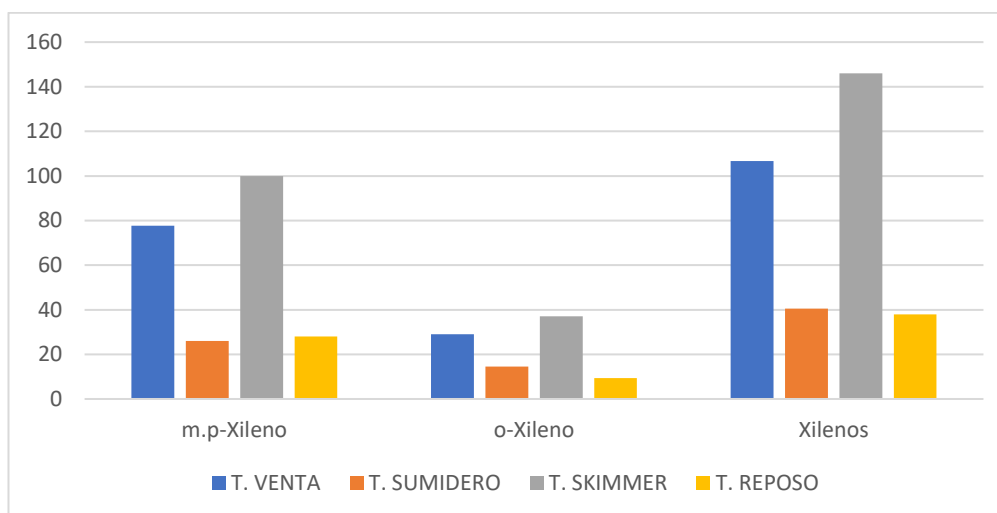
Figura 21. Concentración de BTEX en función del compuesto: Benceno, Etilbenceno, Tolueno



Fuente: Elaboración propia. La autora.



Figura 22. Concentración de BTEX en función del compuesto: Benceno, Etilbenceno, Tolueno



Fuente: Elaboración propia. La autora.

#### 4.1.5 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

A continuación, se muestran los valores de concentración en mg/kg de los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos; tales como, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzo(a) antraceno, Benzo(a) pireno, Benzo(b) fluorantenol, Benzo(e) pireno, Benzo(g,h,i) perileno, Benzo(k) fluoranteno, Criseno, Dibenzo(a,h) antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno, HAPs(Suma), Indeno-(1,2,3-cd) pireno, Naftaleno, Pireno; tras el análisis por el método EPA 8270E Rev.6 (2018), con técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/MS-MS).

Tabla 27. Concentración de PAH en las borras de hidrocarburo

Parámetro PAH mg/kg PS	T001	T300	T310	1T500A	2T500A	610A	620A	T510	1T500B
Acenafteno	3,65	0,500	0,310	0,620	< 0,005	< 0,005	0,413	0,834	< 0,005
Acenaftileno	6,82	1,01	0,837	1,31	2,42	0,114	2,20	1,81	0,232
Antraceno	10,0	1,44	0,480	2,82	2,76	0,450	0,860	4,38	< 0,005
Benzo (a) antraceno	2,340	2,730	0,790	1,720	3,800	0,382	2,120	4,450	0,319
Benzo (a) pireno	> 10,0	0,575	0,404	2,55	2,70	0,318	1,03	2,22	0,283
Benzo (b) fluoranteno	2,76	< 0,005	0,320	2,89	2,21	0,382	1,40	3,06	0,304
Benzo (e) pireno	3,03	2,52	0,583	2,41	2,97	0,292	1,61	2,43	0,283
Benzo (g,h,i) perileno	3,650	3,310	0,658	2,690	3,940	0,369	1,270	2,570	0,275
Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Criseno	> 10,0	> 10,0	4,29	> 10,0	> 10,0	2,61	9,28	> 10,0	2,14
Dibenzo (a,h) antraceno	3,52	1,15	0,489	2,62	2,76	0,318	1,37	2,71	0,333
Fenantreno	6,69	6,25	2,45	8,13	8,23	1,32	3,81	> 10,0	0,720
Fluoranteno	2,27	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,494	< 0,005	< 0,005
Fluoreno	5,10	3,74	1,53	3,86	4,77	0,430	2,83	5,00	0,440
HAPs (Suma)	116	66,5	19,7	76,4	85,0	9,571	37,6	89,3	7,807
Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0,005	< 0,005	0,245	0,551	1,11	0,076	0,716	0,417	0,101
Naftaleno	> 10,0	> 10,0	5,93	> 10,0	> 10,0	2,34	6,93	> 10,0	2,21
Pireno	4,76	1,94	0,414	1,58	2,00	0,170	1,26	2,85	0,167

Fuente: AGQ Labs. 09-01-2023. Informe de Ensayo (2023).

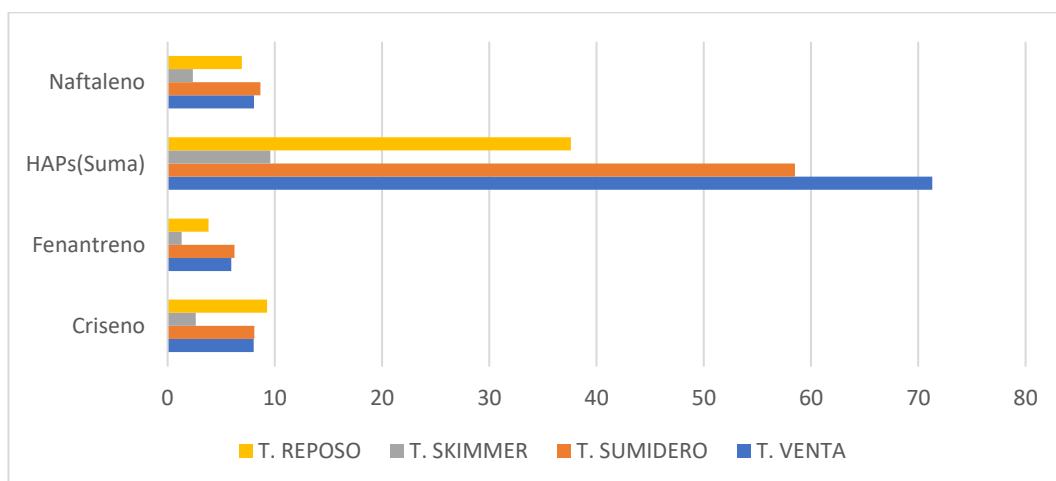
## Análisis de datos

Tabla 28. Promedio de concentración de PAH en función del tipo de tanque

Parámetro PAH mg/kg PS	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO
Acenafteno	1.07	0.548	0.005	0.413
Acenaftileno	2.6955	1.219	0.114	2.2
Antraceno	3.89625	2.1	0.45	0.86
Benzo (a) antraceno	2.04475	2.656666667	0.382	2.12
Benzo (a) pireno	3.88325	1.066333333	0.318	1.03
Benzo (b) fluoranteno	2.041	1.128333333	0.382	1.4
Benzo (e) pireno	2.17325	1.844333333	0.292	1.61
Benzo (g,h,i) perileno	2.63875	2.179333333	0.369	1.27
Benzo(k)fluoranteno	0.005	0.005	0.005	0.005
Criseno	8.035	8.096666667	2.61	9.28
Dibenzo (a,h) antraceno	2.30825	1.449666667	0.318	1.37
Fenantreno	5.9425	6.233333333	1.32	3.81
Fluoranteno	0.57125	0.005	0.005	0.494
Fluoreno	3.5425	3.423333333	0.43	2.83
HAPs (Suma)	71.30175	58.5	9.571	37.6
Indeno (1.2.3-cd) pireno	0.44175	0.222333333	0.076	0.716
Naftaleno	8.0525	8.643333333	2.34	6.93
Pireno	2.12675	1.734666667	0.17	1.26

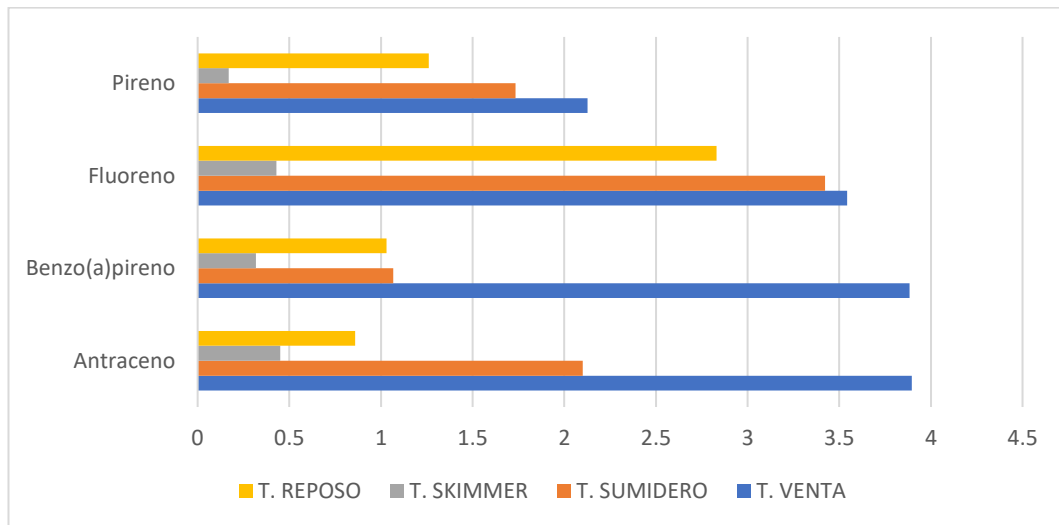
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 23. Concentración de PAH en función del compuesto: Criseno, Fenantreno, HAPs (Suma), Naftaleno



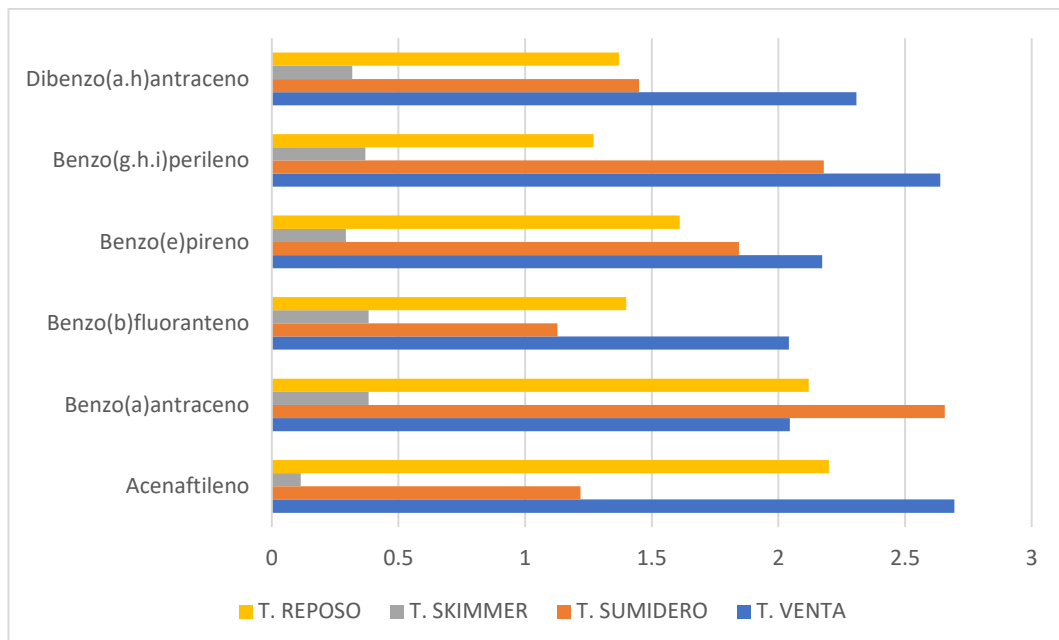
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 24. Concentración de PAH en función del compuesto: Antraceno, Benzo(a)pireno, Fluoreno, Pireno



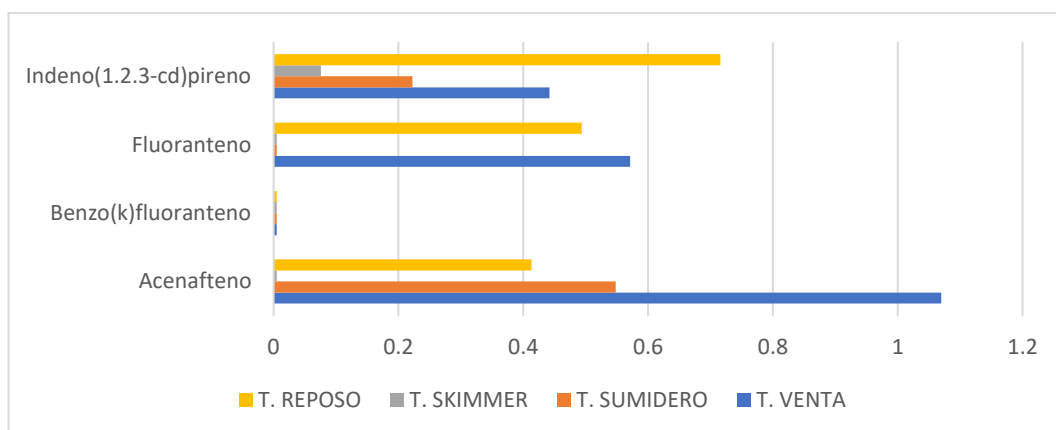
Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 25. Concentración de PAH en función del compuesto: Acenaftileno, Benzo (a) antraceno, Benzo (b) fluoranteno, Benzo (e) pireno, Benzo (g.h.i) perileno, Dibenzo (a.h) antraceno.



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 26. Concentración de PAH en función del compuesto: Acenafteno, Benzo (k) fluoranteno, Fluoranteno, Indeno (1.2.3-cd) pireno.



Fuente: Elaboración propia. La autora.

#### 4.1.6 Azufre Total

Se muestran los valores de concentración en mg/kg de Azufre total, tras el análisis por el método PE-440 (PROCEDIMIENTO INTERNO), con técnica de análisis elemental.

Tabla 29. Concentración de azufre total en las borras de hidrocarburo

Parámetro S mg/kg PS	T001	T300	T310	1T500A	2T500A	610A	620A	T510	1T500B
Azufre Total	0,04	0,05	0,24	0,03	0,04	0,15	0,08	0,05	0,03

Fuente: AGQ Labs. 09-01-2023. Informe de Ensayo (2023).

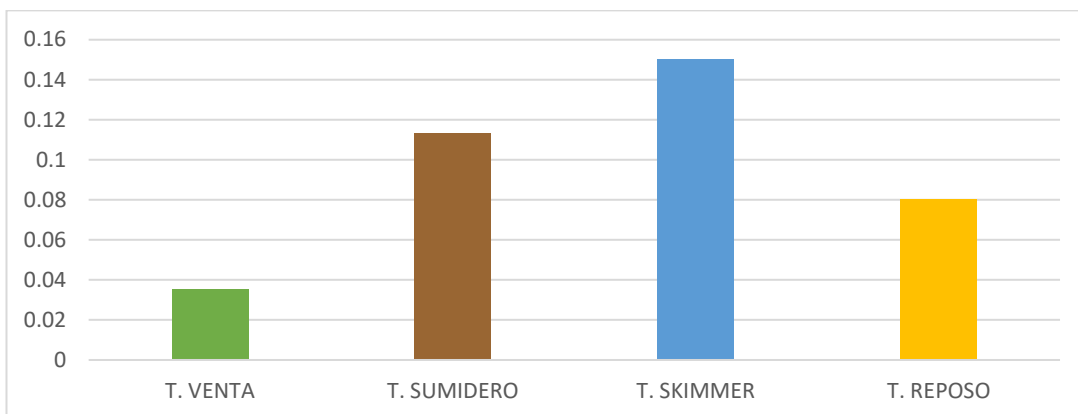
#### Análisis de datos

Tabla 30. Promedio de concentración de azufre total en función del tipo de tanque

Parámetro S mg/kg PS	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO
Azufre Total		0.035	0.113333333	0.08

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 27. Concentración de Azufre en función del tipo de tanque



Fuente: Elaboración propia. La autora.

Tabla 31. Concentración de azufre total. otros autores.

PARÁMETRO mg/kg	AUTOR	
	Vdovenko et al. (2015)	Carrasco M.; Ore J. (2000)
Azufre	13400	1000

Fuente: Elaboración propia. La autora.

## 4.2 GRADO DE CONTAMINACIÓN

Se presentan tablas con los resultados de la caracterización química y con los valores dados por el MINAM (2017) sobre Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, en clasificación de suelo industrial.

### 4.2.1 Metales Pesados

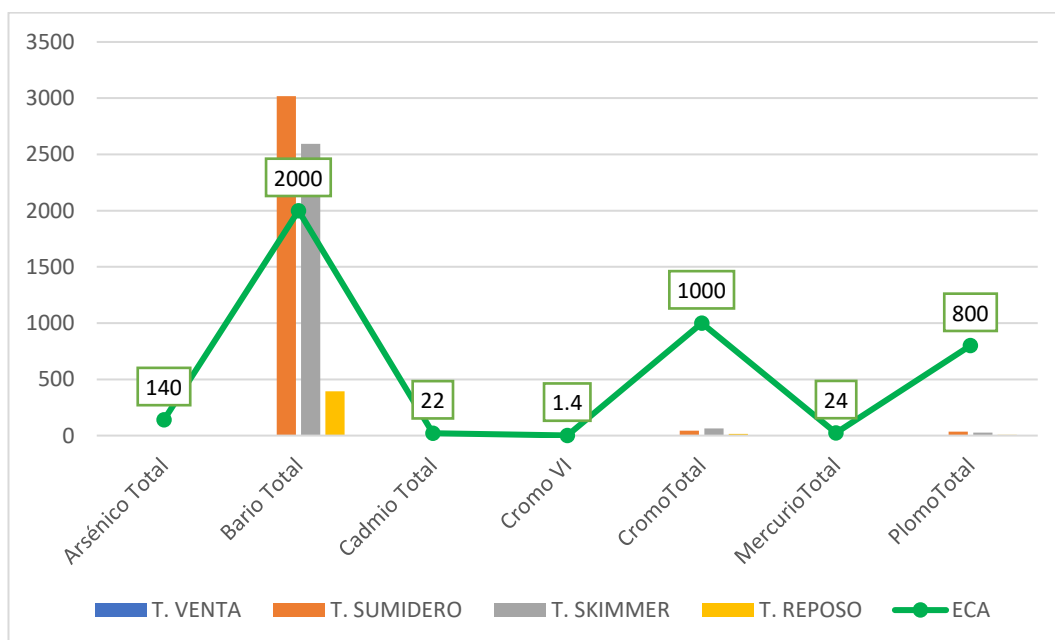
#### Análisis de datos

Tabla 32. Concentración de metales pesados vs ECA

Parámetro Metales Pesados mg/kg PS	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO	ECA
Arsénico Total	0.01	2.836667	1.7	0.52	140
Bario Total	0.169	3018.666667	2595	394	2000
Cadmio Total	0.0008	0.1035	0.1243	0.0468	22
Cromo Hexavalente	0.1	0.733333	0.3	0.1	1.4
Cromo Total	0.77775	42.886667	63	16	1000
Mercurio Total	0.01	0.336667	0.23	0.11	24
Plomo Total	0.002	36.256667	26.7	6.33	800

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 28. Concentración de Metales Pesados vs ECA



Fuente: Elaboración propia. La autora

## 4.2.2 Hidrocarburos Totales de Petr3leo

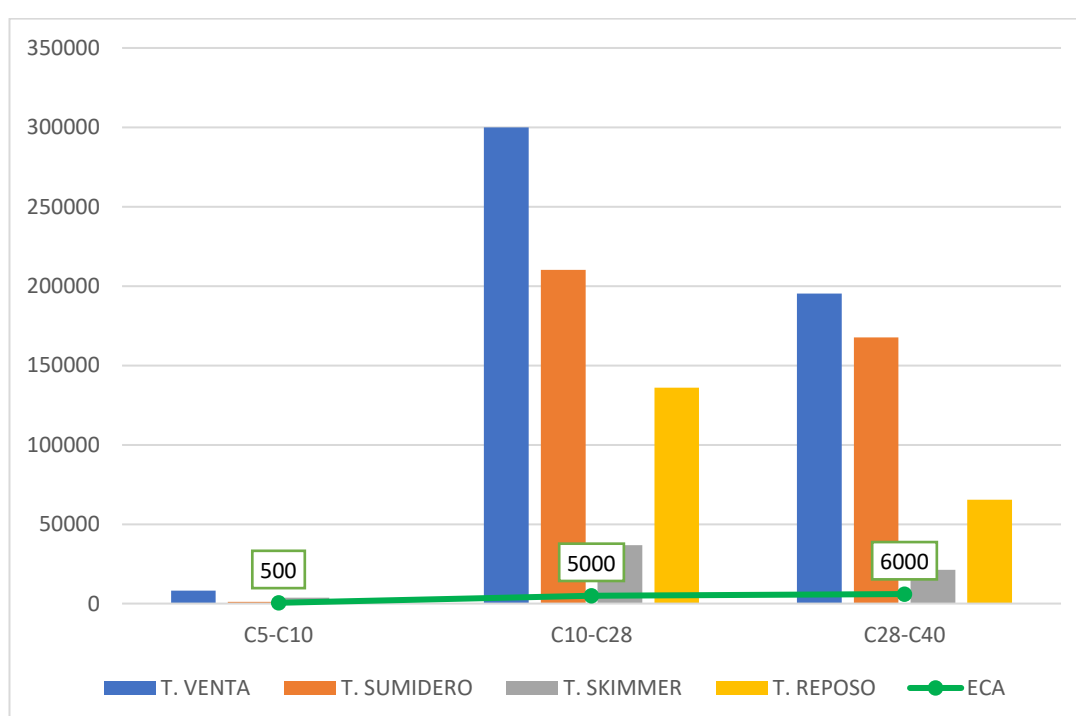
### An3lisis de datos

Tabla 33. Concentraci3n de TPH vs ECA

Par3metro TPH mg/kg PS	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO	ECA
C5-C10	8079.25	1106.666667	3626	1903	500
C10-C28	300000	210152	36775	135995	5000
C28-C40	195262.25	167733.6667	21170	65397	6000

Fuente: Elaboraci3n propia. La autora.

Figura 29. Concentraci3n de TPH vs ECA



Fuente: Elaboraci3n propia. La autora



### 4.2.3 BTEX

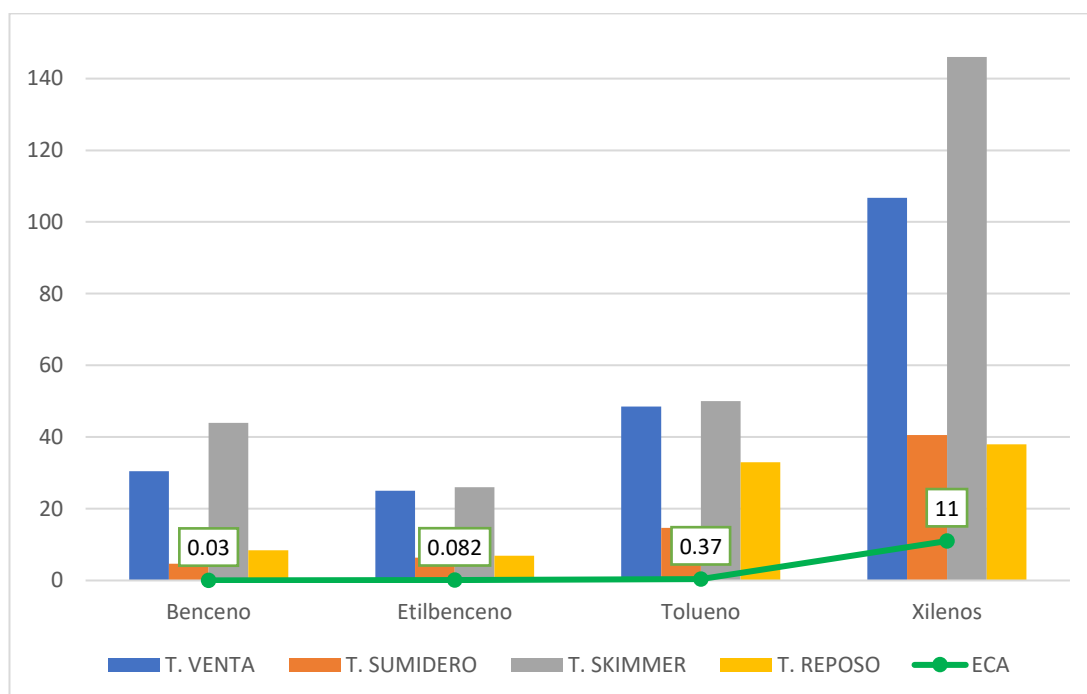
#### Análisis de datos

Tabla 34. Concentración de BTEX vs ECA

Parámetro BTEX mg/kg PS	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO	ECA
Benceno	30.5	4.686667	44	8.4	0.03
Etilbenceno	25	6.363333	26	6.9	0.082
Tolueno	48.5	14.7	50	33	0.37
Xilenos	106.75	40.566667	146	38	11

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 30. Concentración de BTEX vs ECA



Fuente: Elaboración propia. La autora.

#### 4.2.4 Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos

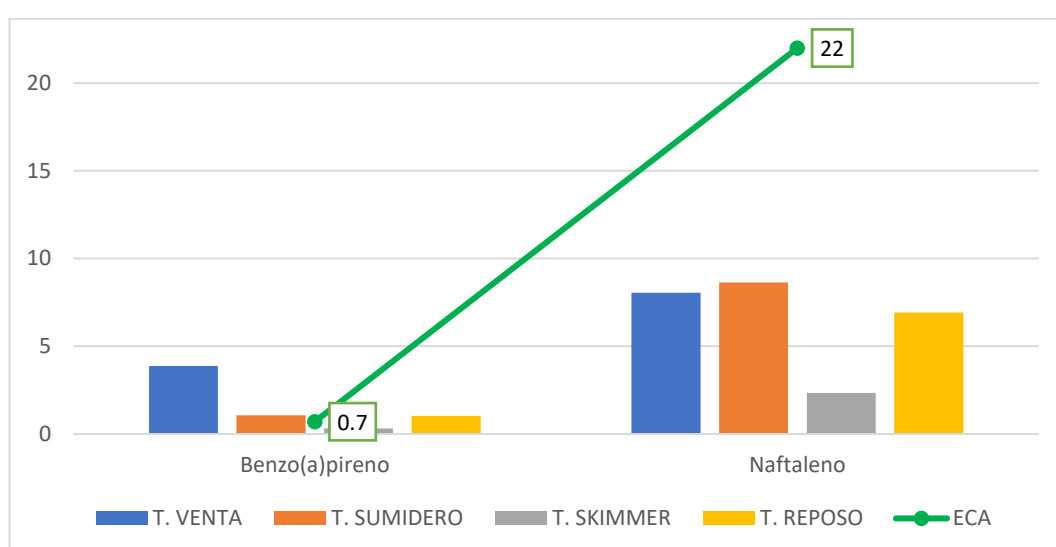
##### Análisis de datos

Tabla 35. Concentración de PAH vs ECA

Parámetro PAH mg/kg PS	T. VENTA	T. SUMIDERO	T. SKIMMER	T. REPOSO	ECA
Benzo(a)pireno	3.88325	1.066333	0.318	1.03	0.7
Naftaleno	8.0525	8.643333	2.34	6.93	22

Fuente: Elaboración propia. La autora.

Figura 31. Concentración de PAH vs ECA



Fuente: Elaboración propia. La autora

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Esta investigación aborda la problemática del tratamiento de un residuo complejo y peligroso generado en grandes volúmenes por la industria petrolera. Se centra en la caracterización química de las borras de hidrocarburos producidas en el proceso de extracción de PETROTAL en la Locación 2A, Lote 95. Se analizan parámetros como materia orgánica total, metales pesados, TPH, BTEX, PAH y azufre total en cuatro tipos de tanques: de venta, sumidero, skimmer y de reposo.

Los resultados de materia orgánica total muestran concentraciones en los tanques de venta (61.95% peso), sumidero (61.7% peso), skimmer (47.3% peso) y de reposo (51% peso). Se observa que los tanques de venta y sumidero presentan las concentraciones más altas, lo que podría deberse a que contienen una mayor cantidad de crudo aprovechable. Estos resultados son consistentes con los informes de Vdovenko et al. (2015), que reportaron un valor de 65.2% peso, pero difieren de los resultados de Alvarado Urbina (2014), que indicaron 29.5% peso. Esto sugiere que las borras derivadas de crudos pesados tienen un mayor contenido de materia orgánica en comparación con las de crudos ligeros, indicando una relación inversa entre el contenido de materia orgánica total de la borra y la gravedad API del crudo.

En cuanto a los metales pesados, se observaron concentraciones elevadas de Bario total y Cromo total en todos los tanques (Fig. 9). Los resultados muestran una diferencia relativamente menor en comparación con los datos de Carrasco M y Ore J. (2000), pero una notable discrepancia con los resultados de Ugaz Llontop (2019), que reportaron concentraciones significativamente mayores para varios metales: Arsénico (<40 mg/kg vs. <50 mg/kg), Bario (<80 mg/kg vs. <70 mg/kg), Cadmio (<10 mg/kg vs. <20 mg/kg), Cromo Total (<20 mg/kg vs. <20 mg/kg), Cromo Hexavalente (<4.52 mg/kg vs. <5.13 mg/kg), Mercurio Total (5.36 mg/kg vs. 7.28 mg/kg) y Plomo Total (<20 mg/kg vs. <20 mg/kg). Estos datos sugieren que la concentración de metales pesados en las borras está inversamente relacionada con la gravedad API del crudo: a mayor peso del crudo, menor

es la concentración de metales pesados en la borra, indicando una relación directamente proporcional entre la gravedad API del crudo y los niveles de metales pesados en la borra.

Además, el TPH indican concentraciones más altas en los tanques de venta y sumidero, atribuibles a que estos tanques almacenan una mayor cantidad de crudo recuperable. Estos resultados difieren significativamente de los reportados por Ugaz Llontop en 2019, que son considerablemente menores. Esto sugiere que las borras derivadas de crudos pesados contienen una mayor cantidad de TPH en comparación con las de crudos ligeros. En otras palabras, existe una relación inversamente proporcional entre el contenido de TPH en la borra y la gravedad API del crudo.

Los compuestos BTEX presentan concentraciones más altas en los tanques de venta y skimmer, probablemente debido a que estos tanques están cerrados, lo que impide la volatilización de los compuestos. Del mismo modo, los PAH muestran mayores concentraciones en los tanques de venta y sumidero, ya que estos compuestos tienen una volatilidad muy baja y estos tanques almacenan una mayor cantidad de crudo recuperable.

El contenido de azufre también es más alto en los tanques skimmer (0.15 mg/kg) y sumidero (0.1133 mg/kg) en comparación con los tanques de venta (0.035 mg/kg) y de reposo (0.08 mg/kg). Esto podría deberse a que los tanques de venta contienen el crudo al final del proceso, cuando las concentraciones de azufre son menores y en los tanques de reposo debido al gran porcentaje de agua en comparación con el muy escaso de petróleo, el azufre podría estar disuelto en el agua. Estos valores son considerablemente inferiores a los reportados por Vdovenko et al. (2015), con 13 400 mg/kg, y Alvarado Urbina (2014), con 1 000 mg/kg, sugiriendo que las borras de crudos pesados tienen un menor contenido de azufre en comparación con los crudos ligeros, indicando una relación directamente proporcional entre el contenido de azufre en la borra y la gravedad API del crudo.

Comparando los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos industriales (2017), se observa que la concentración

permitida de Bario es 2,000 mg/kg, y tanto el sumidero (3,018.67 mg/kg) como el tanque skimmer (2,595 mg/kg) superan este valor, indicando un riesgo real en caso de un derrame. En cuanto a otros metales, como Arsénico (140 mg/kg), Cadmio (22 mg/kg), Cromo Total (1,000 mg/kg), Cromo Hexavalente (1.4 mg/kg), Mercurio (24 mg/kg) y Plomo (800 mg/kg), ninguno de los tanques excede los valores permitidos, lo que sugiere un riesgo potencial en caso de derrame.

Para los hidrocarburos de petróleo, las fracciones F1 (C6-C10), F2 (>C10-C28) y F3 (>C28-C40) superan los valores estándar permitidos de 500 mg/kg, 5,000 mg/kg y 6,000 mg/kg, respectivamente, en todos los tanques, indicando un riesgo real en caso de derrame. En cuanto a los hidrocarburos aromáticos volátiles, las concentraciones permitidas para Benceno (0.03 mg/kg), Tolueno (0.37 mg/kg), Etilbenceno (0.082 mg/kg) y Xilenos (11 mg/kg) son excedidas en todos los tanques, lo que también representa un riesgo real en caso de derrame.

Por último, los PAH, como el Naftaleno (máximo 22 mg/kg) y el Benzo(a)pireno (máximo 0.7 mg/kg), no superan los límites en ninguno de los tanques, indicando un riesgo potencial, pero no real, en caso de un derrame

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- La concentración de materia orgánica total en la borra es más alta en los tanques de venta y sumidero, que almacenan un mayor volumen de crudo, en comparación con el tanque de reposo y skimmer, que contienen mayor cantidad de agua.
- Bario total y Cromo total son los metales con mayor concentración en la borra, en todos los tanques.
- La concentración de TPH en la borra es más alta en la fracción (F2) (C10-C28) en todos los tanques. Todas las fracciones muestran una mayor concentración en los tanques de venta y sumidero, que contienen un mayor volumen de crudo recuperable, en comparación con los otros tanques.
- El compuesto m,p-xileno tiene mayor concentración en todos los tanques. Además, todos los compuestos BTEX presentan concentraciones más elevadas en los tanques de venta y skimmer.
- La concentración de PAH en la borra es mayor en los tanques de venta y en el sumidero.
- La concentración de azufre en la borra es más alta en los tanques de venta y sumidero.
- El Bario total es el único metal cuyo valor supera el estándar, lo que indica un riesgo significativo para la calidad del suelo.
- Todas las fracciones de TPH, incluyendo la fracción F1 (C6-C10), la fracción F2 (>C10-C28) y la fracción F3 (>C28-C40), exceden los valores estándar, lo que representa un riesgo real para la calidad ambiental del suelo.
- Todos los compuestos BTEX; Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xilenos, superan los valores estándar, señalando un riesgo real para la calidad ambiental del suelo.
- El Benzo(a)pireno es el único compuesto PAH cuyo valor supera el estándar, indicando un riesgo significativo para la calidad del suelo.

## **CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES**

- Repetir la caracterización tomando en cuenta parámetros físicos adicionales y ampliando el número de muestras recolectadas en los mismos puntos de extracción.
- Continuar con la caracterización de la borra de manera periódica, ajustando el enfoque según se observen variaciones en los parámetros del crudo extraído o en el proceso de tratamiento.
- Realizar investigaciones para determinar un tratamiento adecuado de las borras, ya sea mediante la reducción del volumen de desechos o su transformación en un material aprovechable, como, por ejemplo, en material de construcción, con el objetivo de obtener beneficios tanto económicos como medioambientales.
- Llevar a cabo un análisis de costos para la implementación de un sistema de tratamiento de borras, evaluando su viabilidad económica y su impacto ambiental.

## CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

- ACS Omega [en línea]. [Consulta: 21 de diciembre de 2023]. ISSN 2470-1343. Disponible en: doi:10.1021/acsomega.2c08188.
- AGQ Labs. 2022. \*Cadena de custodia/ Solicitud de análisis\*. [Documento]. AGQ Labs Perú. [Consulta: 20 de diciembre de 2022].
- AGQ Labs. 2022. \*Importancia de la acreditación ISO/IEC 17025\*. [en línea]. 11 de octubre de 2022. [Consulta: 6 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://agqlabs.pe/2022/10/11/importancia-acreditacion-iso-iec-17025/#:~:text=En%20el%20marco%20de%20reconocimiento%20mutuo,%20AGQ%20Labs,como%20laboratorio%20de%20ensayo%20en%20la%20matriz%20medioambiental.>
- AGQ Labs. 2023. \*Informe de Ensayo\*. [Documento]. AGQ Labs Perú. [Consulta: 9 de enero de 2023].
- ALVARADO URBINA, Pedro Javier; LAZO FUENTES, Gina Paola. 2014. \*Estudio de factibilidad técnico económico para la instalación de un proceso de tratamiento de lodos oleaginosos en la refinería Talara\*. [en línea]. Trujillo. [Consulta: 20 de marzo de 2023]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3555>.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. 1999. \*ToxFAQs: Hidrocarburos totales de petróleo (Total Petroleum Hydrocarbons)\*. [en línea]. Atlanta. [Revisión: 6 de mayo de 2016]. [Consulta: 28 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts123.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html).
- ANA. (2017). *DECRETO SUPREMO N°011-2017.-MINAM* (ESTADO PERUANO, Ed.).
- CARBUROS METÁLICOS GRUPO AIR PRODUCTS. \*Plasma acoplado inductivamente (ICP)\*. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 14 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.carburos.com/applications/inductively-coupled-plasma>.



- CARRANZA, Andy; RUIZ, Zila; RENGIFO, Duma. 2022. \*Coordinación de trabajo de campo\*. [Reunión]. PetroTal. Bretaña Norte, Loreto, Perú. [Consulta: 25 de noviembre de 2022].
- Carrasco, M., & Ore, J. (2000). TRATAMIENTO DE LAS BORRAS ACIDAS PRODUCIDAS EN LA MANUFACTURA DE LAS BASES LUBRICANTES DEL TIPO L.C.T. EN LA REFINERÍA TALARA, PERU. *INGENIERIA UC*, 7(1).
- CONTRIBUTORS TO WIKIMEDIA PROJECTS. 2005. \*Tar\*. Wikipedia, the free encyclopedia [en línea]. [Consulta: 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tar>.
- DORNELAS, Vitória Felício et al. 2019. \*Análise bibliométrica e bibliográfica sobre técnicas de tratamento/recuperação de óleo cru de resíduos sólidos produzidos na cadeia produtiva do petróleo\*. Research, Society and Development [en línea]. 8(12), e218121596. [Consulta: 21 de diciembre de 2023]. ISSN 2525-3409. Disponible en: doi:10.33448/rsd-v8i12.1596.
- ESPAÑA. 2024. \*Orden de 1 de diciembre de 1981 por la que se establecen métodos oficiales de análisis de aguas, aceites y grasas, carne y productos cárnicos, fertilizantes, productos fitosanitarios, leche y productos lácteos, productos orgánicos, fertilizantes, suelos y productos derivados de la uva y similares\*. I. Disposiciones generales n.º BOE-A-1982-1323. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [sin fecha], pp. 1275–1284.
- Fetzer, J. C. 2000. \*The Chemistry and Analysis of the Large Polycyclic Aromatic Hydrocarbons\*. Nueva York: Wiley.
- HE, Xiaoqiang et al. 2023. \*Investigation on the Composition and Extraction Mechanism of the Soluble Species from Oily Sludge by Solvent Extraction\*.
- HERRERA PINEDO, Braniza. 2014. \*Influencia de la aireación en el tratamiento biológico de borras de hidrocarburos\*. [en línea]. Lima.

[Consulta: 16 de febrero de 2023]. Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/20.500.14076/1284>.

INDUANALISIS LABORATORIO AMBIENTAL. 2019. \*Publicaciones: ¿Qué es BETX?\* [en línea]. 16 de abril de 2019. [Consulta: 28 de diciembre de 2023]. Disponible en:  
[https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/que\\_es\\_BETX\\_24](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/que_es_BETX_24).

MANTEROLA, Carlos et al. 2019. \*Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica\*. Revista Médica Clínica Las Condes [en línea]. 30(1), 36–49. [Consulta: 13 de enero de 2024]. ISSN 0716-8640. Disponible en:  
doi:10.1016/j.rmclc.2018.11.005.

PETROTAL. 2023. \*Mapa 2\* [imagen digital]. Archivo jpg. [Consulta: 21 de diciembre de 2023]. Disponible en:  
<https://petrotal.pe/operaciones/lote-95/>.

PETROTAL PERÚ S.R.L. 2019. \*2.0 Descripción del proyecto\*. En: EIA-d del Proyecto de Desarrollo del Campo Petrolero Bretaña Norte - Lote 95. Lima.

PETROTAL PERÚ S.R.L. 2019. \*5.0 Estrategia de manejo ambiental\*. En: EIA-d del Proyecto de Desarrollo del Campo Petrolero Bretaña Norte - Lote 95. Lima.

PETROTAL PERÚ S.R.L. \*Copia de Data Mensual enero-diciembre 2022\*. [Excel]. Bretaña Norte. Desechos generados en el campamento petrolero Bretaña.

PETROTAL PERÚ S.R.L. \*Información tesista\* [PDF]. 2022. Documentación detallada del proceso productivo del campamento petrolero Bretaña.

\*Reglamento de Gestión Integral de Residuos Sólidos\*. 2022. Decreto Supremo N° 001-2022-MINAM. Diario Oficial El Peruano, Año 2022, Tomo 1, N° 1, Anexo III, pp. 32.

- SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. 2010. \*ISO 15192:2010(en) Soil quality — Determination of chromium (VI) in solid material by alkaline digestion and ion chromatography with spectrophotometric detection\*. [en línea]. [Consulta: 6 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://inen.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:15192:ed-1:v1:en>.
- SKOOG, Douglas A. et al. 2015. \*Fundamentos de química analítica\*. 9a ed. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V. ISBN 978-607-519-937-6.
- SLB. \*Home. The SLB Energy Glossary | Energy Glossary\* [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 5 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://glossary.slb.com/es/>.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID. \*Laboratorio de Análisis Químico Elemental | UAM\* [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 6 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://uam.es/uam/sidi/unidades-de-analisis/unidad-analisis-elemental/analisis-quimico-elemental>.
- SUN, Wu-Juan et al. 2023. \*A salt-tolerant petroleum-degrading strain Pseudomonas aeruginosa SD and its remediation potential for oily sludge\*. Research Square [en línea]. 05 de enero de 2023, PREPRINT (Versión 1). Disponible en: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2434390/v1>.
- U.S. EPA. 1996. \*Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils\*, Revision 2. Washington, DC.
- U.S. EPA. 2003. \*Method 8015C (SW-846): Nonhalogenated Organics Using GC/FID\*, Revision 4. Washington, DC.
- U.S. EPA. 2006. \*Method 8260D (SW-846): Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)\*, Revision 3. Washington, DC.

- U.S. EPA. 2014. \*Method 6020B (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry\*, Revision 2. Washington, DC.
- U.S. EPA. 2014. \*Method 8270E (SW-846): Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS)\*. Washington, DC.
- UGAZ LLONTOP, Roberto Junior. 2020. \*Microorganismos aislados de borras de hidrocarburos en la refinería de Talara y su potencial para la biorremediación de suelo contaminado\*. [en línea]. Lambayeque. [Consulta: 20 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8508>.
- UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. \*Cromatografía de gases (FID)\*. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 5 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/650-2013-12-02-gases%20fid.pdf>.
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. \*Introducción a las técnicas de caracterización de materiales\*. Facultad Regional Reconquista [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 5 de enero de 2024]. Disponible en: [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/5873/mod\\_resource/content/3/apunte%20-%20Introducción%20a%20técnicas%20de%20caracterización%20de%20materiales.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/5873/mod_resource/content/3/apunte%20-%20Introducción%20a%20técnicas%20de%20caracterización%20de%20materiales.pdf).
- VALDEZ IRIARTE, Clever Walter. 2011. \*Tratamiento físico químico de residuos oleosos\*. [en línea]. Lima. [Consulta: 16 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2342196>.
- Vdovenko, S., Boichenko, S., & Kochubei, V. (2015). COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS LODOS DE PETROLEO PRODUCIDO EN LAS REFINERÍAS. *QUIMICA Y TECNOLOGÍA QUIMICA*, 9(2).

## **ANEXOS**

## ANEXO 01. Matriz de consistencia

Título de investigación	Pregunta de investigación	Objetivos de investigación	Hipótesis	Tipo y diseño de estudio	Población de estudio y procesamiento	Instrumento
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE BORRAS DE HIDROCARBUROS GENERADAS EN LA ACTIVIDAD PETROLERA LOCACIÓN 2A LOTE 95	<b>General:</b> ¿Las borras de hidrocarburo generadas por la actividad petrolera en la locación 2A- Lote 95 presentarán parámetros químicos muy elevados comparadas a otras investigaciones relacionadas a este desecho?	<b>General:</b> Caracterizar las propiedades químicas de las borras de hidrocarburos generadas en la actividad petrolera en el ámbito de la Locación 2A-Lote 95. <b>Específicos:</b> a) Caracterizar para obtener información relacionada con la composición química de las borras de hidrocarburo generadas en el ámbito de la Locación 2A. b) Determinar el grado de contaminación con los resultados obtenidos en la presente investigación.	<b>General:</b> Las borras de hidrocarburo generadas por la actividad petrolera en la locación 2A- Lote 95 presentarán parámetros químicos significativamente más elevados en comparación con los valores reportados en otras investigaciones relacionadas a residuos similares, debido a las condiciones específicas de operación y características geológicas de la zona.	<b>Unidad de estudio:</b> <b>Tipo de estudio:</b> Investigación cuantitativa orientada al tipo descriptivo, transversal. <b>Diseño:</b> Diseño no experimental, observacional porque se observa y registra la información obtenida.	<b>Población:</b> Borras de hidrocarburos generadas en el proceso productivo de extracción de petróleo, Se seleccionaron diferentes poblaciones, ubicadas en los diferentes tanques al largo de todo el proceso productivo. <b>Muestra:</b> Se determinaron un total de 9 puntos de extracción.	Para la variable borra de hidrocarburo: Registro de residuos peligros, registro de Cadena de custodia de las muestras. Para la variable caracterización fisicoquímica: Reportes de análisis de laboratorio.

ANEXO 02. Instrumento de recolección de datos

A. CADENA DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS

**AGQ Labs** CADENA DE CUSTODIA / SOLICITUD DE ANÁLISIS

PARA SER LLENADO POR COMERCIAL AGO

N° PRESUPUESTO / CONTRATO: **38P-P22110014B** COD. CLIENTE: **00023405**

N° PROYECTO / ESTUDIO: \_\_\_\_\_ N° DIREC. ENTREGA: \_\_\_\_\_

CLIENTE Y RUC: **Petrola Peru S.R.L**

CONTACTO: **percy ATAMBO** TELEFONO: **970 207 834**

DATOS DE CUENTA TECNICA: \_\_\_\_\_ TELEFONO: \_\_\_\_\_

RAZON SOCIAL: \_\_\_\_\_

CADENA DE CUSTODIA

NOMBRE DEL PROYECTO: **Monitoreo Especial de Loteo**

LUGAR DE MUESTREO (Dirección Anal): **Locación 2 - Lote 95**

CONTACTO AGO: **Jose Maldonado** N° OS / OC: **31520111**

Orden de Muestreo	Parámetro(s)	Fecha y Hora de Muestreo	Tipo de Muestra	Identificación de la Muestra	Control de Calidad	Análisis Solicitados
LP 22012022 T300-1		24/11/22 14:30	FB	E: 0574557 N: 9420387	6	Metodos: Fitolin, Cromaco VF, Metodos especiales: CRIS + CRBE, TPA H, F3, Bafre total
LP 22012022 T610-2		24/11/22 15:30	FB	E: 0574556 N: 9420376	6	
LP 22012022 T310-3		27/11/22 15:30	FB	E: 0574549 N: 9420310	6	
LP 22012022 T-001-4		27/11/22 14:25	FB	E: 0574546 N: 9420423	6	
LP 22012022 ST500A-5		27/11/22 14:54	FB	E: 0574554 N: 9420377	6	
LP 22012022 ST500A-6		27/11/22 15:03	FB	E: 0574578 N: 9420366	6	
LP 22012022 G40A-7		27/11/22 17:19	FB	E: 0574485 N: 9420287	6	

AGQ Perú S.A.C. / RUC 20512225986 / Av. Luis José de Orbegoso 350 - San Luis - Lima / T(+51) 710 27 00

**AGQ Labs** CADENA DE CUSTODIA / SOLICITUD DE ANÁLISIS

PARA SER LLENADO POR COMERCIAL AGO

N° PRESUPUESTO / CONTRATO: **38P-P22110014B** COD. CLIENTE: **00023405**

N° PROYECTO / ESTUDIO: \_\_\_\_\_ N° DIREC. ENTREGA: \_\_\_\_\_

CLIENTE Y RUC: **Petrola Peru S.R.L**

CONTACTO: **percy ATAMBO** TELEFONO: **970 207 834**

DATOS DE CUENTA TECNICA: \_\_\_\_\_ TELEFONO: \_\_\_\_\_

RAZON SOCIAL: \_\_\_\_\_

CADENA DE CUSTODIA

NOMBRE DEL PROYECTO: **Monitoreo Especial de Loteo**

LUGAR DE MUESTREO (Dirección Anal): **Locación 2 - Lote 95**

CONTACTO AGO: **Jose Maldonado** N° OS / OC: **31520111**

Orden de Muestreo	Parámetro(s)	Fecha y Hora de Muestreo	Tipo de Muestra	Identificación de la Muestra	Control de Calidad	Análisis Solicitados
LP 22012022 G20A-8		27/11/22 17:37	FB	E: 0574468 N: 9420285	6	Metodos: Fitolin, Cromaco VF, Metodos especiales: CRIS + CRBE, TPA H, F3, Bafre total
LP 22012022 ST500B-9		27/11/22 17:11	FB	E: 0574584 N: 9420290	6	

AGQ Perú S.A.C. / RUC 20512225986 / Av. Luis José de Orbegoso 350 - San Luis - Lima / T(+51) 710 27 00



## B. RESULTADOS DE LABORATORIO

Punto de Extracción N° 01-T001



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia: <b>LD-22/001641</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE221100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(*)----
Descripción(*): T-001-4		
Fecha/Hora: 27/11/2022 14:25	Muestreado por: Personal AGQ	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574546 9420423
Punto de Muestreo: T-001-4		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros:COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis . Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/3



N° de Referencia: LD-22/001641  
Descripción(\*): T-001-4

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>118</sup> Materia Orgánica Total	52,7	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	< 0,16	mg/kg PS	-
Antimonio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Arsénico Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Bario Total	0,497	mg/kg PS	±0,0348
Berilio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	2,29	mg/kg PS	±0,1603
Cadmio Total	< 0,0008	mg/kg PS	-
Calcio Total	34,7	mg/kg PS	±2,08
Cerio Total	< 0,0005	mg/kg PS	-
Cobalto Total	< 0,008	mg/kg PS	-
Cobre Total	< 0,03	mg/kg PS	-
<sup>118</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	0,789	mg/kg PS	±0,0553
Estaño Total	1,47	mg/kg PS	±0,1031
Estroncio Total	1,24	mg/kg PS	±0,1979
Fósforo Total	< 0,6	mg/kg PS	-
Hierro Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Litio Total	< 0,016	mg/kg PS	-
Magnesio Total	< 0,3	mg/kg PS	-
Manganeso Total	< 1,00	mg/kg PS	-
Mercurio Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Molibdeno Total	0,073	mg/kg PS	±0,0066
Níquel Total	1,4	mg/kg PS	±0,114
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	264	mg/kg PS	±15,8
Talio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Titanio Total	< 0,05	mg/kg PS	-
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	1	mg/kg PS	±0,09
Wolframio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Zinc Total	< 0,14	mg/kg PS	-
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	> 300 000	mg/kg PS	±21,3%
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	215 035	mg/kg PS	±18 342
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	2 100	mg/kg PS	±47%
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	> 300 000	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	18	mg/kg PS	±8,83

N° de Referencia: LD-22/001641	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): T-001-4	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	16	mg/kg PS	±2,52
m,p-Xileno	65	mg/kg PS	±9,51
o-Xileno	21	mg/kg PS	±5,57
Tolueno	45	mg/kg PS	±15,2
Xilenos	86	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	3,65	mg/kg PS	±0,3508
<sup>13</sup> Acenaftileno	6,82	mg/kg PS	±3,156
<sup>13</sup> Antraceno	10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	2,340	mg/kg PS	±1,160
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	2,76	mg/kg PS	±1,549
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	3,03	mg/kg PS	±0,5669
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	3,650	mg/kg PS	±1,096
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	3,52	mg/kg PS	±1,632
<sup>13</sup> Fenantreno	6,69	mg/kg PS	±2,256
<sup>13</sup> Fluoranteno	2,27	mg/kg PS	±0,4127
<sup>13</sup> Fluoreno	5,10	mg/kg PS	±1,667
* HAPs (Suma)	116	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Naftaleno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Pireno	4,76	mg/kg PS	±1,824
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,04	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## Punto de Extracción N° 02-T310



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia: <b>LD-22/001640</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Int. 1201 Urb Santa Ana.
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Contrato: QSP-PE221100118
Descripción(*): T310-3		Cliente 3º(*)----

Fecha/Hora Muestreo: 27/11/2022 15:30	Muestreado por: Personal AGQ	
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574549 9420310
Punto de Muestreo: T310-3		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros:COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8

N° de Referencia: LD-22/001640  
Descripción(\*): T310-3

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>121</sup> Materia Orgánica Total	68,6	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	7 869	mg/kg PS	±1 180
Antimonio Total	0,167	mg/kg PS	±0,0151
Arsénico Total	7,6	mg/kg PS	±0,763
Bario Total	7 084	mg/kg PS	±495,9
Berilio Total	2,99	mg/kg PS	±0,2992
Bismuto Total	0,2420	mg/kg PS	±0,01694
Boro Total	19,1	mg/kg PS	±1,335
Cadmio Total	0,2735	mg/kg PS	±0,01641
Calcio Total	17 807	mg/kg PS	±1 068
Cerio Total	14,06	mg/kg PS	±1,6871
Cobalto Total	6,60	mg/kg PS	±0,3302
Cobre Total	113	mg/kg PS	±13,6
<sup>121</sup> Cromo Hexavalente	2	mg/kg PS	±0,17
Cromo Total	121	mg/kg PS	±8,472
Estaño Total	2,57	mg/kg PS	±0,1802
Estroncio Total	446	mg/kg PS	±71,35
Fósforo Total	472	mg/kg PS	±47
Hierro Total	17 041	mg/kg PS	±682
Litio Total	10,9	mg/kg PS	±0,4378
Magnesio Total	1 780	mg/kg PS	±71
Manganeso Total	260	mg/kg PS	±18,2
Mercurio Total	0,93	mg/kg PS	±0,093
Molibdeno Total	21,9	mg/kg PS	±1,972
Niquel Total	68	mg/kg PS	±5,40
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	97,4	mg/kg PS	±15,58
Selenio Total	1,84	mg/kg PS	±0,1290
Sodio Total	17 927	mg/kg PS	±1 076
Talio Total	0,894	mg/kg PS	±0,0894
Titanio Total	48	mg/kg PS	±7,60
Torio Total	1,700	mg/kg PS	±0,06799
Uranio Total	0,335	mg/kg PS	±0,0234
Vanadio Total	10	mg/kg PS	±0,76
Wolframio Total	0,914	mg/kg PS	±0,0548
Zinc Total	274	mg/kg PS	±24,7
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	52 571	mg/kg PS	±21,3%
<sup>123</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	32 287	mg/kg PS	±2 754
<sup>123</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	1 902	mg/kg PS	±47%
<sup>123</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	86 760	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	14	mg/kg PS	±6,92

N° de Referencia: LD-22/001640	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): T310-3	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	19	mg/kg PS	±3,09
m,p-Xileno	78	mg/kg PS	±11,5
o-Xileno	43	mg/kg PS	±11,4
Tolueno	44	mg/kg PS	±15,1
Xilenos	121	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	0,310	mg/kg PS	±0,0298
<sup>13</sup> Acenaftileno	0,837	mg/kg PS	±0,3874
<sup>13</sup> Antraceno	0,480	mg/kg PS	±0,0884
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	0,790	mg/kg PS	±0,392
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	0,404	mg/kg PS	±0,1050
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	0,320	mg/kg PS	±0,1796
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	0,583	mg/kg PS	±0,1091
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	0,658	mg/kg PS	±0,198
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	4,29	mg/kg PS	±0,9704
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	0,489	mg/kg PS	±0,2267
<sup>13</sup> Fenantreno	2,45	mg/kg PS	±0,8261
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	1,53	mg/kg PS	±0,5000
* HAPs (Suma)	19,7	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,245	mg/kg PS	±0,1651
<sup>13</sup> Naftaleno	5,93	mg/kg PS	±2,900
<sup>13</sup> Pireno	0,414	mg/kg PS	±0,1586
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,24	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## Punto de Extracción N° 03-T300



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE-072

N° de Referencia: <b>LD-22/001638</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE21100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(*):---
Descripción(*): T300-1		

Fecha/Hora: 24/11/2022 14:30	Muestreado por: Personal AGQ	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574557 9420387
Punto de Muestreo: T300-1		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros: COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8



N° de Referencia: LD-22/001638  
Descripción(\*): T300-1

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>112</sup> Materia Orgánica Total	60,9	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	279	mg/kg PS	±41,9
Antimonio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Arsénico Total	0,24	mg/kg PS	±0,024
Bario Total	101	mg/kg PS	±7,094
Berilio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	4,13	mg/kg PS	±0,2891
Cadmio Total	< 0,0008	mg/kg PS	-
Calcio Total	605	mg/kg PS	±36,3
Cerio Total	0,4047	mg/kg PS	±0,04856
Cobalto Total	0,136	mg/kg PS	±0,0068
Cobre Total	2,2	mg/kg PS	±0,262
<sup>113</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	1,73	mg/kg PS	±0,1213
Estaño Total	1,20	mg/kg PS	±0,0842
Estroncio Total	17,9	mg/kg PS	±2,871
Fósforo Total	20	mg/kg PS	±2,0
Hierro Total	579	mg/kg PS	±23,2
Litio Total	0,589	mg/kg PS	±0,0236
Magnesio Total	105	mg/kg PS	±4,2
Manganeso Total	8,82	mg/kg PS	±0,62
Mercurio Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Molibdeno Total	0,364	mg/kg PS	±0,0328
Niquel Total	3,2	mg/kg PS	±0,259
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	1,07	mg/kg PS	±0,1718
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	2 041	mg/kg PS	±122
Talio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Titanio Total	5,0	mg/kg PS	±0,795
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	2	mg/kg PS	±0,16
Wolframio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Zinc Total	11	mg/kg PS	±0,958
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	277 885	mg/kg PS	±21,3%
<sup>119</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	215 736	mg/kg PS	±18 402
<sup>120</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	189	mg/kg PS	±47%
<sup>121</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	> 300 000	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	< 0,03	mg/kg PS	-

N° de Referencia: LD-22/001638	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): T300-1	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	< 0,03	mg/kg PS	-
m,p-Xileno	< 0,08	mg/kg PS	-
o-Xileno	< 0,04	mg/kg PS	-
Tolueno	< 0,03	mg/kg PS	-
Xilenos	< 0,06	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	0,500	mg/kg PS	±0,0481
<sup>13</sup> Acenaftileno	1,01	mg/kg PS	±0,4674
<sup>13</sup> Antraceno	1,44	mg/kg PS	±0,2652
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	2,730	mg/kg PS	±1,354
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	0,575	mg/kg PS	±0,1495
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	2,52	mg/kg PS	±0,4715
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	3,310	mg/kg PS	±0,994
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	1,15	mg/kg PS	±0,5331
<sup>13</sup> Fenantreno	6,25	mg/kg PS	±2,108
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	3,74	mg/kg PS	±1,222
* HAPs (Suma)	66,5	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Naftaleno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Pireno	1,94	mg/kg PS	±0,7432
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,05	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



## Punto de Extracción N° 04-1T500A



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia: <b>LD-22/001642</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (^): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (^): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE221100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(^):---
Descripción(^): 1T500A-5		

Fecha/Hora: 27/11/2022 14:54	Muestreado por: Personal AGQ	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574554 9420271
Punto de Muestreo: 1T500A-5		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (^). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros:COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis . Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8

N° de Referencia: LD-22/001642  
Descripción(\*): 1T500A-5

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>113</sup> Materia Orgánica Total	65,4	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	< 0,16	mg/kg PS	-
Antimonio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Arsénico Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Bario Total	< 0,023	mg/kg PS	-
Berilio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	< 0,012	mg/kg PS	-
Cadmio Total	< 0,0008	mg/kg PS	-
Calcio Total	< 10,0	mg/kg PS	-
Cerio Total	< 0,0005	mg/kg PS	-
Cobalto Total	< 0,008	mg/kg PS	-
Cobre Total	< 0,03	mg/kg PS	-
<sup>113</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	0,817	mg/kg PS	±0,0572
Estaño Total	1,27	mg/kg PS	±0,0888
Estroncio Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Fósforo Total	< 0,6	mg/kg PS	-
Hierro Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Litio Total	< 0,016	mg/kg PS	-
Magnesio Total	< 0,3	mg/kg PS	-
Manganeso Total	< 1,00	mg/kg PS	-
Mercurio Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Molibdeno Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Niquel Total	1,2	mg/kg PS	±0,098
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	< 1,00	mg/kg PS	-
Talio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Titanio Total	< 0,05	mg/kg PS	-
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	1	mg/kg PS	±0,08
Wolframio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Zinc Total	< 0,14	mg/kg PS	-
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	> 300 000	mg/kg PS	±21,3%
<sup>113</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	202 758	mg/kg PS	±17 295
<sup>113</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	3 562	mg/kg PS	±47%
<sup>113</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	> 300 000	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	32	mg/kg PS	±15,4

N° de Referencia: LD-22/001642	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): 1T500A-5	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	19	mg/kg PS	±3,10
m,p-Xileno	81	mg/kg PS	±11,9
o-Xileno	24	mg/kg PS	±6,45
Tolueno	> 50	mg/kg PS	-
Xilenos	105	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	0,620	mg/kg PS	±0,0596
<sup>13</sup> Acenaftileno	1,31	mg/kg PS	±0,6063
<sup>13</sup> Antraceno	2,82	mg/kg PS	±0,5194
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	1,720	mg/kg PS	±0,853
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	2,55	mg/kg PS	±0,6630
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	2,89	mg/kg PS	±1,622
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	2,41	mg/kg PS	±0,4509
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	2,690	mg/kg PS	±0,808
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	2,62	mg/kg PS	±1,215
<sup>13</sup> Fenantreno	8,13	mg/kg PS	±2,741
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	3,86	mg/kg PS	±1,261
* HAPs (Suma)	76,4	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,551	mg/kg PS	±0,3713
<sup>13</sup> Naftaleno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Pireno	1,58	mg/kg PS	±0,6053
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,03	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## Punto de Extracción N° 05-2T500A



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE-072

N° de Referencia: <b>LD-22/001643</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE21100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(*):---
Descripción(*): 2T500A-6		

Fecha/Hora: 27/11/2022 15:03	Muestreado por: Personal AGQ	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574578 9420266
Punto de Muestreo: 2T500A-6		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros: COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8

N° de Referencia: LD-22/001643  
Descripción(\*): 2T500A-6

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>112</sup> Materia Orgánica Total	66,8	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	< 0,16	mg/kg PS	-
Antimonio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Arsénico Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Bario Total	0,071	mg/kg PS	±0,0050
Berilio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	2,08	mg/kg PS	±0,1457
Cadmio Total	< 0,0008	mg/kg PS	-
Calcio Total	< 10,0	mg/kg PS	-
Cerio Total	< 0,0005	mg/kg PS	-
Cobalto Total	< 0,008	mg/kg PS	-
Cobre Total	< 0,03	mg/kg PS	-
<sup>113</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	0,791	mg/kg PS	±0,0554
Estaño Total	1,53	mg/kg PS	±0,1074
Estroncio Total	0,350	mg/kg PS	±0,0559
Fósforo Total	< 0,6	mg/kg PS	-
Hierro Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Litio Total	< 0,016	mg/kg PS	-
Magnesio Total	< 0,3	mg/kg PS	-
Manganeso Total	< 1,00	mg/kg PS	-
Mercurio Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Molibdeno Total	0,079	mg/kg PS	±0,0072
Niquel Total	1,3	mg/kg PS	±0,105
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	82,9	mg/kg PS	±4,97
Talio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Titanio Total	< 0,05	mg/kg PS	-
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	0,9	mg/kg PS	±0,07
Wolframio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Zinc Total	< 0,14	mg/kg PS	-
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	> 300 000	mg/kg PS	±21,3%
<sup>119</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	196 366	mg/kg PS	±16 750
<sup>120</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	2 612	mg/kg PS	±47%
<sup>121</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	> 300 000	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	22	mg/kg PS	±10,5

N° de Referencia: LD-22/001643	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): 2T500A-6	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	15	mg/kg PS	±2,49
m,p-Xileno	65	mg/kg PS	±9,57
o-Xileno	21	mg/kg PS	±5,46
Tolueno	49	mg/kg PS	±16,7
Xilenos	86	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Acenaftileno	2,42	mg/kg PS	±1,120
<sup>13</sup> Antraceno	2,76	mg/kg PS	±0,5084
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	3,800	mg/kg PS	±1,884
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	2,70	mg/kg PS	±0,7020
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	2,21	mg/kg PS	±1,240
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	2,97	mg/kg PS	±0,5557
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	3,940	mg/kg PS	±1,183
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	2,76	mg/kg PS	±1,280
<sup>13</sup> Fenantreno	8,23	mg/kg PS	±2,775
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	4,77	mg/kg PS	±1,559
* HAPs (Suma)	85,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	1,11	mg/kg PS	±0,7479
<sup>13</sup> Naftaleno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Pireno	2,00	mg/kg PS	±0,7662
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,04	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## Punto de Extracción N° 06-610A



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE-072

N° de Referencia: <b>LD-22/001644</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE21100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(*):---
Descripción(*): 610A-7		

Fecha/Hora: 27/11/2022 17:19	Muestreado por: Personal AGQ	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574485 9420227
Punto de Muestreo: 610A-7		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

**OBSERVACIONES (\*):**

Los Parámetros: COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8



N° de Referencia: LD-22/001644  
Descripción(\*): 610A-7

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>113</sup> Materia Orgánica Total	47,3	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	6 906	mg/kg PS	±1 036
Antimonio Total	0,056	mg/kg PS	±0,0051
Arsénico Total	1,7	mg/kg PS	±0,166
Bario Total	2 595	mg/kg PS	±181,7
Berilio Total	4,15	mg/kg PS	±0,4146
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	18,5	mg/kg PS	±1,297
Cadmio Total	0,1243	mg/kg PS	±0,00746
Calcio Total	6 271	mg/kg PS	±376
Cerio Total	1,701	mg/kg PS	±0,20413
Cobalto Total	3,06	mg/kg PS	±0,1528
Cobre Total	41	mg/kg PS	±4,87
<sup>113</sup> Cromo Hexavalente	0,3	mg/kg PS	±0,03
Cromo Total	63,0	mg/kg PS	±4,412
Estaño Total	2,17	mg/kg PS	±0,1521
Estroncio Total	212	mg/kg PS	±33,95
Fósforo Total	291	mg/kg PS	±29
Hierro Total	22 778	mg/kg PS	±911
Litio Total	7,06	mg/kg PS	±0,2826
Magnesio Total	1 548	mg/kg PS	±62
Manganeso Total	219	mg/kg PS	±15,3
Mercurio Total	0,23	mg/kg PS	±0,023
Molibdeno Total	13,0	mg/kg PS	±1,171
Niquel Total	30	mg/kg PS	±2,39
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	26,7	mg/kg PS	±4,265
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	15 281	mg/kg PS	±917
Talio Total	1,29	mg/kg PS	±0,1293
Titanio Total	10	mg/kg PS	±1,66
Torio Total	0,2607	mg/kg PS	±0,01043
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	3	mg/kg PS	±0,21
Wolframio Total	0,430	mg/kg PS	±0,0258
Zinc Total	196	mg/kg PS	±17,7
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	36 775	mg/kg PS	±21,3%
<sup>113</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	21 170	mg/kg PS	±1 806
<sup>113</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	3 626	mg/kg PS	±47%
<sup>113</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	61 571	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	44	mg/kg PS	±21,5



N° de Referencia: LD-22/001644	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): 610A-7	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	26	mg/kg PS	±4,23
m,p-Xileno	> 100	mg/kg PS	-
o-Xileno	37	mg/kg PS	±9,78
Tolueno	> 50	mg/kg PS	-
Xilenos	146	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Acenaftileno	0,114	mg/kg PS	±0,0528
<sup>13</sup> Antraceno	0,450	mg/kg PS	±0,0829
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	0,382	mg/kg PS	±0,189
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	0,318	mg/kg PS	±0,0827
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	0,382	mg/kg PS	±0,2144
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	0,292	mg/kg PS	±0,0546
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	0,369	mg/kg PS	±0,111
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	2,61	mg/kg PS	±0,5904
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	0,318	mg/kg PS	±0,1474
<sup>13</sup> Fenantreno	1,32	mg/kg PS	±0,4451
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	0,430	mg/kg PS	±0,1405
* HAPs (Suma)	9,571	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,076	mg/kg PS	±0,0512
<sup>13</sup> Naftaleno	2,34	mg/kg PS	±1,144
<sup>13</sup> Pireno	0,170	mg/kg PS	±0,0651
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,15	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## Punto de Extracción N° 07-620A



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE-072

N° de Referencia: <b>LD-22/001645</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio Av. Dionisio Derteano Nro. 144.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	(*): Int. 1201 Urb Santa Ana.
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Contrato: QSP-PE221100118
Descripción(*): 620A-8		Cliente 3º(*):----

Fecha/Hora Muestreo: 27/11/2022 17:37	Muestreado por: Personal AGQ	
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574468 9420225
Punto de Muestreo: 620A-8		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros: COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis . Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8

N° de Referencia: LD-22/001645  
Descripción(\*): 620A-8

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>121</sup> Materia Orgánica Total	51,0	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	7 442	mg/kg PS	±1 116
Antimonio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Arsénico Total	0,52	mg/kg PS	±0,052
Bario Total	394	mg/kg PS	±27,58
Berilio Total	2,40	mg/kg PS	±0,2397
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	20,4	mg/kg PS	±1,427
Cadmio Total	0,0468	mg/kg PS	±0,00281
Calcio Total	3 141	mg/kg PS	±188
Cerio Total	0,5006	mg/kg PS	±0,06007
Cobalto Total	1,33	mg/kg PS	±0,0665
Cobre Total	9,1	mg/kg PS	±1,09
<sup>121</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	16,0	mg/kg PS	±1,119
Estaño Total	1,92	mg/kg PS	±0,1342
Estroncio Total	124	mg/kg PS	±19,81
Fósforo Total	278	mg/kg PS	±28
Hierro Total	23 108	mg/kg PS	±924
Litio Total	11,6	mg/kg PS	±0,4660
Magnesio Total	1 381	mg/kg PS	±55
Manganeso Total	194	mg/kg PS	±13,6
Mercurio Total	0,11	mg/kg PS	±0,011
Molibdeno Total	2,07	mg/kg PS	±0,1860
Niquel Total	10	mg/kg PS	±0,819
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	6,33	mg/kg PS	±1,013
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	11 930	mg/kg PS	±716
Talio Total	0,423	mg/kg PS	±0,0423
Titanio Total	4,2	mg/kg PS	±0,667
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	3	mg/kg PS	±0,21
Wolframio Total	0,165	mg/kg PS	±0,0099
Zinc Total	145	mg/kg PS	±13,0
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	135 995	mg/kg PS	±21,3%
<sup>129</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	65 397	mg/kg PS	±5 578
<sup>129</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	1 903	mg/kg PS	±47%
<sup>129</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	203 295	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	8,4	mg/kg PS	±4,07

N° de Referencia: LD-22/001645	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): 620A-8	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	6,9	mg/kg PS	±1,11
m,p-Xileno	28	mg/kg PS	±4,15
o-Xileno	9,4	mg/kg PS	±2,51
Tolueno	33	mg/kg PS	±11,2
Xilenos	38	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	0,413	mg/kg PS	±0,0397
<sup>13</sup> Acenaftileno	2,20	mg/kg PS	±1,018
<sup>13</sup> Antraceno	0,860	mg/kg PS	±0,1584
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	2,120	mg/kg PS	±1,051
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	1,03	mg/kg PS	±0,2678
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	1,40	mg/kg PS	±0,7858
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	1,61	mg/kg PS	±0,3012
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	1,270	mg/kg PS	±0,381
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	9,28	mg/kg PS	±2,099
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	1,37	mg/kg PS	±0,6351
<sup>13</sup> Fenantreno	3,81	mg/kg PS	±1,285
<sup>13</sup> Fluoranteno	0,494	mg/kg PS	±0,0898
<sup>13</sup> Fluoreno	2,83	mg/kg PS	±0,9248
* HAPs (Suma)	37,6	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,716	mg/kg PS	±0,4824
<sup>13</sup> Naftaleno	6,93	mg/kg PS	±3,389
<sup>13</sup> Pireno	1,26	mg/kg PS	±0,4827
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,08	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## Punto de Extracción N° 08-T510



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE-072

N° de Referencia: <b>LD-22/001639</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE21100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(*):---
Descripción(*): T510-2		

Fecha/Hora Muestreo: 24/11/2022 15:30	Muestreado por: Personal AGQ	
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574536 9420276
Punto de Muestreo: T510-2		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros: COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8

N° de Referencia: LD-22/001639  
Descripción(\*): T510-2

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>121</sup> Materia Orgánica Total	55,6	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	942	mg/kg PS	±141
Antimonio Total	0,051	mg/kg PS	±0,0046
Arsénico Total	0,67	mg/kg PS	±0,067
Bario Total	1 871	mg/kg PS	±131,0
Berilio Total	0,321	mg/kg PS	±0,0321
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	18,1	mg/kg PS	±1,269
Cadmio Total	0,0362	mg/kg PS	±0,00217
Calcio Total	5 523	mg/kg PS	±331
Cerio Total	0,5587	mg/kg PS	±0,06704
Cobalto Total	0,423	mg/kg PS	±0,0212
Cobre Total	9,4	mg/kg PS	±1,13
<sup>121</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	5,93	mg/kg PS	±0,4150
Estaño Total	1,98	mg/kg PS	±0,1389
Estroncio Total	212	mg/kg PS	±33,86
Fósforo Total	81	mg/kg PS	±8,1
Hierro Total	2 194	mg/kg PS	±87,8
Litio Total	4,31	mg/kg PS	±0,1725
Magnesio Total	647	mg/kg PS	±26
Manganeso Total	27,4	mg/kg PS	±1,92
Mercurio Total	0,07	mg/kg PS	±0,007
Molibdeno Total	1,72	mg/kg PS	±0,1547
Niquel Total	6,7	mg/kg PS	±0,537
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	10,3	mg/kg PS	±1,642
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	31 415	mg/kg PS	±1 885
Talio Total	0,164	mg/kg PS	±0,0164
Titanio Total	5,6	mg/kg PS	±0,895
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	2	mg/kg PS	±0,17
Wolframio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Zinc Total	51	mg/kg PS	±4,56
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	> 300 000	mg/kg PS	±21,3%
<sup>129</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	255 178	mg/kg PS	±21 767
<sup>129</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	1 229	mg/kg PS	±47%
<sup>129</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	> 300 000	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	< 0,03	mg/kg PS	-

N° de Referencia: LD-22/001639	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): TS10-2	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	0,06	mg/kg PS	±0,010
m,p-Xileno	0,17	mg/kg PS	±0,025
o-Xileno	0,47	mg/kg PS	±0,124
Tolueno	0,07	mg/kg PS	±0,023
Xilenos	0,64	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	0,834	mg/kg PS	±0,0801
<sup>13</sup> Acenaftileno	1,81	mg/kg PS	±0,8377
<sup>13</sup> Antraceno	4,38	mg/kg PS	±0,8068
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	4,450	mg/kg PS	±2,207
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	2,22	mg/kg PS	±0,5772
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	3,06	mg/kg PS	±1,718
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	2,43	mg/kg PS	±0,4547
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	2,570	mg/kg PS	±0,772
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	2,71	mg/kg PS	±1,256
<sup>13</sup> Fenantreno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	5,00	mg/kg PS	±1,634
* HAPs (Suma)	89,3	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,417	mg/kg PS	±0,2810
<sup>13</sup> Naftaleno	> 10,0	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Pireno	2,85	mg/kg PS	±1,092
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,05	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



## Punto de Extracción N° 09-1T500B



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE-072

N° de Referencia: <b>LD-22/001646</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente (*): PETROTAL PERU SRL
Análisis: PE01-00023405-203	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio (*): Av. Dionisio Derteano Nro. 144. Int. 1201 Urb Santa Ana.
Tipo Muestra: LODO	Fecha Recepción: 20/12/2022	Contrato: QSP-PE21100118
Fecha Inicio: 20/12/2022	Fecha Fin: 09/01/2023	Cliente 3º(*):---
Descripción(*): 1T500B-9		

Fecha/Hora: 27/11/2022 17:11	Muestreado por: Personal AGQ	
Muestreo:		
Lugar de Muestreo: Locación 2 - Lote 95	PNT Muestreo: * PPI-301	Coordenadas x,y: 0574584 9420220
Punto de Muestreo: 1T500B-9		

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (\*). Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación

Liliana Elena Santos Alva

Carmen Elizabeth Quispe  
Rojas  
CIP-238104

FECHA EMISIÓN: 09/01/2023

#### OBSERVACIONES (\*):

Los Parámetros: COV'S, BTEX, TPH F1, F2 y F3, se encuentran fuera del Alcance de Acreditación por no cumplir los tiempos de plazo técnico para el análisis.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Luis José de Orbegoso 350, San Luis - Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

atencionalclienteperu@agqlabs.com

agqlabs.pe

1/8



N° de Referencia: LD-22/001646  
Descripción(\*): 1T500B-9

Tipo Muestra: LODO  
Fecha Fin: 09/01/2023

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>Parámetros Físico Químicos</b>			
<sup>112</sup> Materia Orgánica Total	62,9	%	-
<b>Metales Totales</b>			
Aluminio Total	< 0,16	mg/kg PS	-
Antimonio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Arsénico Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Bario Total	0,085	mg/kg PS	±0,0059
Berilio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Bismuto Total	< 0,0009	mg/kg PS	-
Boro Total	2,20	mg/kg PS	±0,1543
Cadmio Total	< 0,0008	mg/kg PS	-
Calcio Total	< 10,0	mg/kg PS	-
Cerio Total	< 0,0005	mg/kg PS	-
Cobalto Total	< 0,008	mg/kg PS	-
Cobre Total	< 0,03	mg/kg PS	-
<sup>113</sup> Cromo Hexavalente	< 0,1	mg/kg PS	-
Cromo Total	0,714	mg/kg PS	±0,0500
Estaño Total	1,43	mg/kg PS	±0,1002
Estroncio Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Fósforo Total	< 0,6	mg/kg PS	-
Hierro Total	24	mg/kg PS	±0,945
Litio Total	< 0,016	mg/kg PS	-
Magnesio Total	< 0,3	mg/kg PS	-
Manganeso Total	< 1,00	mg/kg PS	-
Mercurio Total	< 0,01	mg/kg PS	-
Molibdeno Total	0,052	mg/kg PS	±0,0047
Niquel Total	1,2	mg/kg PS	±0,096
Plata Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Plomo Total	< 0,002	mg/kg PS	-
Selenio Total	< 0,006	mg/kg PS	-
Sodio Total	< 1,00	mg/kg PS	-
Talio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Titanio Total	< 0,05	mg/kg PS	-
Torio Total	< 0,0001	mg/kg PS	-
Uranio Total	< 0,003	mg/kg PS	-
Vanadio Total	0,8	mg/kg PS	±0,06
Wolframio Total	< 0,001	mg/kg PS	-
Zinc Total	< 0,14	mg/kg PS	-
<b>Hidrocarburos</b>			
<sup>118</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	> 300 000	mg/kg PS	±21,3%
<sup>119</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	166 890	mg/kg PS	±14 236
<sup>120</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	24 043	mg/kg PS	±47%
<sup>121</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	> 300 000	mg/kg PS	-
<b>BETX,s</b>			
Benceno	> 50	mg/kg PS	-

N° de Referencia: LD-22/001646	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): 1T500B-9	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert
<b>BETX,s</b>			
Etilbenceno	> 50	mg/kg PS	-
m,p-Xileno	> 100	mg/kg PS	-
o-Xileno	> 50	mg/kg PS	-
Tolueno	> 50	mg/kg PS	-
Xilenos	> 150	mg/kg PS	-
<b>PAH,s</b>			
<sup>13</sup> Acenafteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Acenaftileno	0,232	mg/kg PS	±0,1074
<sup>13</sup> Antraceno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Benzo (a) antraceno	0,319	mg/kg PS	±0,158
<sup>13</sup> Benzo (a) pireno	0,283	mg/kg PS	±0,0736
<sup>13</sup> Benzo (b) fluoranteno	0,304	mg/kg PS	±0,1706
<sup>13</sup> Benzo (e) pireno	0,283	mg/kg PS	±0,0529
<sup>13</sup> Benzo (g,h,i) perileno	0,275	mg/kg PS	±0,083
<sup>13</sup> Benzo (k) fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Criseno	2,14	mg/kg PS	±0,4841
<sup>13</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	0,333	mg/kg PS	±0,1544
<sup>13</sup> Fenantreno	0,720	mg/kg PS	±0,2428
<sup>13</sup> Fluoranteno	< 0,005	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Fluoreno	0,440	mg/kg PS	±0,1438
* HAPs (Suma)	7,807	mg/kg PS	-
<sup>13</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,101	mg/kg PS	±0,0681
<sup>13</sup> Naftaleno	2,21	mg/kg PS	±1,081
<sup>13</sup> Pireno	0,167	mg/kg PS	±0,0640
<b>S y otras formas de S</b>			
* Azufre Total	0,03	%	-

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k=2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

## ANEXO 03. Informe de validez y confiabilidad

### Anexo Técnico de los ensayos de laboratorio



INFORME DE ENSAYO LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-072



Registro N° LE - 072

N° de Referencia: LD-22/001639	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): T510-2	Fecha Fin: 09/01/2023

ANEXO TECNICO				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Parámetros Físico Químicos</b>				
<sup>13</sup> Materia Orgánica Total	PEC-012	Gravimetría		0,01 %
<b>Metales Totales</b>				
Aluminio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,16 mg/kg PS
Antimonio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,003 mg/kg PS
Arsénico Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,01 mg/kg PS
Bario Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,023 mg/kg PS
Berilio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,001 mg/kg PS
Bismuto Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,0009 mg/kg PS
Boro Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,012 mg/kg PS
Cadmio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,0008 mg/kg PS
Calcio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		10,0 mg/kg PS
Cerio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,0005 mg/kg PS
Cobalto Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,008 mg/kg PS
Cobre Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,03 mg/kg PS
<sup>123</sup> Cromo Hexavalente	PP-205 Rev.6 2018	Espect ICP-OES		0,1 mg/kg PS
Cromo Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,008 mg/kg PS
Estaño Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,006 mg/kg PS

(\*) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

N° de Referencia: LD-22/001639	Tipo Muestra: LODO
Descripción(^): T510-2	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Metales Totales</b>				
Estroncio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,002 mg/kg PS
Fósforo Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,6 mg/kg PS
Hierro Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,01 mg/kg PS
Litio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,016 mg/kg PS
Magnesio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,3 mg/kg PS
Manganeso Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg PS
Mercurio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,01 mg/kg PS
Molibdeno Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,002 mg/kg PS
Niquel Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,02 mg/kg PS
Plata Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,002 mg/kg PS
Plomo Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,002 mg/kg PS
Selenio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,006 mg/kg PS
Sodio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg PS
Talio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,003 mg/kg PS
Titanio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,05 mg/kg PS
Torio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,0001 mg/kg PS

(#) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos) Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

N° de Referencia: LD-22/001639	Tipo Muestra: LODD
Descripción(°): T510-2	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>Metales Totales</b>				
Uranio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,003 mg/kg PS
Vanadio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,2 mg/kg PS
Wolframio Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,001 mg/kg PS
Zinc Total	EPA Method 3050B Rev.2 (1996) / EPA Method 6020B Rev.2 (2014)	Espect ICP-MS		0,14 mg/kg PS
<b>Hidrocarburos</b>				
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C10-C28	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C28-C40	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C10	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID HS		0,3 mg/kg PS
<sup>128</sup> Hidrocarburos Totales de Petróleo C5-C40	EPA Method 8015C. Rev.3 (2007)	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
<b>BETX,s</b>				
Benceno	EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Cromat CG FID		0,03 mg/kg PS
Etilbenceno	EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Cromat CG FID		0,03 mg/kg PS
m,p-Xileno	EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Cromat CG FID		0,08 mg/kg PS
o-Xileno	EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Cromat CG FID		0,04 mg/kg PS
Tolueno	EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Cromat CG FID		0,03 mg/kg PS
Xilenos	EPA Method 8260D Rev.4 (2018)	Cromat CG FID		0,06 mg/kg PS
<b>PAH,s</b>				
<sup>123</sup> Acenafteno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>124</sup> Acenaftileno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>123</sup> Antraceno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>124</sup> Benzo (a) antraceno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>124</sup> Benzo (a) pireno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>123</sup> Benzo (b) fluoranteno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>124</sup> Benzo (e) pireno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,030 mg/kg PS
<sup>123</sup> Benzo (g,h,i) perileno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>123</sup> Benzo (k) fluoranteno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>124</sup> Criseno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>123</sup> Dibenzo (a,h) antraceno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,004 mg/kg PS

(\*) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AMD

Nº de Referencia: LD-22/001639	Tipo Muestra: LODO
Descripción(*): T510-2	Fecha Fin: 09/01/2023

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
<b>PAH,s</b>				
<sup>15</sup> Fenantreno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>15</sup> Fluoranteno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>15</sup> Fluoreno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
* HAPs (Suma)	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,004 mg/kg PS
<sup>15</sup> Indeno (1,2,3-cd) pireno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<sup>15</sup> Naftaleno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,003 mg/kg PS
<sup>15</sup> Pireno	EPA Method 8270E Rev.6 (2018)	Cromatog CG/MS-MS		0,005 mg/kg PS
<b>S y otras formas de S</b>				
* Azufre Total	PE-4408	Anal. Elemental		0,01 %

(\*) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual cuantificamos. El Lim Detec es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de Radioactividad es el AND