



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Proceso batch con Dióxido de Carbono supercrítico para la remoción de
Hidrocarburo de suelos contaminados, Puente Piedra 2018”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Grandes Astete, Katherine Milagros (ORCID: 0000-0003-3507-6817)

ASESORA:

Mg. Sc. Ing. Haydeé Suárez Alvites (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

Lima – Perú

2018

DEDICATORIA

A Dios, por la vida, por las bendiciones, retos y oportunidades.

A mi madre Dolores, que desde el cielo me da fuerza para seguir adelante y me acompaña en todo momento, por formarme hacia donde Dios le permitió estar conmigo y seguramente está orgullosa de este logro.

A mi Padre Rodolfo, por su incondicional apoyo en mi vida, sus consejos y su cariño puesto en mí.

A mis hermanos Janet, Jhon y mi pequeño Miguel por su apoyo y comprensión por que cada uno de ellos puso su granito de arena en toda mi formación académica y de quienes aprendí y aprendo la perseverancia, la unión y el amor entre hermanos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A mis padres Dolores Astete Pariona y Rodolfo Grandes Garcia, por ser parte de esta investigación que sin su apoyo no hubiese logrado este resultado.

A mis Hermanos por darme ánimos y apoyarme siempre.

A mi alma mater la universidad César Vallejo por acogerme en mi formación profesional.

Al Ing. Alejandro Suarez por su apoyo y guía durante el desarrollo de la investigación, gracias por su paciencia y dedicación.

A mi familia y a todas las personas que colaboraron durante mi periodo de investigación.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Proceso batch con Dióxido de Carbono para la remoción de Hidrocarburo de suelos contaminados, Lima 2018”., la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniería ambiental.



Katherine Milagros Grandes Astete

ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Presentación.....	iv
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	4
1.2.1 Internacionales.....	4
1.2.2 Nacionales.....	6
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	8
1.4 Formulación del problema.....	20
1.4.1 Problema general.....	20
1.4.2 Problema específico.....	21
1.5 Justificación del problema.....	21
1.5.1 Justificación técnica.....	21
1.5.2 Justificación económica.....	21
1.5.3 Justificación ambiental.....	21
1.6 Hipótesis.....	22
1.6.1 Hipótesis general.....	22
1.6.2 Hipótesis específica.....	22
1.7 Objetivos.....	23
1.7.1 Objetivo general.....	23

1.7.2 Objetivo específico.....	23
II. MÉTODO.....	24
2.1 Diseño de la investigación.....	24
2.2 Variables y operacionalización.....	25
2.3 Población y muestra.....	27
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	28
2.5 Métodos de análisis de datos.....	37
2.6 Aspectos éticos.....	37
III. RESULTADOS.....	38
3.1 Resultados del análisis inicial.....	38
IV. DISCUSIÓN.....	53
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	56
ANEXO.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Estándares de calidad ambiental para suelo	13
Cuadro N° 2: Análisis de varianza para el modelo de primer orden en un diseño factorial.....	20
Cuadro N° 3: Operacionalización de las variables.....	26
Cuadro N° 4: Cantidad de muestra de suelo.....	27
Cuadro N° 5: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
Cuadro N° 6: Equipos y materiales.....	29
Cuadro N° 7: Valoración de expertos.....	36
Cuadro N° 8: Resultados de las características físicas del suelo.....	39
Cuadro N° 9: Resultados de concentración inicial de hidrocarburos F2 (C10-C28)..	39
Cuadro N° 10: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 1.....	40
Cuadro N° 11: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 2.....	40
Cuadro N° 12: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 3.....	41
Cuadro N° 13: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 4.....	41
Cuadro N° 14: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 5.....	42
Cuadro N° 15: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 6.....	42
Cuadro N° 16: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 7.....	43
Cuadro N° 17: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 8.....	43
Cuadro N° 18: Hidrocarburos en el Suelo: Muestra N° 9.....	44
Cuadro N° 19: Resumen De Resultados En Base A Los Análisis De Laboratorio...	45
Cuadro N° 20: Resultados del análisis de varianza.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Proceso de extracción de hidrocarburos.....	17
Figura N° 02: Proceso batch con CO ₂ súper crítico.....	18
Figura N° 3: Toma de muestra.....	30
Figura N° 4: Muestra de suelo.....	31
Figura N° 5: Diseño del reactor.....	32
Figura N° 6: Equipo batch y celdas de seguridad.....	32
Figura N° 7: Pesaje de la muestras.....	33
Figura N° 8: Montaje del Equipo.....	33
Figura N° 9: Contacto hielo seco y suelo contaminado.....	34
Figura N° 10: Remoción de hidrocarburos.....	34
Figura N° 11: Preparación de muestra post tratamiento.....	35
Figura N° 12: Concentración inicial, final y eficiencia de remoción.....	46
Figura N°13: Diagrama en 3 dimensiones.....	48
Figura N°14: Diagrama en 2 dimensiones.....	49

RESUMEN

Los suelos cubiertos con hidrocarburos resultan un problema para la dinámica de los ecosistemas que se degradan debido a la presencia de películas poliméricas que no proveen los niveles de oxígeno requerido por el metabolismo de los organismos biológicos. Muchos esfuerzos están orientados a la limpieza de hidrocarburos de los suelos usando solventes y agentes químicos que permiten la liberación rápida de los hidrocarburos. El dióxido de carbono como solvente en condiciones supercríticas fue rutinariamente empleado y su efectividad fue probada en flujos continuos. En este trabajo de investigación se utilizó el dióxido de carbono en próximas a sus condiciones críticas para remover hidrocarburos de suelos en procesos no continuos o "batch". La efectividad del proceso fue medido en términos de la presencia de hidrocarburos F2 (>C10-C28). Para el tratamiento se utilizó paredes transparentes de acrílico que permite el acceso visual de lo que ocurre dentro del compartimiento donde se pone en contacto el suelo-hidrocarburo con el dióxido de carbono. Las muestras utilizadas tenían como masa 50 g de suelo-hidrocarburo y 50 g de CO₂ sólido; las temperaturas de 11°C, 13°C y 15° C y tiempos de 3 min, 5 min y 7 min respectivamente fueron fijados en base a un diseño experimental factorial. Los resultados obtenidos demuestran que los tratamientos a la temperatura de 13°C y en un periodo de 5 min de contacto, la eficiencia alcanzada en el rango de experimentación alcanza 69.15 %. en la remoción de hidrocarburos F2 (C10-C28).

Palabras Claves: hidrocarburos, CO₂, fluido súper crítico, proceso batch.

ABSTRACT

Soils are related to hydrocarbons. It is a problem for the dynamics of systems that degrade due to the presence of polymeric films that have not demonstrated the oxygen levels required for the metabolism of biological organisms. Many efforts are focused on the cleaning of hydrocarbons. Carbon dioxide as a solvent under supercritical conditions was routinely used and its response was tested in continuous results. In this research work, carbon dioxide is reduced in the surroundings. The emission of the process was measured in terms of the presence of F2 hydrocarbons (C10-C28). For the treatment of transparent acrylic walls that allows visual access to what happens inside the compartment where the soil-hydrocarbon is put in contact with carbon dioxide. The samples used have a mass of 50 g of soil-hydrocarbon and 50 g of solid CO₂; The temperatures of 11 ° C, 13 ° C and 15 ° C and times of 3 minutes, 5 minutes and 7 minutes respectively were set based on a factorial experimental design. The results indicate that the treatments at the temperature of 13 ° C and in a period of 5 minutes of contact, the efficiency reached in the range of experimentation reaches 69.15 %. in the removal of F2 hydrocarbons (C10-C28).

Keywords: hydrocarbons, CO₂, super critical fluid, batch process.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años, el Perú ha sido testigo de cambios importantes en la industria nacional e internacional de hidrocarburos, el incremento en las actividades exploración y explotación es cada vez mayor (OSINERGMIN, 2015).

Según el Ministerio De Energía y Minas (2018) menciona, que del año 2010 al año 2018 la producción fiscalizada de hidrocarburos es de 135 317 barriles por día, los cuales son comercializados en nuestro país.

Debido al amplio uso de los hidrocarburos en nuestro país está se asocia a las actividades de exploración, explotación, refinación, distribución, transporte y comercialización; destinados a satisfacer nuestros requerimientos energéticos de combustibles y otros productos para la industria y el transporte.

Según Ministerio del Ambiente (2014) menciona, los mayores derrames de hidrocarburos son ocasionados durante su transporte por oleoductos y vía terrestre causando gran impacto en los suelos.

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza que alberga una inmensidad de organismos diferentes que interactúan entre si y contribuyen a los ciclos globales que hacen posible la vida (FAO, 2015).

La contaminación de los suelos por hidrocarburo ha permitido que se realicen muchas investigaciones de los impactos en el ambiente y en los seres humanos. Cuando los hidrocarburos entran en contacto con los suelos, daña la producción y disminuye la población microbiana presente (Benavides, 2006).

Según la Organización mundial de la salud (2018) La exposición del ser humano con los hidrocarburos, puede ocasionar efectos agudos en la salud y a largo plazo, como el cáncer y la anemia, esto debido a que algunos de los hidrocarburos tienen compuestos de benceno como los derivados de los hidrocarburos de petróleo, los combustibles de motores y los solventes.

Greenpeace (2018) señala que el benceno ingresa al cuerpo humano por las vías respiratorias, por ingestión o a través de la piel y se ha comprobado que el 20%-40% es absorbido por la piel; las consecuencias a estas exposiciones pueden producir

depresión, dolores de cabeza, vértigo y náuseas y es considerado cancerígeno para el ser humano.

Existen empresas operadoras encargadas de la recolección de estos suelos contaminados con la finalidad de disponerlos en un relleno de seguridad, originando un alto costo a aquellas empresas responsables de estos derrames, además de aumentar el congestionamiento de los rellenos y reducir su ciclo de vida.

Esto es un problema muy importante que requiere que los suelos contaminados con hidrocarburos sean remediados usando tecnologías de bajo costo y de fácil acceso. Una alternativa para la remoción de hidrocarburos en suelos es el uso de CO₂ en estado súper crítico, denominados así ya que las condiciones de presión y temperatura se encuentran por encima de su punto crítico termodinámico.

Las tecnologías para remediar suelos pueden clasificarse en tres tipos principales de tratamiento: biológico, físico / químico y térmico, la extracción con fluidos súper críticos se incluye en la segunda categoría.

El tratamiento mediante un proceso batch con CO₂ en súper crítico, permitiría la remoción de hidrocarburos de suelos agrícolas ya que es uno de los solventes más usados en la extracción, esto es debido a que posee características consideradas ideales: tiene la tasa de extracción más alta, es no tóxico, no inflamable, no explosivo, rentable, fácilmente disponible y fácil de extraer.

La efectividad de este proceso será caracterizada en términos de la presencia de hidrocarburos, antes y después del tratamiento.

1.1 Realidad Problemática

Según la Agencia de protección ambiental (2018), señala que el derrame de hidrocarburos, genera efectos negativo no solo en el ambiente sino también en la salud de las personas, así como en la fauna, flora y cursos de agua; debido a que es

insoluble, persistente y puede contener productos químicos tóxicos y metales pesados y es lento para degradarse.

La contaminación por hidrocarburos en los suelos es un problema que se presenta en varios lugares del país en especial en la amazonía peruana derrames ocasionados durante el transporte por oleoductos, así mismo se identifican los derrames ocasionados durante el transporte por cisternas para abastecer a la estación que distribuyen este producto.

Según BUENDIA, (2012) señala que a pesar del cuidado que se tiene durante su transporte, hay muchas probabilidades de que estos compuestos ingresen a suelo y superen los estándares de calidad ambiental (ECA) suelos establecidos por el ministerio del ambiente.

En el Perú se registran derrames de hidrocarburos de petróleo cada año según lo investigado y según la información recopilada del año 2015 al 2017 se registró lo siguiente:

En el 2015, Según el diario el Comercio se registró un derrame de 200 barriles el cual se dio en la región Loreto.

En el 2016 Según el diario el Comercio se produjo 13 derrames uno de los más grandes fue en enero y febrero donde se reportaron 3000 barriles de petróleo derramados afectando a 4443 pobladores de la región amazonas y Loreto.

En el 2017 Según el diario Gestión se registraron 6 derrames todos ellos producidos en la región Loreto afectando principalmente a los suelos y fuentes de agua (ríos).

En la empresa operadora de residuos sólidos ubicada en Puente Piedra de donde se retiraron las muestras en promedio se hace un recojo anual de 100 a 200 TM de tierras contaminadas con hidrocarburos, estos son llevados a un relleno de seguridad para su disposición final, lo cual implica un costo para los generadores de estos residuos

además de ser un peligro durante su transporte y manipulación por parte del personal encargado de realizar los servicios de recojo y transporte.

Por toda la problemática anteriormente expuesta, en esta investigación se propone una solución rápida para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos, mediante un proceso batch con CO₂ súper crítico.

1.2 Trabajos previos

Se ha logrado establecer investigaciones a nivel internacional y nacional que tienen concordancia con el tema, entre los trabajos que se aproximan podemos sugerir los siguientes:

1.2.1 Internacionales

REZA, K. , MOHAMMAD, R. , FERIDUN E. ,DARIUSH M. (2014) publicaron en su artículo "Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction" donde tienen como objetivo la eliminación de contaminantes de los lodos provenientes de las perforaciones petroleras, contaminante tales como azufres, cloro, hidrocarburos principalmente con un número de carbono de C10-C28. En esta investigación se usó fluido súper crítico CO₂ ya que según las fuentes que investigaron encontraron varios autores que afirman que el dióxido de carbono supercrítico puede eliminar estos contaminantes del lodo de perforación debido a sus características de solvatación que se manipulan fácilmente para disolver compuestos no polares como diesel y aceites minerales. El desarrollo experimental se llevó a cabo a una presión de extracción de 100 bar a 200 bar, la temperatura de extracción de 39 °C a 60 °C, y un tiempo estático de 20 a 130 min. La muestra de lodo de perforación contaminado fue aproximadamente 147 gr con un total de 29 experimentos. Donde se pudo observar que la eficiencia del fluido súper críticos CO₂ aumenta a medida que el tiempo de 20 minutos se extiende a 100 minutos, esto se debe a que hay más tiempo para que el solvente (fluido súper críticos CO₂) sea penetrado en el lodo de perforación logrando extraer los contaminantes. En conclusión los resultados obtenidos revelaron que el tiempo estático óptimo para la extracción de

contaminantes en lodos de perforación petrolera es de 110 min, la presión de extracción y temperatura de 180 bar y 59° C, respectivamente.

ISMIRLIAN, P. (2018) en su Tesis “Evaluación de diferentes métodos de tratamiento para recorte de perforación de pozos petroleros con lodo base hidrocarburos en Argentina” describe el proceso de extracción con fluidos súper críticos e indica que esta técnica es posible para extraer contaminantes como metales e hidrocarburos considerando que el tipo de suelo que se podría tratar son aquellos con bajo contenido de arcilla para que la eficiencia de remoción sea mayor esto debido a que los suelos con alto contenido de arcilla tienen un bajo contacto del solvente con el hidrocarburo, también señala que los altos porcentajes de humedad hacen que los hidrocarburos se extraigan en la fase líquida, como fluidos súper críticos más eficientes plantea el uso de dióxido de carbono, propano o freón que tienen una eficiencia de remoción de 80% - 90%. Aunque para realizar esta técnica involucra un costo elevado para la instalación del equipo además si se realiza en uno de flujo continuo este requerirá de servicios adicionales como almacenamientos y compresión del gas.

FORERO, J. Y CASTRO, H. (2014), publicaron en la revista Colombiana de Química “Extracción de plaguicidas en suelo empleando dióxido de carbono supercrítico-cosolventes” donde explica el uso del dióxido de carbono supercrítico como solventes más usados en la extracción con fluidos súper críticos debido a que posee características consideradas ideales: baja toxicidad, baja inflamabilidad, condiciones críticas bajas ($P = 73.8$ bar y $T = 31$ °C). EL proceso se llevó a cabo con un suelo caracterizado como franco arcilloso (20,88% arena, 46,88% arcilla y 32,24% limo) con un bajo contenido de materia orgánica (3,24%), con una humedad de 4,04% y un pH en suelo saturado de 5,29. Las extracciones se llevó a cabo en un equipo de extracción supercrítica de flujo continuo compuesto por un reservorio de CO₂, una bomba neumática, un reservorio de cosolvente, una celda de extracción, un separador, una termocupla que rodeó toda

la celda de extracción, válvulas de paso y manómetros. La muestra empleada fue de 10 g de suelo previamente tamizado; para el proceso se fijó la temperatura de 35 °C y una presión 140 Bar por un tiempo de 15 min. Sin embargo, el uso de fluido súper crítico CO₂ puro en la extracción de residuos de plaguicidas fue limitado debido a su baja polaridad. Por lo que el investigador midió la eficiencia de tres cosolventes con la finalidad de optimizar el proceso de extracción, se usó acetato de etilo, acetona y metanol. Donde se demostró que el metanol adicionado en el proceso de extracción ofrece la mayor eficiencia obteniendo valores de recuperación entre 51,24 y 123,50%. Finalmente se Concluye en que cosolvente para la extracción de plaguicidas en suelo empleando Fluido súper crítico CO₂ mejora la eficiencia de extracción.

1.2.2 Nacionales

VIVAR, J. (2013) en su tesis “Diseño de una planta piloto de extracción de Oleorresina de paprika usando CO₂ como fluido supercrítico” explica el diseño de una planta piloto que fue diseñado con un volumen de 5 L, el cual fue usado como recipiente de extracción, lo que permitió obtener 0,25 kg/h de oleorresina de paprika usando fluido súper crítico (CO₂), como solventes aplicado en 2,6 kg/h paprika en todo este en procesos en un tiempo estimado de 15 min por cada experimento realizado. También indico que seleccionó el CO₂ en estado supercrítico debido a las aplicaciones que este tiene como solvente para la extracción de sustancias debido a su particular comportamiento con respecto a sus propiedades físicas como por ejemplo alta densidad y baja viscosidad, debido también a que tiene la peculiaridad de que su temperatura crítica es muy cercana a la temperatura Ambiente (T_{crit} = 31°C) y su presión crítica no es tan elevada (P = 73.8 bar), en comparación con las presiones críticas de otros fluidos. De este estudio de investigación se dedujo que la extracción usando CO₂ en estado súper crítico en proceso batch es eficiente pero tiene una alta inversión inicial, pero con bajo costo de operatividad.

Según Palomino (como se citó en Cárdenas, 2014, p.2) En su tesis “Extracción de

aceite de molle mediante un solvente por el cual es usado como un fluido súper crítico para la extracción de aceites fluidos supercríticos (CO₂). Menciona que el CO₂ en condiciones de T° y P° a su punto crítico se comporta como esenciales, donde obtuvo un alto porcentaje de las esencias del molle siendo por lo tanto un sistema de alto rendimiento.

CHAMORRO, R. (2017) en su tesis “Efectos de la presión y temperatura en la extracción por CO₂ supercrítico de carotenoides de zanahoria (*Daucus Carota*)” Donde se evaluaron los efectos de temperatura y presión en la extracción de carotenoides, debido a su valor nutricional y las propiedades de este compuesto como colorante. Como primer paso a este proceso se realizó el secado de la muestra a 40°C por un tiempo de 8 horas hasta obtener particular de 0.250 mm para luego ser molido, para la extracción de la carotenoide la presión dada fue de 200 y 280 bar y a temperatura de 40, 50 y 60 grados centígrados por un tiempo de dos horas y media. Siendo así que a presión de 280 bar y temperatura de 50°C se obtuvieron mejores resultados de solubilidad que en una presión de 280 bar y 40°C debido a la interacción entre el soluto, solvente y las condiciones de temperatura. Donde se concluye que la eficiencia en los resultados de solubilidad para la extracción de la carotenoides depende en su mayoría de la temperatura ya que hay diferencia significativa en la extracción del carotenoide y que no hay diferencia significativa entre presiones de trabajo. Para determinar la eficiencia de extracción usando CO₂ súper crítico se comparó el contenido total de las fracciones de carotenoides obtenidas en el proceso de extracción convencional con el proceso de extracción con CO₂ en estado súper crítico.

BOURDON, J. (2017) en su tesis “Diseño y construcción de un equipo para extracción con fluidos supercríticos (EFS) en flujo continuo, a nivel laboratorio, destinado a la obtención de extractos antioxidantes procedentes de residuos agroindustriales” explica la construcción de un reactor que permite obtener extractos de diferentes biomásas vegetales usando fluidos súper críticos Dióxido

de carbono (CO_2) y CO_2 con modificador de polaridad etanol. También compara las técnicas clásicas como el prensado, destilación, arrastre con vapor entre otros indicando que las desventajas de estas técnicas son la elevada cantidad de muestras para obtener resultados. Así mismo menciona las ventajas de trabajar con CO_2 en estado súper crítico, ya que su poder disolvente es fácil de trabajar solo con despresurizar, se presenta el paso a estado gaseoso del CO_2 , se puede trabajar a bajas temperaturas, se requiere poca cantidad de muestras además que el CO_2 puede ser obtenido como residuo de algunos procesos industriales. El trabajo se desarrolló en tres etapas: primero el diseño y construcción del equipo, se diseñó un equipo continuo y un equipo batch donde el reservorio del disolvente fue de una capacidad de 20 kg además de considerar otras características como fácil apertura y cierre con la finalidad de realizar el cambio rápido de la muestra, el sellado sencillo pero seguro sin necesidad de herramienta especiales, fácil de desmontar permitiendo cambiar las cámaras de extracción. La siguiente etapa fue la obtención de extractos desde diferentes biomásas como de las hojas de orégano y semillas de guayaba donde se siguió el siguiente procedimiento: lavado de la muestra, secado a 40°C , molienda, extracción con CO_2 Súper críticos y extracción con CO_2 súper crítico con modificador de polaridad etanol, a 110 bar y 50°C por 15 min respectivamente, eliminación del solvente y finalmente se evaluó el rendimiento y la calidad de los extractos obtenidos de las hojas de orégano y las semillas de guayaba dando como resultado que el extracto obtenido empleando CO_2 y etanol es muy superior al obtenido con CO_2 puro, tanto en proceso batch como continuo (entre 15% y 20%).

1.3 Teorías relacionadas al tema

Los hidrocarburos

Son compuestos constituidos por átomos de carbono e hidrógeno, de gran abundancia en la naturaleza y presentes principalmente en el petróleo.

En el petróleo estos son considerados como una mezcla líquida compleja de gases, líquidos y sólidos, existiendo pequeñas cantidades de mezclas de nitrógeno, oxígeno y azufre, además de contener compuestos de hierro, níquel, vanadio y

otros metales. De manera general, el petróleo tiene una proporción de 76 a 86% de carbono, e hidrógeno de 10 a 14% (Bustamante, 2007, p.22).

Escalante, (2000). El hidrocarburo de petróleo crudo y sus productos refinados pueden dividirse en cuatro grupos: hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos asfálticos, hidrocarburos aromáticos y compuestos orgánicos polares.

Según el Ministerio del ambiente (2017) en el estándar de calidad ambiental (ECA) D.S. N° 011-2017, clasifica los hidrocarburos según la Composición de átomos de carbono:

Hidrocarburos fracción ligera (F1): Alcanos de cadena simple y ramificada, se obtiene mediante la destilación a temperaturas < 40 °C y está compuesto por 5 a 10 átomos de carbono, entre ellos tenemos a los gases.

Hidrocarburos fracción media (F2): se obtiene mediante la destilación a temperaturas entre 40-200 °C su composición es de 10 a 28 carbonos. Entre ellos tenemos los siguientes productos: Gasolina, diésel, queroseno, aceites lubricantes.

Hidrocarburos fracción pesada (F3): se obtiene mediante la destilación a temperaturas mayores a 370 °C y cuyas moléculas de carbono contienen entre 28 a 40. Entre ellos tenemos los siguientes productos: Asfaltos y alquitranes.

Características de los hidrocarburos

BERNAL (2015). Menciona sus principales características:

Los hidrocarburos son compuestos prácticamente no polares.

Poseen bajos puntos de fusión y ebullición. Con el aumento de la masa molar, los puntos de fusión y ebullición también aumentan.

Estados físicos

Los hidrocarburos se clasifican según la Composición de átomos de carbono.

Densidad

Es baja, siendo inferior a 1,0 g/cm³.

Solubilidad

Son solubles en sustancias no polares o que tienen baja polaridad. No se disuelven en agua, que es polar.

Suelo

Es un material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (MINAM, 2013).

El suelo es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producto de la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica. (Bustamante, 2007, p.22).

Caracterización del suelo

El suelo está formado por cinco componentes principales: los materiales minerales que forman más del 50% del volumen total del suelos, el aire y el agua que constituyen de 25% a 50% del volumen total, la materia orgánica que ocupa entre el 3 % y 6 % en promedio del volumen y los organismos vivos que solo representan aproximadamente el 1%.

LOYA, D. (2013). Describe las características del suelo que controlan la eficiencia de una tecnología de descontaminación, de las cuales menciona:

Tamaño de partícula: los suelos se clasifican según su tamaño de partícula, siendo la arcilla (<0.002mm), los sedimentos (<0.002mm – 0.05mm), y la arena (0.05 – 2.0 mm) sus principales componentes (Bernal, 2015, p.17).

Densidad aparente: indica el peso del suelo por unidad de volumen, consideran que el suelo está compuesto por sólidos y agua y que su densidad dependerá de la humedad (Bernal, 2015, p.44).

pH: determina el grado de adsorción de iones por las partículas del suelo pudiendo afectar así su solubilidad, movilidad y formas iónicas de un contaminante y normalmente su movilidad disminuye con altos valores de pH (Bernal, 2015, p.42).

Humedad: es un factor importante ya que una alta humedad puede impedir el movimiento de aire a través del suelo, esto afecta básicamente a los procesos de biorremediación (Bernal, 2015, p.49).

Materia orgánica (MO): está constituida por los desechos animales y vegetales (humus), un suelo con alto contenido de MO disminuye la movilidad de compuestos orgánicos, disminuyendo la eficiencia de ciertas tecnologías (Bernal, 2015, p.53).

Tipos de suelo

Suelo agrícola

Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas (MINAM, 2013).

Suelo comercial

Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios (MINAM, 2013).

Suelo industrial

Suelo en el cual, la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes (MINAM, 2013).

Suelo residencial y parques

Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas: incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento (MINAM, 2013).

Suelo contaminado

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana (MINAM, 2013)

Los suelos son contaminados al recibir cantidades de desechos que contienen sustancias químicas tóxicas (sólidos, Líquidos, gaseosos) no compatibles con el equilibrio ecológico; materias orgánicas en descomposición, microorganismos peligrosos (Bustamante, 2007, p.27).

Suelos contaminados por hidrocarburos

Los hidrocarburos (HC) son una mezcla de moléculas insolubles de que cuando entra en contacto con el suelo afecta negativamente su estructura, impidiendo el intercambio gaseoso con la atmósfera, e inhibe la actividad de las poblaciones microbianas nativas, reduce su fertilidad y la cobertura vegetal (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014, p.20).

Los HC al ponerse en contacto con los suelos, destruyen el humus vegetal, alterando la fertilidad de los suelos y generando alto riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014, p.20),

El derrame de hidrocarburos afecta las propiedades físicas de suelos: dañando la estructura del suelo y aumentando la retención de agua en la capa superficial.

Asimismo, afecta las propiedades químicas del suelo: aumentando el carbono orgánico y disminuyendo el pH, producto de la acumulación de carbono orgánico y generación de ácidos orgánicos (Loya, 2013, p.33)

ECA Suelo

Los estándares de calidad ambiental para suelos establecen las medidas de concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos o biológicos que se

encuentran presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor y que no presentan riesgo significativo al ambiente ni a la salud de las personas (MINAM, 2017).

Cuadro N° 1: Estándares de calidad ambiental para suelo

Parámetro en mg/kg	Unos del suelo			Método de ensayo
	Suelos agrícolas	Suelo residencial / parque	Suelo comercial/ industrial/ extractivo	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0.03	0.03	0.03	EPA 8260 EPA 8021
Tolueno	0.37	0.37	0.37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceni	0.082	0.082	0.082	EPA 8260 EPA 8021
Xileno	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0.1	0.6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0.1	0.7	0.7	EPA 8270
Hidrocarburos de petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015

Compuestos organoclorados				
Bifenilos policlorados-PCB	0.5	1.3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0.1	0.2	0.5	EPA 8260
Tricloroetileno	0.01	0.101	0.01	EPA 8260
Inorgánicos				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total	750	500	2000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1.4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0.4	0.4	1.4	EPA 3060 / EPA 7199 ó DIN EN 15192
Mercurio	6.6	6.6	24	EPA 7471 / EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro libre	0.9	0.9	8	EPA 9013 / SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F O STM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: D.S. N.º 011 - MINAM, 2017

Fluidos súper crítico

Un fluido súper crítico, es un estado de la materia en el que se comparten propiedades de los gases y de los líquidos y que a cierta temperatura y presión se encuentran por encima de su punto crítico termodinámico (Guerrero, Ortega y Rojas, 2011, p.292).

“las características singulares de los fluidos súper críticos los hacen útiles en numerosas operaciones y procesos de la industria química; operaciones de separación [...] tecnologías de alimentos, productos farmacéuticos, tratamiento de residuos tóxicos, etc.” (Guerrero, Ortega y Rojas, 2011, p.292).

Propiedades de los fluidos súper crítico

Un fluido supercrítico tiene propiedades entre las de un gas y las de un líquido. Es así que un fluido supercrítico no solo puede disolver solutos, sino que también es miscible con los gases y puede ingresar dentro de los poros de los sólidos. Una característica de los fluidos supercríticos es que tienen una viscosidad más baja y un coeficiente de difusión mayor a la de los líquidos.

Las propiedades de los fluidos súper críticos puedan ajustarse modificando la temperatura, con la finalidad de obtener ventajas para la aplicación de estos fluidos como agentes de extracción. (Campoverde, 2012).

Variables afectan al proceso de extracción con fluidos supercríticos

Según Campoverde (2012, p.216-217) en su tesis de “Recuperación de hidrocarburos de lodos de tanques de almacenamiento utilizando propano supercrítico” señala que las variables experimentales que afectan la eficiencia de la remoción con fluidos supercríticos son las siguientes:

- Propiedades del fluido como: presión, temperatura, naturaleza, volumen total de fluido extractivo.
- Las Características del soluto como el tipo analito y la concentración.
- Características del sólido (muestra de suelo contaminado con aceites usados): tamaño de muestra, tamaño de partícula, presencia de otras sustancias extraíbles, condiciones de humedad de la muestra.
- tiempo de extracción.
- Errores en la toma de muestra.

Fluido súper crítico - CO₂

El fluido súper crítico CO₂, como disolventes de extracción, tiene características tanto de gas como de líquido y consiste en una sustancia que se encuentra a una temperatura y presión superiores a sus valores críticos (31.1°C y 73.8 atm). Una vez que una determinada sustancia haya sido extraída de un residuo por medio del fluido súper crítico a presión alta, esta puede liberar dando resultado la separación de la sustancia extraída. Siendo esta una posibilidad de tratamiento de residuos peligrosos incluyendo la eliminación de contaminantes orgánicos de aguas residuales, extracción de aceites en los suelos. (Manahan, 2016, p.217)

El fluido súper crítico CO₂ es el más utilizado de todos ellos, y fue uno de los primeros con el que se trabajó a escala industrial para reemplazar los solventes orgánicos convencionales más tóxicos que eran manejados en la industria, EL CO₂ súper crítico es barato, fácil de conseguir.

Solubilidad de hidrocarburos en CO₂

La solubilidad del soluto en un fluido súper crítico depende de muchos factores tales como la estructura del soluto y del fluido así como las propiedades termodinámicas (es decir, polaridad y polaridad, valores del punto crítico T-P, presión de vapor). Los principales factores que afectan a la solubilidad se consideran la presión de vapor de los solutos y la densidad del fluido súper crítico. El nivel de solubilidad de un soluto en un Fluido súper crítico proporciona el límite del soluto que se puede extraer en equilibrio de saturación. (Anistescu y Tavlarides, 2006, p.167)

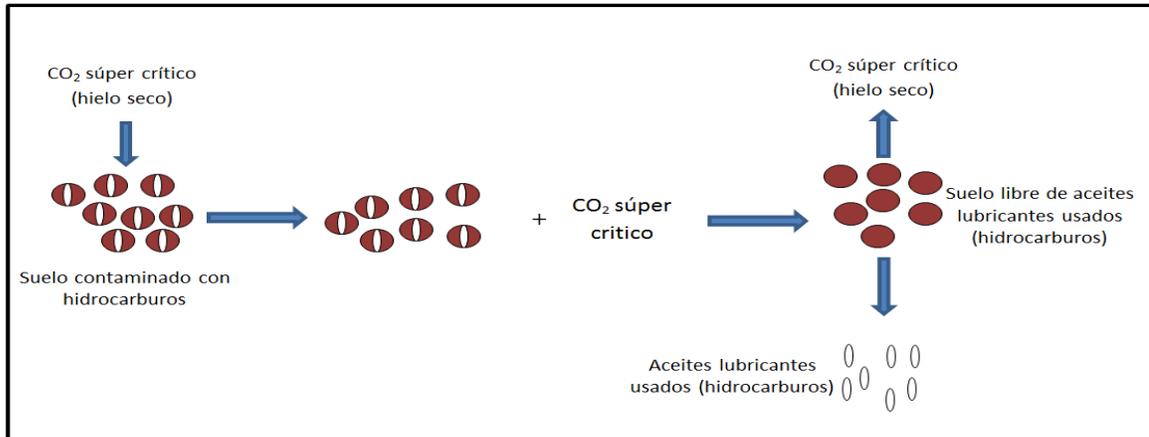
Extracción de hidrocarburos en suelos con fluidos supercríticos

Es un proceso en el que se pone en contacto el fluido súper crítico con el suelo contaminado, donde fluye a través de las partículas.

Los contaminantes (soluto) se hallan adsorbidos en las partículas del suelo. El CO₂ súper crítico interactúa con el soluto disolviéndolo y removiéndolo de las partículas

de suelo. El CO₂ supercrítico con el soluto (Suelos contaminados) es dirigido, por un gradiente de presión hacia otra sección, donde las condiciones de tiempo y temperatura generan un cambio del disolvente a un estado gaseoso, donde el soluto pierde solubilidad en el disolvente y es removido pudiendo ser recuperado (Campoverde, 2012, p.20).

Figura N° 01: Proceso de extracción de hidrocarburos



Fuente: (Campoverde, Proceso de extracción de hidrocarburos de una matriz sólida, 2012).

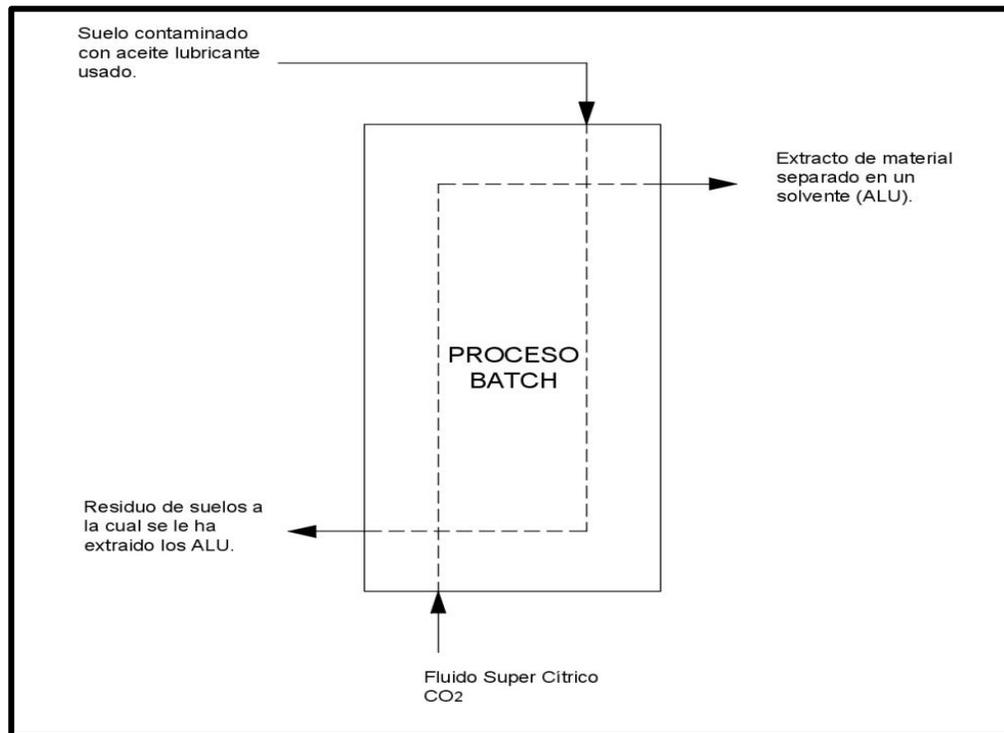
Proceso Batch

Son aquellos en que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidades o lotes de material. (Universidad politécnica de Catalunya, 2005).

El proceso batch es básicamente un tanque en el que ocurre una reacción y se realiza por lotes, una vez que se ha tratado un lote se vacía el tanque y se puede tratar un segundo lote, en este proceso no existe un flujo de entrada y un flujo de salida. (Mihelcic y Zimmerman, 2011, p.120).

El proceso batch es un proceso simple y no necesita de una gran demanda de energía además que no necesita de ninguna operación energético- intensiva. Este proceso consiste en agregar una carga de reactantes, para ser llevado a cierta temperatura a un determinado tiempo para finalmente extraer el producto de la reacción (Mihelcic y Zimmerman, 2011, p.121).

Figura N° 02: Proceso batch con CO₂ súper crítico



Fuente: Elaboración propia, 2018

Análisis de varianza

El análisis de varianza será usado para validar la hipótesis del presente trabajo que consiste en identificar la magnitud de errores desarrollados durante la experimentación.

Esta es una técnica que permitirá cuantificar los componentes de la variabilidad de los datos obtenidos finalizado el experimento.

Los distintos cálculos se obtienen de la siguiente forma:

El modelo de primer orden se expresa según la ecuación 1. Donde los tres parámetros “ β ” del modelo se obtienen usando los datos experimentales provenientes de un diseño factorial.

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (1)$$

El modelo de primer orden (Ecuacion-1) representa la respuesta y como función de las variables independientes (x_1, x_2). Los parámetros β_i se obtienen usando las técnicas de métodos numéricos conocidos como mínimos cuadrados. Para ello se define la función Sr la cual es derivada parcialmente respecto a cada variable β_{\geq} según las siguientes ecuaciones:

$$Sr = \sum_{i=1}^n [y_i - \beta_0 - \beta_1 x_{1i} - \beta_2 x_{2i}]^2 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_0} = 0 = -2 \left[\sum y_i - \sum \beta_0 - \beta_1 \sum x_{1i} - \beta_2 \sum x_{2i} \right] \quad (3-a)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_1} = 0 = -2 \left[\sum x_{1i} y_i - \beta_0 \sum x_{1i} - \beta_1 \sum x_{1i}^2 - \beta_2 \sum x_{1i} x_{2i} \right] \quad (3-b)$$

$$\frac{\partial Sr}{\partial \beta_2} = 0 = -2 \left[\sum x_{2i} y_i - \beta_0 \sum x_{2i} - \beta_1 \sum x_{1i} x_{2i} - \beta_2 \sum x_{2i}^2 \right] \quad (3-c)$$

Las ecuaciones 3-a, 3-b y 3-c pueden expresarse en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i} x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i} x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i} y_i \\ \sum x_{2i} y_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

Los parámetros beta finalmente pueden estimarse usando algebra de matrices según: $[\beta] =: [x]^{-1} [y]$. El detalle de los cálculos aparecen reportados por Suarez A. 2017.

Luego de obtener el modelo de primer orden se realiza el análisis de varianza y se reporta en una tabla tal y como se muestra en el cuadro N° 2.

Como el análisis de varianza (ANOVA) compara dos magnitudes de error (dos varianzas), la herramienta estadística a utilizar para validar los resultados, se usa la distribución de Fisher.

En esta distribución de Fisher se encuentra la razón de las dos varianzas, la cual se compara con un valor crítico de F a la cual denominación $qF(\alpha, m-1, n-m)$. Si la razón F es mayor que el valor crítico qF se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

Cuadro N° 02 Análisis de varianza para el modelo de primer orden en un diseño factorial

Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados (Erros)	Media de los cuadrados	Razón de F	Probabilidad $d > F$
Modelo de regresión	m-1	SSreg	$\frac{SSreg}{m-1}$	$\frac{SSreg/(m-1)}{SSE/(n-m)}$	$qF(\alpha, m-1, n-m)$
Error	n-m	SSE	$\frac{SSE}{n-m}$		
Total	n-1	SST			

DATOS

m = es el número de parámetros

n = es el número de datos.

1.4 Formulación del problema

General

¿Cuál es la eficiencia del proceso batch CO_2 súper crítico para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos?

Específico

P₁: ¿Cuál es la temperatura idónea del proceso batch CO₂ súper crítico para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos?

P₂: ¿Cuál es el tiempo requerido del proceso batch CO₂ súper crítico para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación Técnica

La presente investigación permite proponer el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos por medio de Fluidos Supercríticos CO₂ mediante un proceso batch ofreciendo una alternativa viable a nivel de laboratorio, la ventaja de usar el proceso batch es que no requiere controles sofisticados a diferencia del proceso continuo cuyos procesos son complejos y de costos muy elevados. Es un proceso rápido comparado con bio-remediación y fito-remediación.

1.5.2 Justificación económica

Muchas veces los suelos contaminados con hidrocarburos son tratados mediante el uso de líquidos o agentes limpiadores debido a su rápida acción, pero cuyo costo es muy elevado; en comparación al proceso de biorremediación que es un proceso muy empleado, pero requiere de tiempos extendidos lo que eleva su costo de desarrollo.

En otro de los casos las tierras contaminadas con hidrocarburos son dispuestas en un relleno de seguridad lo cual tiene un costo aproximado de S/. 400.00 la TM.

1.5.3 Justificación Ambiental

Teniendo en cuenta que la contaminación de suelos por hidrocarburos se asocia a efectos negativos en el ambiente básicamente a los suelos y fuentes

de agua.

Si es arrojado a los suelos, estos contienen una serie de hidrocarburos que no son degradables biológicamente, como consecuencia tiene la destrucción del humus vegetal y acabando con la fertilidad del suelo. (Gómez Carlos, 2007).

En la presente investigación se propone una alternativa de tratamiento de sistema rápido que permite contener a los contaminantes antes que se propaguen sin control a comparación de otras técnicas como la biorremediación que es un proceso muy empleado, pero requiere de tiempos extendidos que en algunos casos los contaminantes podrían propagarse sin control.

En otro de los casos se contribuiría a la disminución del congestionamiento de los rellenos de seguridad beneficiando al Ambiente.

1.6 Hipótesis

1.6.1 hipótesis general

H1: El proceso batch CO₂ súper crítico es eficiente para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos.

H₀: El proceso batch CO₂ súper crítico no es eficiente para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos

1.6.2 Hipótesis Específicas

H1: A mayor temperatura del proceso batch CO₂ súper crítico mayor remoción de hidrocarburos de suelos contaminados.

H2: A mayor tiempo del proceso batch CO₂ súper crítico mayor remoción de hidrocarburos de suelos contaminados.

Nota: las hipótesis nulas, H₀, son la negación de las hipótesis alternativas, H₁ y H₂.

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo General

Calcular la eficiencia del proceso batch con CO₂ súper crítico en la remoción de hidrocarburos de suelos contaminados.

1.7.2 Objetivos específicos:

O₁: Determinar la temperatura idónea del proceso batch con CO₂ súper crítico para remover la mayor cantidad de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos.

O₂: Determinar el tiempo requerido del proceso batch con CO₂ súper crítico para remover la mayor cantidad de hidrocarburos de los suelos recolectados por una empresa operadora de residuos.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

A). Tipo de estudio

El presente proyecto de investigación desarrollado es por su finalidad una investigación aplicada experimental.

Según Alvitres (2000) define a la investigación aplicada por crear nuevas tecnologías a partir de los conocimientos adquiridos; Para determinar si los resultados pueden ser aplicados con o sin mayor refinamiento para los propósitos definidos. Método experimental, donde se manipulan las variables independientes y se tiene un mayor control y evidencia de la causa y efecto.

B). diseño de investigación

Es un diseño experimental factorial 2^k citado por MONTGOMERY (2004) quien señala que por cada ensayo del experimento se investiga y se analiza todas las combinaciones posibles de los niveles de factores lo cual ayuda a determinar la eficiencia del proceso batch con fluido súper crítico CO_2 para la remoción de hidrocarburos totales en suelos contaminados con hidrocarburos.

Considerando los niveles de temperatura y tiempo como las magnitudes controlables de nuestra variable independiente. La cuantificación de cuanto es la remoción de los hidrocarburos totales en los suelos contaminados es la variable dependiente.

C). Diseño metodológico

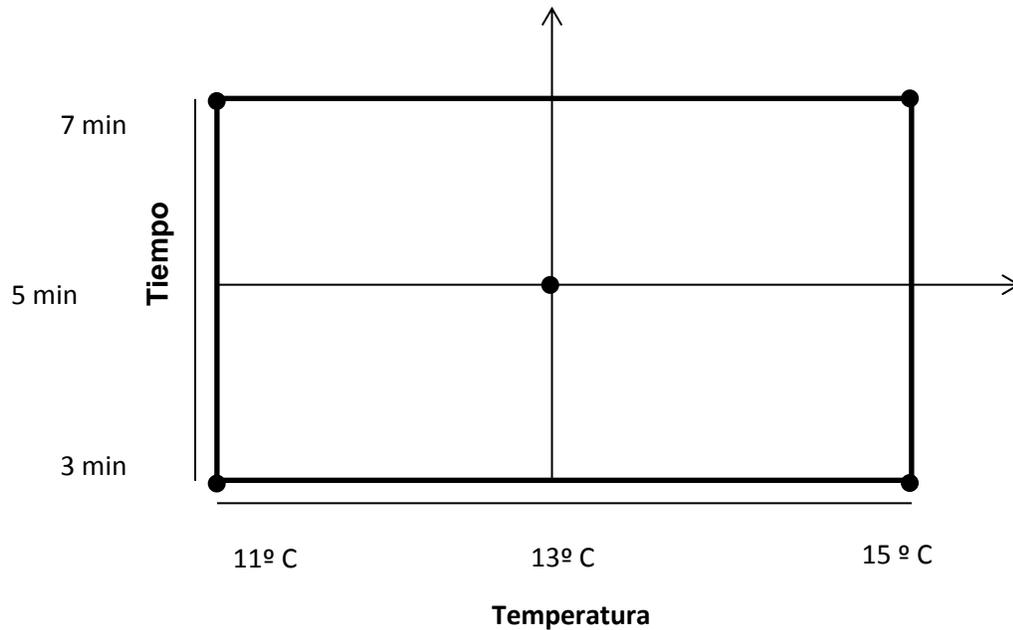
Diseño experimental factorial centrado:

Como se muestra en la siguiente figura, se requiere de cinco experimentos en los niveles intermedios de las variables independientes, por lo que se realizaran cinco experimentos fijando un tiempo de 5 minutos y una temperatura de 13 °C. Este requerimiento de la metodología es para confirmar la linealidad entre la cantidad de hidrocarburo removido con la temperatura y el tiempo del proceso.

La cantidad de experimentos es dada por 2^k :

N° de Experimentos = $(N^{\circ}$ Variables) N° niveles = $2^2 = 4$ experimentos + 5 nivel

Intermedio = 9 experimentos



Para validar la hipótesis se realiza el análisis de varianza ANOVA, que consiste en identificar la magnitud de errores desarrollados durante la experimentación.

2.2 Variables, operacionalización

Variable independiente:

Vi: proceso batch con CO₂ supercrítico

Variable dependiente:

Vd: Remoción de Hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuo.

Cuadro N° 03: Operacionalización de las variables

“Proceso Batch con dióxido de Carbono supercrítico para la remoción de hidrocarburo de suelos contaminados, puente piedra 2018”.						
VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente	Proceso batch con CO2 supercrítico.	Valiente, Antonio (1990), El proceso batch es un equipo donde se introducen los productos al principio y se retiran al final, este sistema permanece cerrado durante toda la operación a un determinado tiempo. el fluido supercrítico es la sustancia que se encuentra por encima de su punto crítico convirtiéndolo en un gran solvente por sus características (Manahan, 2016, p.217)	El proceso batch con CO2 súper critico será mezclado con los suelos contaminados el cual removerá los hidrocarburos contaminantes, evaluándose los parámetros de tiempo y temperatura adecuada.	Temperatura	11	°C
					13	°C
					15	°C
				Tiempo de contacto	3	min.
					5	min.
					7	min.
Variable dependiente	Remoción de Hidrocarburos en suelos	Según CANDO (2011), la remoción de hidrocarburos en suelos consiste en la reducción del contaminante a través de técnicas de tratamiento al suelo de manera ex situ o in situ dando como resultados favorables en la disminución de hidrocarburos.	La remoción de los hidrocarburos se evaluará a través de los parámetros químicos al inicio y al final del proceso siendo el indicador la concentración de hidrocarburos F2 (C10-C28).	Parámetros químicos	Concentración inicial de hidrocarburos F2 (C10-C28)	mg/kg
				Parámetros químicos	Concentración final de hidrocarburos F2 (C10-C28)	mg/kg

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.3 Población y muestra

Población

La población para esta investigación son los suelos contaminados por hidrocarburos; recolectados por la empresa Operadora de residuos durante el mes de Julio siendo un total de 135.43 Toneladas métricas.

Muestra

Se selecciona el tipo de muestreo aleatorio simple, de acuerdo al juicio del investigador, en vista que las muestras son seleccionadas por la accesibilidad del investigador.

De acuerdo al diseño factorial centrado del experimento se realizaron 9 tratamientos donde se usara 100 g de suelos contaminados con hidrocarburos más una muestra inicial de 200 g, en total 1100 g de muestra.

Cuadro N° 04: Cantidad de muestra de suelo.

Muestra	Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo de contacto (min)	Total
Suelo contaminado con hidrocarburos	T1	10	5	100 g
	T2	10	15	100 g
	T3	14	5	100 g
	T4	14	15	100 g
	T5	12	10	100 g
	T6	12	10	100 g
	T7	12	10	100 g
	T8	12	10	100 g
	T9	12	10	100 g
Muestra inicial = 200 g			Sub total	900 g
TOTAL (Muestra inicial + sub total)		900 g + 200 g = 1100 g		

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Unidad de análisis

Comprendida por 100 g de suelo contaminado, esta es la cantidad necesaria para ser enviada a analizar en el laboratorio

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

Cuadro N° 05: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

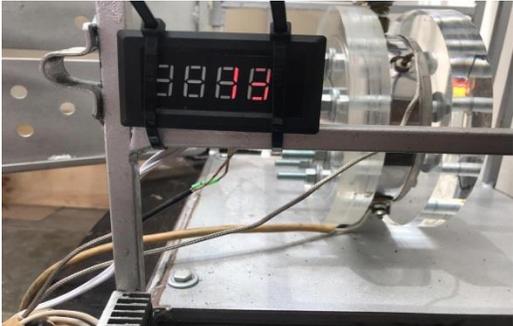
ETAPAS	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
1). Toma de muestra y análisis inicial de suelos contaminados con hidrocarburos F2 (>C10-C28).	campo - gabinete	Observación	Ficha de recolección de datos y análisis inicial de hidrocarburos F2 (>C10-C28).	Conocer la concentración de hidrocarburos F2 (C10-C28) en las muestras.
2). Remoción de hidrocarburos contaminantes en suelos mediante proceso batch CO ₂ súper crítico	Gabinete	Observación	Ficha de registro durante el tratamiento y análisis final de la concentración de hidrocarburos F2 (>C10-C28).	Realizar las observaciones y recolectar los datos: temperatura y tiempo.
3). Análisis final de suelos contaminados con hidrocarburos F2 (>C10-C28).	Gabinete	Observación	Ficha de análisis final de la concentración de hidrocarburos F2 (>C10-C28).	Conocer la eficiencia de remoción de los hidrocarburos F2 (C10-C28) en los suelos.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Metodología de la investigación:

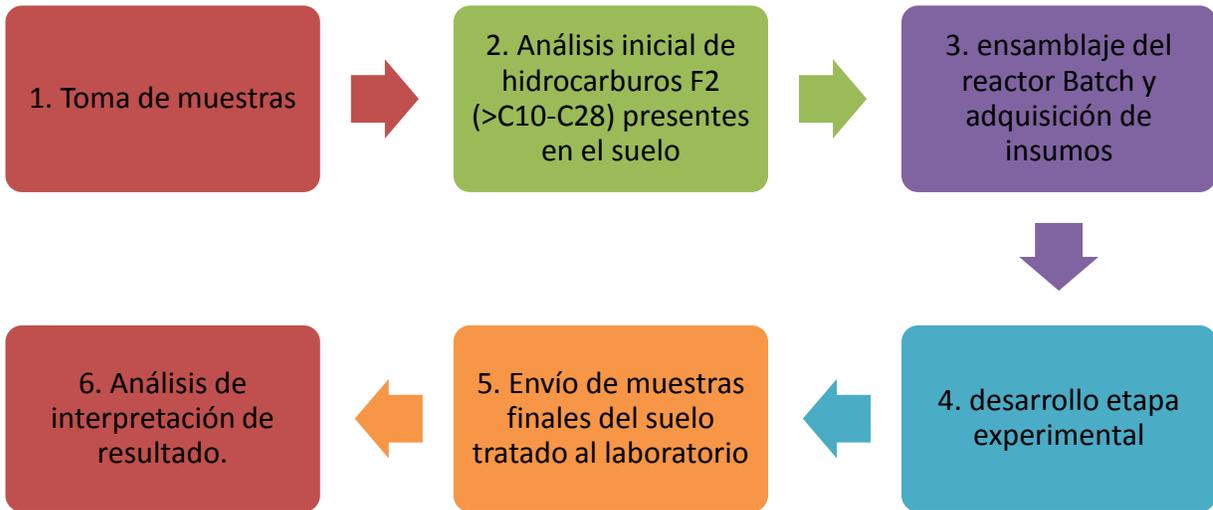
Se muestran las figuras con la información de equipos y materiales a emplear durante el montaje y proceso batch.

Cuadro N° 06: Equipos y materiales.

<p>Equipo batch</p> 	<p>Hielo Seco (CO₂)</p> 
<p>Cronómetro</p> 	<p>Termocupla</p> 
<p>Manómetro</p> 	<p>Balanza digital</p> 

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

En la investigación se siguió los siguientes procedimientos:



1. Toma de muestras

Las muestras fueron retiradas de una empresa operadora de residuos sólidos ubicado en el distrito de Puente Piedra.

Figura N° 3: Toma de muestra.



Fuente: fotografía propia, 2018

2. Análisis inicial del suelo

Las muestras iniciales fueron analizadas en el laboratorio Servicios analíticos generales, donde se usó la metodología EPA 8015 C, Rev 3. nonhalogenated organics by gas chromatography. 2007., para poder obtener como resultado cual es el estado inicial de concentración hidrocarburos F2 (>C10-C28), así mismo se procedió a analizar los parámetros fisicoquímicos como la Humedad, densidad aparente, pH, Determinación de textura y Materia Orgánica en el laboratorio de la Universidad César Vallejo.

Figura N° 4: muestra inicial del suelo



Fuente: fotografía propia, 2018

3. Diseño del reactor Batch y adquisición de insumos

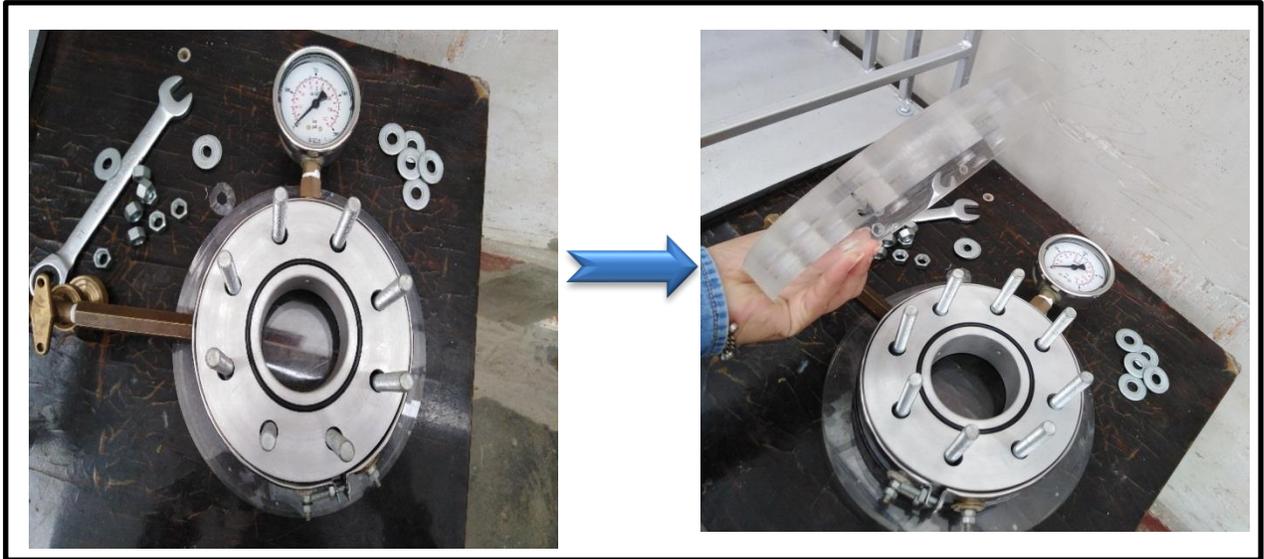
El equipo a usar es uno de tipo batch, la cual fue elaborada por acrílico de 1" de espesor y diámetro de 8", el cual incluye un control de presión (manómetro) y una lectora de temperatura (termocupla).

Se colocó en el equipo una válvula por donde saldrá los hidrocarburos usados que se deberán de extraer.

Base de aluminio y perforaciones los cuales serán sujetados con tornillos y

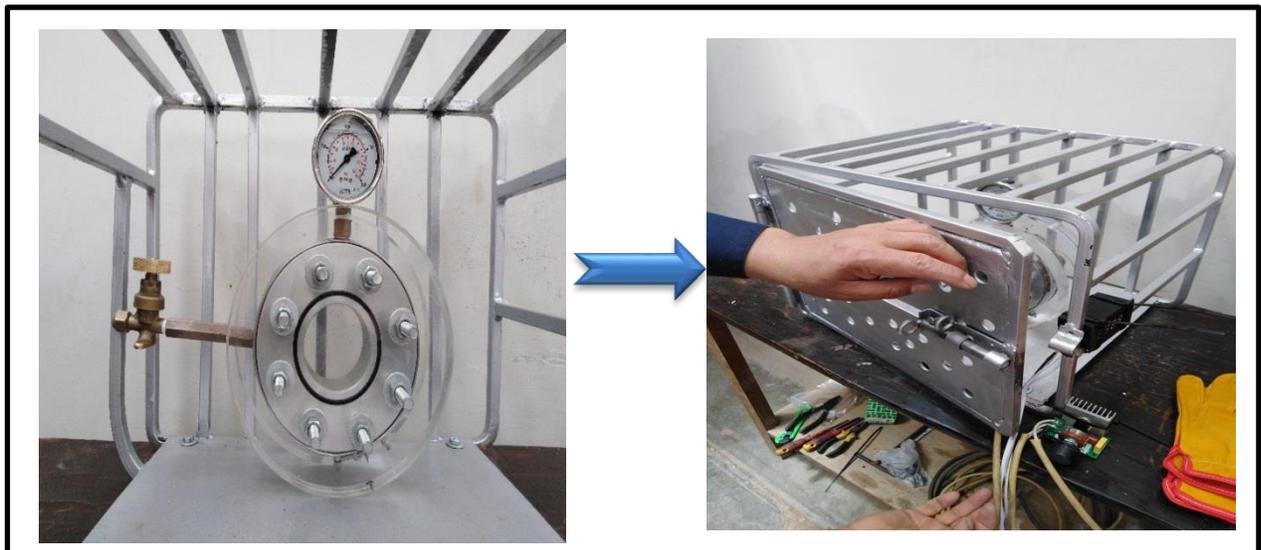
tuercas, por temas de seguridad se construyó una celda con rejillas para evitar accidentes por la presión con la que se trabajó el equipo.

Figura N° 5: Diseño del reactor



Fuente: fotografía propia, 2018.

Figura N° 6: equipo Batch y rejas de seguridad.



Fuente: fotografía propia, 2018

4. Desarrollo etapa experimental

El recipiente inicialmente será alimentado con 50 g. de CO₂ en estado sólidos (hielo seco) mezclado con 50 g de suelos contaminado con hidrocarburos.

Figura N° 7: Pesaje de las muestras



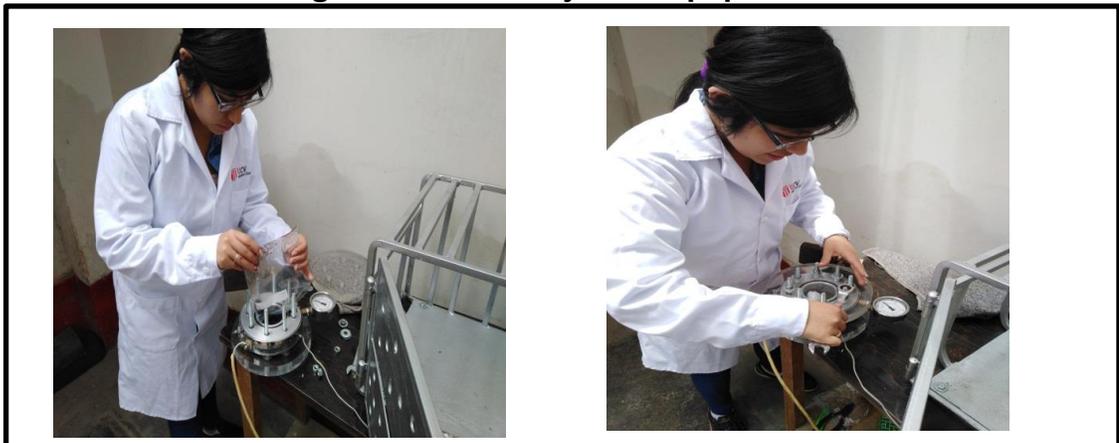
Figura 7:

Fuente: fotografía propia, 2018

La muestra de suelo contaminado se pone en contacto con el solvente CO₂-super crítico de modo que el soluto se disuelva en el solvente a distintas temperaturas y tiempo de contacto, extrayéndose de forma eficiente.

Para cada muestra se monta, desmonta y limpia el equipo

Figura N° 8: Montaje del Equipo



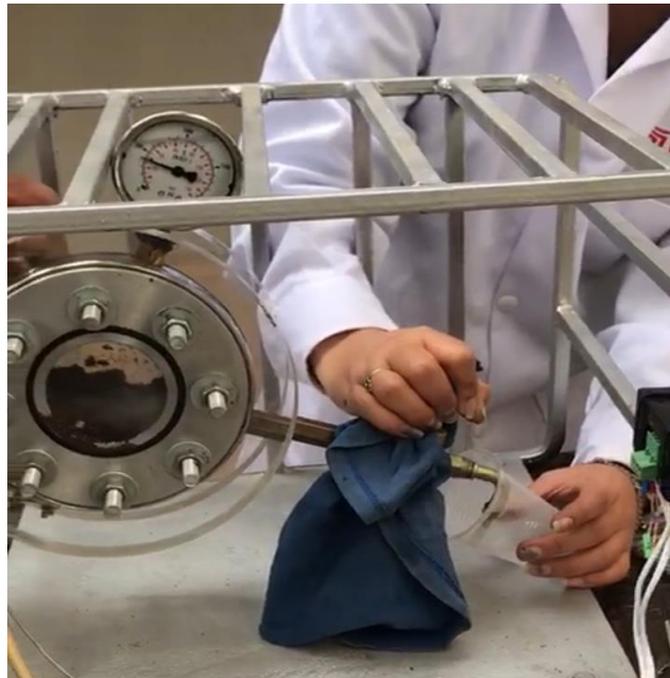
Fuente fotografía propia, 2018

Figura N° 9: Contacto hielo seco y suelo contaminado



Fuente: fotografía propia, 2018

Figura N° 10: remoción de hidrocarburos.



Fuente: fotografía propia, 2018

Se desmonta el equipo para retirar el suelo tratado y colocar en frascos rotulados para él envío al laboratorio.

Figura N° 11: preparación de muestras post tratamiento.



Fuente: fotografía propia, 2018

5. Análisis final

Finalmente se analizarán las 9 muestras de suelos en el laboratorio Enviro Test y se colocara como anexo los resultados obtenidos.

6. Análisis de interpretación de resultado.

Finalmente, La diferencia entre la cantidad de concentración final menos la concentración inicial indicara el porcentaje de eficiencia de remoción de los hidrocarburos F2 (>C10-C28) y para poder comparar las medias entre los tratamientos, se utilizara el programa Math Cad.

Validez del instrumento

Para considerar los instrumentos, de obtención de información del presente estudio, las fichas usadas en la investigación han sido evaluadas por 3 expertos en el tema, los cuales se muestran a continuación.

Cuadro N° 7: Valoración de expertos.

DOCENTES
Ordoñez Gálvez, Juan
Aliaga Martínez, María
Suarez Alvitez, Alejandro

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Entre los instrumentos realizados:

- a). **Ficha de toma de muestra de suelos (Cadena de custodia).** Tuvo una validez en promedio de un **85%**
- b). **Ficha de registro durante el tratamiento y análisis final de la concentración de hidrocarburos F2 (C10-C28)** Tuvo una validez en promedio de un **89,5 %**
- c). **Ficha de análisis final de la concentración de hidrocarburos F2 (C10-C28).** Tuvo una validez en promedio de un **85%**

Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos son las medidas usadas en la investigación mediante el uso de las fichas, con la cual se pretende buscar una precisión y/o exactitud, con la finalidad de que si realizamos repetitivas veces el instrumento los resultados sean similares y no se generen una variación significativa entre ambos.

2.5 Métodos de análisis de datos

El método experimental incluida en el diseño factorial 2^k utiliza la distribución de Fisher para el análisis estadístico, la cual compara la variabilidad o varianza de los resultados usando el modelo teórico y las mediciones experimentales. Este método extraordinaria aplicación mayormente en procesos donde se busca optimización, y requiere de cantidades pequeñas de experimento para obtener amplia información.

El programa de computadoras Mathcad se utilizará para elaborar el análisis de varianza (ANOVA).

2.6 Aspectos éticos

Este trabajo de descontaminación de suelos con hidrocarburos F2 (C10-C28) esta realizado en proceso batch (lotes) y la literatura explorada muestran trabajos similares, pero de procesos continuos. Por tanto, se considera que este trabajo es único y no es copia de un trabajo previamente publicado que contravenga los principios de derecho de autor.

Si en el desarrollo del trabajo apareciese un trabajo equivalente se hizo mención para evitar conflictos de interés.

III. RESULTADOS

3.1 Características del suelo

Determinación de textura

Este parámetro se realizó en el laboratorio de la UCV, lo cual se determinó que es un suelo franco; compuesto por un 35% de arena, 46% de limo y 19% de arcilla.

Determinación de humedad

Para este parámetro de utilizo la metodología de análisis standar test methods of laboratory determination of wáter (Moisture) content of Soil and rock by mass D2216-10, donde se utilizó una estufa de calentamiento.

Determinación de pH

Se midió con el multiparámetro Hanna, donde se colocó en un vaso de precipitado la muestra contaminada y el agua, se procedió a realizar la mezcla y con equipo potenciómetro se midió el pH.

Determinación de Materia Orgánica

Para determinar este parámetro de procedió a pesar cada crisol y un 1gr de muestra, luego se llevó a la mufla por 4 horas a una temperatura de 550°C, donde se obtuvo un segundo (peso final) y se determinó el % mediante la fórmula:

$$\% \text{ M.O} = \frac{W \text{ inicial} - W \text{ final}}{w \text{ total}} * 100$$

Cuadro N° 08: Resultados de las Características físicas del suelo

Parámetro	unidad	Valor
Determinación de textura	%	35
	%	46
	%	19
PH	pH	8.13
Humedad	%	8.23
Materia Orgánica	%	2.15

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 09 se muestran los resultados obtenidos donde se determina que el suelo es franco, el pH se encuentra en el rango de un suelo ligeramente alcalino, la materia orgánica se encuentra en un nivel normal y la humedad del suelo tiene un valor bajo de 8.23%.

Determinación de hidrocarburos F2 (>C10-C28)

Para establecer la cantidad de hidrocarburos F2 (>C10-C28) presente en los suelos contaminados se llevó a analizar la muestra inicial comparándolo con la norma vigente ECA – Suelo, donde se clasifica a los suelos de acuerdo a su uso.

Cuadro N° 09: Resultados de concentración inicial de hidrocarburos F2 (C10-C28)

Código	Resultado de laboratorio (mg/Kg)	ECA – suelos (mg/Kg)	Observación
Muestra Inicial	103 106.00	1 200.00	Los resultados superan con lo establecido por el ECA-suelo.

Fuente: Elaboración Propia.

En el Cuadro N° 9 se detalla los resultados obtenidos de la muestra inicial de los suelos contaminados con hidrocarburos F2 (>C10-C28) recolectados por la empresa operadora de residuos, los cuales superan lo establecido por el ECA suelo.

HIDROCARBUROS EN EL SUELO

Cuadro N° 10: muestra N° 1

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	11 °C	3 min.	83080
2	50 g	11 °C	3 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 10 se encontró que, en el primer vértice del diseño experimental a una temperatura de 11° C y un tiempo de 3 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 83080 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de hielo seco (CO₂) ya que el equipo bacht fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 11: muestra N° 2

Fuente: Elaboración propia

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	11 °C	7 min.	67120
2	50 g	11 °C	7 min.	
TOTAL	100 g			

En el cuadro N° 11 se encontró que, en el segundo vértice del diseño a una temperatura de 11° C y un tiempo de 7 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 67120 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo batch fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 12: muestra N° 3

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	15 °C	7 min.	66575
2	50 g	15 °C	7 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 12 se encontró que, en el tercer vértice del diseño experimental a una temperatura de 15° C y un tiempo de 7 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 66575 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo batch fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 13: muestra N° 4

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	15 °C	3 min.	55499
2	50 g	15 °C	3 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 13 encontramos que, en el cuarto vértice del diseño experimental a una temperatura de 15° C y un tiempo de 3 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 55499 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo batch fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 14: muestra N° 5

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	13 °C	5 min.	41408
2	50 g	13 °C	5 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 14 encontramos que el vértice central del diseño, a una temperatura de 15° C y un tiempo de 3 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 41808 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo bacht fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 15: muestra N° 6

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	13 °C	5 min.	31808
2	50 g	13 °C	5 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 15 encontramos que, en el sexto vértice del diseño experimental a una temperatura de 13° C y un tiempo de 5 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 31808 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo bacht fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 16: muestra N° 7

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	13 °C	5 min.	44637
2	50 g	13 °C	5 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 16 encontramos que el vértice central del diseño, a una temperatura de 13° C y un tiempo de 5 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 44637 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo bacht fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 17: muestra N° 8

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	13 °C	5 min	67152
2	50 g	13 °C	5 min	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 17 encontramos que el vértice central del diseño experimento a una temperatura de 13° C y un tiempo de 5 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 67152 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo bacht fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 18: muestra N° 9

N°	Suelos contaminados	Temperatura	Tiempo	Hidrocarburos F2 (mg/kg)
1	50 g	13 °C	5 min.	52183
2	50 g	13 °C	5 min.	
TOTAL	100 g			

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 18 encontramos que el vértice central del diseño, a una temperatura de 13° C y un tiempo de 5 min, las muestras de suelo tienen una concentración de 52183 mg/kg de hidrocarburos F2 (>C10-C28).

Se realizaron dos repeticiones cada una de 50g de suelo y 50 g de CO₂ ya que el equipo bacht fue diseñado para dicha cantidad y para analizar hidrocarburos F2 (>C10-C28) se necesitó como mínimo 100 g de suelo por cada muestra.

Cuadro N° 19: Resumen de resultados en base a los análisis de laboratorio

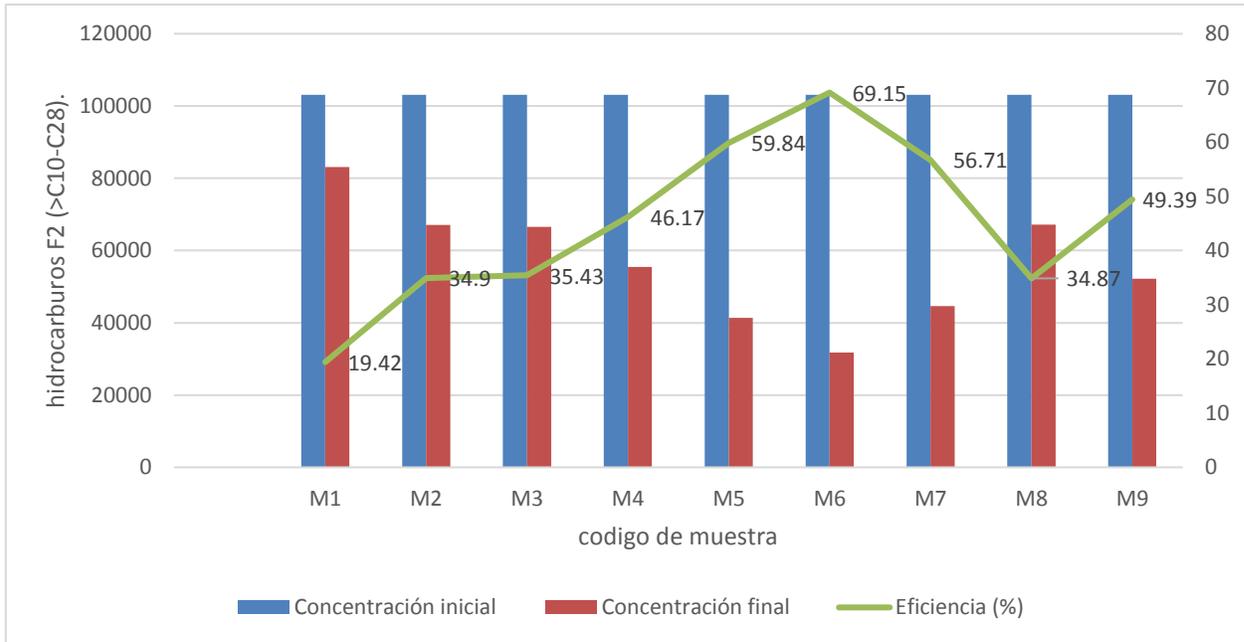
Tratamiento	Cantidad (gr)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Hidrocarburos F2 (>C10-C28)		Eficiencia de remoción (%)
				Concentración inicial (mg/kg)	Concentración final (mg/kg)	
M1	100	3	11	103106	83080	19.42
M2	100	7	11	103106	67120	34.9
M3	100	7	15	103106	66575	35.43
M4	100	3	15	103106	55499	46.17
M5	100	5	13	103106	41408	59.84
M6	100	5	13	103106	31808	69.15
M7	100	5	13	103106	44637	56.71
M8	100	5	13	103106	67152	34.87
M9	100	5	13	103106	52183	49.39

Fuente: Elaboración propio, 2018

En el **cuadro N° 19** se reporta las 9 muestras, la cantidad de suelo por cada tratamiento mediante proceso bacht con CO₂ a tiempos de 3 min, 5 min y 7 min y temperaturas de 11°C, 13°C y 15°C.

Donde se reportaron los resultados de concentración inicial y la concentración final para determinar el porcentaje de eficiencia de remoción de los hidrocarburos F2 (>C10-C28) hallados en base a los resultados según los informes del laboratorio.

Figura N° 12 Concentración inicial, final y eficiencia de remoción



Fuente: Elaboración propio, 2018

En la **figura N° 12** se puede observar la barra de color azul que representa la concentración inicial de los hidrocarburos F2 (>C10-C28) siendo la misma para todas muestras ya que se tomó parte de nuestra muestra total para el análisis inicial; las barras de color rojo representan la concentración final después de cada tratamiento mediante proceso bacht con CO₂ donde se puede observar que la mayor concentración de hidrocarburos F2 (>C10-C28) se evidencia en la muestra de código M1 y la menor concentración en la muestra de código M6, la línea color de verde representa la eficiencia por cada muestra, por tal la muestra M1 tuvo una menor eficiencia de remoción de 19.42 % y la muestra M6 obtuvo la mayor eficiencia de remoción con un 69.15%.

PRUEBA DE HIPÓTESIS

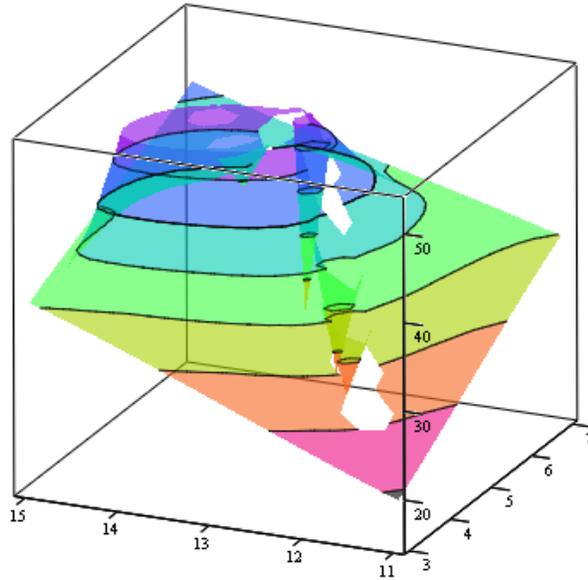
La validez de la hipótesis se lleva a cabo usando herramientas estadísticas, particularmente para el diseño factorial 2^k , se utiliza el análisis de varianza que consiste en identificar los errores llevados a cabo en la parte experimental y en el tratamiento de los datos. Luego de identificar la fuente de error son cuantificados utilizando definiciones estadísticas para lo cual como marco de referencia en términos de probabilidades se utiliza la distribución de FISHER. En esta metodología la magnitud de los errores en estadística son llamados varianzas. La prueba de FISHER se compara dos varianzas del modelo al respecto al del error experimental. Esta razón es representada a través de una variable F o llamada también factor F, esta se compara con el valor crítico ubicado en la distribución de FISHER reportado como $qF(\alpha, m-1, n-m)$; donde m es el número de parámetros encontrados en el modelo y n es el número de datos, α es la confiabilidad tomada como 0.05, que corresponde al 95% de confianza para aceptar la hipótesis nula el factor F debe ser menor al valor crítico qF , caso contrario se acepta la hipótesis alternativa. Esta validación de la hipótesis se resume en que la variable dependiente está relacionada o no con las variables independientes tal como se detalla en los siguientes cálculos (MONTGOMERY, 2004)

Re ordenamiento de datos para el procesamiento en MATH CAD

Tiempo (t), Temperatura (T) y Eficiencia (Ef)

$$t := \begin{pmatrix} 3 \\ 7 \\ 3 \\ 7 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix} \quad T := \begin{pmatrix} 11 \\ 11 \\ 15 \\ 15 \\ 13 \\ 13 \\ 13 \\ 13 \\ 13 \\ 13 \end{pmatrix} \quad Ef := \begin{pmatrix} 19.4 \\ 34.9 \\ 46.1 \\ 53.6 \\ 53.6 \\ 53.6 \\ 53.6 \\ 53.6 \\ 53.6 \\ 53.6 \end{pmatrix}$$

Figura N°13: Diagrama en 3 dimensiones

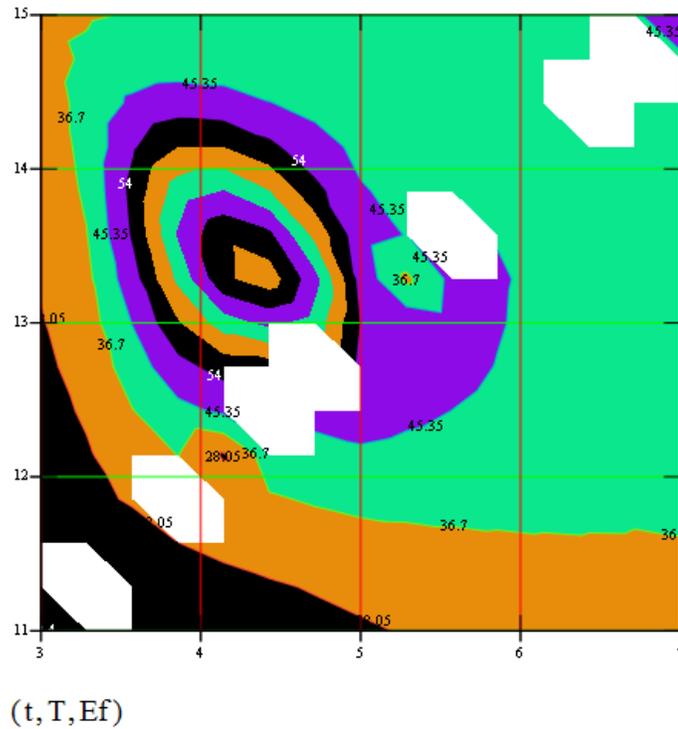


(t, T, Ef)

Fuente: propia usando MATH CAD

En la **figura N°13** se muestra la distribución de eficiencia de remoción de hidrocarburos del suelo, cuando se trata a diversos tiempos y diversas Temperaturas, como se muestra en la gráfica, la mayor eficiencia se muestra en una temperatura de 13°C y tiempos mayores a 5 minutos.

Figura N°14: Diagrama en 2 dimensiones



Fuente: propia usando MATH CAD

En la **figura N°14** se corrobora lo descrito en la figura N°8 en un plano de dos dimensiones donde se evidencia la máxima eficiencia de extracción de los hidrocarburos, MATH CAD interpola los valores de acuerdo a la información ingresada.

Sistema de ecuaciones para obtener los parámetros del modelo según el criterio de mínimos cuadrados, desarrollado en la parte teórica. Son calculados con MATH CAD a través de las siguientes ecuaciones:

El número de datos (n),

Tiempo (x1)

Temperatura (x2)

Eficiencia (y).

$$n := 9 \quad x1 := t \quad x2 := T \quad y := Ef$$

$$X := \begin{bmatrix} n & \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 x2_i \\ \sum_{i=0}^8 x1_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i)^2 & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) \\ \sum_{i=0}^8 x2_i & \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot x2_i) & \sum_{i=0}^8 (x2_i)^2 \end{bmatrix} \quad Y := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^8 y_i \\ \sum_{i=0}^8 (x1_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^8 (x2_i \cdot y_i) \end{bmatrix}$$

Cálculo del análisis de varianza (ANOVA)

$$\underline{A} := X^{-1} \cdot Y \quad A = \begin{pmatrix} -15.486 \\ 3.275 \\ 3.4 \end{pmatrix}$$

$$y2(x1, x2) := -15.486 + 3.275x1 + 3.4x2$$

$$y2 := \begin{pmatrix} 31.739 \\ 44.839 \\ 45.339 \\ 58.439 \\ 45.089 \\ 45.089 \\ 45.089 \\ 45.089 \end{pmatrix}$$

$$SSreg := \sum_{i=0}^8 (y2_i - \text{mean}(y))^2$$

$$SSreg = 356.57 \quad \underline{m} := 3 \quad \underline{n} := 9$$

$$SST := \sum_{i=0}^8 (y_i - \text{mean}(y))^2$$

$$SST = 1.256 \times 10^3$$

$$SSE := SST - SSreg$$

$$SSE = 899.099$$

$$\frac{SSreg}{m-1} = 178.285$$

$$\frac{SSE}{n-m} = 149.85$$

$$RAZONF := \frac{\frac{SSreg}{m-1}}{\frac{SSE}{n-m}} = 1.19$$

$$qF(0.05, m-1, n-m) = 0.052$$

Cuadro N° 20: Resultados del análisis de varianza

Fuente de error	Grado de libertad	Suma de cuadrados (Erros)	Media de los cuadrados	Razón de F	Valor critico qF
Modelo de regresión	2	356.57	178.285	1.19	0.052
Error	6	899.099	149.85		
Total	8	1256			

Basado en la prueba de Fisher donde:

$$0.052 (qF) < 1.19 (F)$$

Según los datos obtenidos el factor F es mayor al valor crítico de la distribución de Fisher por lo tanto se rechaza la H_0 y los parámetros de la regresión son diferentes a cero.

$$\beta_0, \beta_1, \beta_2 \neq 0$$

Indicando que la eficiencia de remoción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) depende de la temperatura y el tiempo durante el proceso batch con CO₂.

IV. DISCUSIONES

Los resultados obtenidos de las 9 muestras de suelos, muestra cómo influye el tiempo y la temperatura en el proceso bacht con CO₂ para el tratamiento a temperaturas de 11°C, 13°C y 15° C y tiempos de 3 min, 5 min y 7 min.

Indicando que para tiempos de 3 min y temperaturas de 11°C y 15°C respectivamente se tuvo el menor resultado de eficiencia de remoción siendo en promedio un 32,80 %, para tiempos de 7 min y temperaturas de 11°C y 15°C se logró una eficiencia de remoción promedio de 35.17 %, lo cual coincide con lo estudiado por REZA, K. , MOHAMMAD, R. , FERIDUN E. ,DARIUSH M. (2014) donde menciona que a medida que aumenta el tiempo mayor es la extracción debido a que hay más tiempo para que el solvente sea penetrado en el suelo.

En el tratamiento con un tiempo de 5 min y una temperatura de 13°C se logró la mejor eficiencia de remoción de los hidrocarburos en los suelos, en promedio de las 5 muestras tratadas se obtuvo un 53.6 %. de eficiencia.

La temperatura debe ser mayor a 13°C para una buena a eficiencia de remoción de hidrocarburos, que también es corroborado por Chamorro (2017) quien señala que la eficiencia en los resultados de solubilidad para la extracción depende en su mayoría de la temperatura en su investigación uso mayores temperaturas de 40, 50 y 60 grados centígrados por un tiempo de dos horas y media.

Ismilian (2018) indica que la extracción usando CO₂ tiene una eficiencia de remoción de 80% -90%, en comparación al mayor porcentaje de eficiencia de remoción en este experimento que fue de 69.15 %. no se logró alcanzar un porcentaje mayor como menciona Ismislian (2018), lo cual no se está muy lejos de lo deseado, pero podría ser un factor negativo el porcentaje de arcilla en el suelo que fue de 19% como menciona en su investigación que a menor contenido de arcilla mayor será la eficiencia de remoción debido al contacto solvente e hidrocarburo.

V. CONCLUSIONES

La eficiencia de remoción de hidrocarburos F2 (>C10-C28) fue en promedio de 53.99 %. Sometido a una temperatura de 13° C y tiempo de 5 minutos por lo que se requeriría de 4 etapas de proceso batch cada uno con 63.23% de eficiencia de remoción para que la concentración de hidrocarburos se encuentre dentro del ECA.

Las temperaturas con las que se trabajaron las experiencias fueron de: 11°C, 13°C y 15°C, de los cuales se identifica que existe mayor eficiencia de remoción hidrocarburos F2 (>C10-C28) a una temperatura de 13° C como se observa en los tratamiento M5, M6, M7, M8 y M9 que tuvieron un resultado promedio de 53.99% de remoción sin embargo, no indica que en las temperaturas mayores como en el tratamiento M3 y M4, no existe remoción de los hidrocarburos F2 (>C10-C28), por el contrario la eficiencia de remoción promedio fue de 40.8 % en comparación a los tratamiento M1 y M2 donde se tuvo una eficiencia de remoción de 27.16%; siendo las mayores temperaturas las idóneas en esta experiencia.

Se determinó que a tiempo de 3 minutos el porcentaje de eficiencia fue menor, al dejar pasar mayor tiempo los resultados fueron más eficientes por lo que se podría decir que el tiempo idóneo que se requiere en este experimento es de 13 minutos Para obtener una mayor eficiencia de remoción de F2 (>C10-C28). Considerando una temperatura de 13°C.

VI. RECOMENDACIONES

Tamizar la muestra de suelo previo al proceso, con la finalidad de conseguir partículas más finas de suelo.

Realizar investigaciones mejorando el diseño del reactor bacht, fabricar con un material como acero que es más resistente a elevadas presiones. La válvula de salida de los hidrocarburos debería tener mayor resistencia a altas presiones, y que sea fácil de manipular para una abertura más rápida y menos laboriosa.

Rapidez en la carga y descarga del material, para evitar la pérdida del hielo seco (CO_2), lo cual representa una parte importante en los costos operativos.

El CO_2 (hielo seco) es limitado ya que una vez expuesto a temperatura ambiente este se va perdiendo durante el proceso de montar y desmontar el equipo, por lo que sería convenientes tenerlo almacenado en una nevera portátil de poliestireno.

REFERENCIAS

ANISTECU, G. Supercritical extraction of contaminants from soils and sediments. ScienceDirect [en línea]. –setiembre 2006, n. °38. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2018].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844606001045>

ALVITRES, V. Método científico. Planificación de la investigación. Perú: ed. Ciencia. 205 p. (2000).

Disponible en:

http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf

Benceno - Who.int [internet]. Suiza: Organización Mundial de la Salud,2018 [consultado 01 noviembre 2018].

Disponible en:

https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/benzene/es/

BOURDON, J. Diseño y construcción de un equipo para extracción con fluidos supercríticos (EFS) en flujo continuo, a nivel laboratorio, destinado a la obtención de extractos antioxidantes procedentes de residuos agroindustriales. Tesis (ingeniero químico). Universidad nacional de Colombia, 2017.

Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/61453/>

BUENDIA, Hildrebrando. Biorremediación de suelos contaminado por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles. Tesis (Magister en ordenamiento y gestión ambiental). Lima. Universidad nacional mayor de San Marcos.2012.

Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_84850042d4b8fd5b3f57b8ce8bd11920

BUSTAMANTE Ubaldo, Jose L. Remediación de suelos y aguas subterráneas por contaminación de hidrocarburos en los terminales de Mollendo y costa Peruana. Tesis (Ingeniero geólogo). Lima: Universidad nacional de ingeniería, 2007.

Disponible en:

<http://repositorio.uni.edu.pe/handle/uni/125>

CARDENAS Lopez, Edgar. Determinación de parámetros de operación para la destilación por arrastre con vapor de agua del aceite esencial de molle (schinus molle linne) en el equipo modular de extracción de aceites esenciales de la FIQM- UNSCH. Tesis (bachiller en ingeniería química). Huamanga: Universidad Nacional San cristobal de Huamanga, 2014.

Disponible en:

http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1032/Tesis%20Q472_Car.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHAMORRO, Helen. Efecto de la presión y temperatura en la extracción por CO₂ super crítico de carotenoides de zanahoria (*Daucus Carota*). Tesis Tesis (ingeniero en industrias alimentarias). Junín: Universidad nacional del centro del Perú., 2017.

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1584>

Estándares de calidad Ambiental (ECA) para suelo: DECRETO SUPREMO N° 011-2017- MINAM.

FAO. Manual de Suelos y biodiversidad. Roma, Italia. 2015

Disponible en:

<http://www.fao.org/3/a-i4551s.pdf>.

FORERO, José R.; CASTRO, Henry I.; GUERRERO, Jairo A. Extracción de plaguicidas en suelo empleando dióxido de carbono supercrítico-cosolventes. Revista Colombiana de Química, 2014, vol. 38, no 3, p. 425-434.

Gestión de los Sitios Contaminados en el Perú Situación actual. [En línea]. Perú. Ministerio del Ambiente. 2015. <<http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/12/PRESENTACION-2-MINAM-PERU.pdf>>. [2018, 26 Mayo].

GREENPEACE. Efectos de petróleo sobre la salud. Madrid, 2018.

Disponible en:

<http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/efectos-del-petroleo-sobre-la.pdf>

GUERRERO, Antonio, ORTEGA, Eloisa y ROJAS, Maria. Origen y control de los contaminantes. Madrid: Librería UNED, 2011. 450 pp.
ISBN: 9788436250701.

GOMEZ Carlos. La Industria de la re refinación de aceite Mineral Usado en Argentina. Tesis: universidad CEMA, 2007. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2018].

Disponible en:

www.ucema.edu.ar/posgradodownload/tesina2007/MADE_Hernandez.pdf

ISMIRLIAN, Paula. Evaluación de diferentes métodos de tratamiento para recortes de perforación de pozos petroleros con lodo base hidrocarburo en Argentina. Tesis (Magister en gestión Ambiental). Buenos Aires: Instituto tecnológico de Buenos Aires.

2018.

Disponible en :

<https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1127/Tesis%20Paula%20Luc%c3%ada%20ismirlian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LOYA, Daniela. Tecnologías para la restauración de suelos contaminados por hidrocarburos. Tesina (especialista en gestión e impacto ambiental). Universidad veracruzana, 2013.

Disponible en:

<https://www.uv.mx/pozarica/egia/files/2012/10/Loya-Del-Angel-Daniela-Itzel.pdf>

MANAHAN, Stanley. Introducción a la química Ambiental. Mexico D.F.: Editorial Reverte S.A, 2007. 1276 pp.
ISBN: 9683667074

MIHELIC, Jame y ZIMMERMAN, Julie. Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. México D.F.: alfa omega grupo editor, 2011. 720p.
ISBN: 9789588491875

MINEM. Informe estadístico: Producción fiscalizada promedio de hidrocarburos al 31 de octubre del 2018. Lima, Perú. 2018. [consultado 01 noviembre 2018].

Disponible en:

http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=5&idEstadistica=12975

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados de origen automotor e industrial [en línea]. 2.a ed. Bogota, D.C.: [s.n.], 2014. [fecha de consulta: 20 de mayo del 2018].

Disponible en:

https://scholar.google.com.pe/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=+Aceites+Lubricantes+Usados +&btnG=

MONTGOMERY, Douglas. Diseño y análisis de experimentos. Mexico, 2004. Ed. Limusa S.A. Vol. 2, no. 1, p. 685-690. [fecha de consulta 10 octubre del 2018]. ISBN: 968-18-6156-6.

REZA, K. , et al. Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction, Iran. Revista *The Journal of Supercritical Fluids*, 2014, vol. 88, 7-7 pp.

SUAREZ, A. (2017). Método de superficies de respuesta (MSR) para procesos de optimización aplicado a la filtración de lodos provenientes del sedimentador primario de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). (Tesis para optar el título profesional de ingeniero Químico). Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYO DE SAN MARCOS.

TAMAYO, Jesús, JACOME, Julio, VASQUEZ, Arturo y DE LA CRUZ, Ricardo. La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú 20 años de aporte al desarrollo del país [en línea]. Lima, Perú: Osinergmin, 2015. [Consultado 20 agosto 2018].

Disponible en:

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf)

ISBN: 978-612-46124-5-9

VALIENTE Barderas, Antonio. Diccionario de ingeniería química. Texas: Editorial Alhambra Mexicana, 1990. 237 pp.

ISBN: 9789684441071

VIVAR, Jorge. Diseño de una planta piloto de extracción de oleorresina de Páprika usando CO₂ como fluido supercrítico. Tesis (bachiller en ingeniería mecánica). Lima: Universidad Católica del Perú, 2013.

Disponible:

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5060/VIVAR_JORGE_DISE%C3%91O_PLANTA_PILOTO_EXTRACCION_OLEORRESINA_PAPRIKA_CO2_FLUIDO_SUPERCRITICO.pdf?sequence=1

ANEXO

ANEXO 1: Matriz de consistencia

TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM
GENERAL	¿Cuál es la eficiencia del proceso batch CO2 súper crítico para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos?	Calcular la eficiencia del proceso batch con CO2 súper crítico en la remoción de hidrocarburos de suelos contaminados.	El proceso batch CO2 súper crítico es eficiente para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos	VARIABLE INDEPENDIENTE : proceso batch con CO2 supercrítico	Valiente, Antonio (1990), El proceso batch es un equipo donde se introducen los productos al principio y se retiran al final, este sistema permanece cerrado durante toda la operación a un determinado tiempo. el fluido supercrítico es la sustancia que se encuentra por encima de su punto crítico convirtiéndolo en un gran solvente por sus características (Manahan, 2016, p.217)	El proceso batch con CO2 súper crítico será mezclado con los suelos contaminados el cual removerá los hidrocarburos contaminantes, evaluándose los parámetros de tiempo y temperatura adecuada.	temperatura	11	° C
								13	° C
								15	° C
							Tiempo de contacto	3	min
								5	min
								7	min
ESPECÍFICOS	¿Cuál es la temperatura idónea del proceso batch CO2 súper crítico para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos?	Determinar la temperatura idónea del proceso batch con CO2 súper crítico para remover la mayor cantidad de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos.	A mayor temperatura del proceso batch CO2 súper crítico mayor remoción de hidrocarburos de suelos contaminados.	VARIABLE DEPENDIENTE: Remoción de Hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuo.	Según CANDO (2011), la remoción de hidrocarburos en suelos consiste en la reducción del contaminante a través de técnicas de tratamiento al suelo de manera ex situ o in situ dando como resultados favorables en la disminución de hidrocarburos.	La remoción de los hidrocarburos se evaluará a través de los parámetros químicos al inicio y al final del proceso siendo el indicador la concentración de hidrocarburos F2 (C10-C28).	Parámetros Químicos	Concentración inicial de hidrocarburos F2 (C10-C28)	mg/kg
	¿Cuál es el tiempo requerido del proceso batch CO2 súper crítico para la remoción de hidrocarburos de suelos recolectados por una empresa operadora de residuos?	Determinar el tiempo requerido del proceso batch con CO2 súper crítico para remover la mayor cantidad de hidrocarburos de los suelos recolectados por una empresa operadora de residuos	A mayor tiempo del proceso batch CO2 súper crítico mayor remoción de hidrocarburos de suelos contaminados.					Concentración final de hidrocarburos F2 (C10-C28)	mg/kg

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO 2: Análisis Inical de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)



SAG

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



INFORME DE ENSAYO N° 125672- 2018 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : KATHERINE MILAGROS GRANDES ASTETE
DOMICILIO LEGAL : ASOC. SAN FELIPE MZ C LOTÉ 1 PUENTE PIEDRA - LIMA
SOLICITADO POR : KATHERINE MILAGROS GRANDES ASTETE
REFERENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA : RESERVADO POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2018-10-02
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2018-10-02
MUESTREADO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Carbono orgánico total (COT)	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.1.7, Método AS-07. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002.	0.14	%
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C ₁₀ -C ₂₈)	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography, 2007	1.79	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Suelo	
Matriz analizada	Suelo	
Fecha de muestreo	2018-10-01	
Hora de inicio de muestreo (h)	16:40	
Condiciones de la muestra	Conservada	
Código del Cliente	Empresa operadora de residuos	
Código del Laboratorio	18100087	
Ensayo	Unidad	Resultados
Carbono orgánico total (COT)	%	6.28
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C ₁₀ -C ₂₈) ¹	mg/kg	103106.00

(1) Fracción de hidrocarburos F2 (C₁₀-C₂₈).
 Resultados de Suelo reportado en base seca.

Lima, 17 de Octubre del 2018.

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

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod.: FI 02/Versión: 08/FE/03/2018

* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1

**INFORME DE ENSAYO N° 185083
CON VALOR OFICIAL**



Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

**** FIN DEL INFORME ****

ANEXO 3: Análisis Físicoquímico del Suelo

Ensayo N° 001 – KGA - 2018
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – UCV
 INFORME DE RESULTADOS - MUESTREO DE SUELO

Dirección: EO-RS - Puente Piedra
 Tipo de Ensayos: Análisis Físicoquímicos
 Matriz: Suelo
 Descripción de la Muestra: Suelos contaminados con hidrocarburos
 Muestra tomada por: Katherine Milagros Grandes Astete
 Fecha de ingreso de muestra: 02/10/2018
 Lugar donde se realizó el ensayo: Laboratorio de Mecanica de suelos – UCV.

Ensayo de Humedad Relativa en agua

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		%	8.23%
		Este: 18270955			

Ensayo de densidad aparente

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		g/l	1932.36
		Este: 18270955			

Ensayo de Ph

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915			8.13
		Este: 18270955			

Ensayo de materia orgánica

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		%	2.15
		Este: 18270955			

Ensayo de conductividad (ms/cm)

Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		ms/cm	3.15
		Este: 18270955			

Análisis Mecánico (%)					
Arena					
Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		%	35
		Este: 18270955			
Limo					
Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		%	46
		Este: 18270955			
Arcilla					
Estación	Tipo de Resultado	Coordenada	Altitud	Unidad de Medida	Resultado
M-1	Muestra	Norte: 8698915		%	19
		Este: 18270955			

Metodología de Análisis:

standar test methods of laboratory determination of water (Moisture) content of Soil and rock by mass D2216-10

Equipo Utilizado:

Estufa de calentamiento

Código interno:

6009518
 Multiparametro Hanna edge
 6053633
 Mufla
 6009565
 equipo granulométrico
 6009586



Hitler Román Pérez
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE CALIDAD
 AMBIENTAL



M.Sc. Carlos Humberto Alfaro Rodriguez
 DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CESAR
 VALLEJO LIMA- NORTE

ANEXO 4: Análisis Final de Hidrocarburos F2 (C10-C28)

INFORME DE ENSAYO N° 185083 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : KATHERINE GRANDES ASTETE
Dirección : Condominio las Praderas club, Block C-2 Int. 201 - Puente Piedra
Solicitado Por : Katherine Grandes Astete
Referencia : Cotización N° 3513-18
Proyecto : Reservado por el cliente
Procedencia : Reservado por el cliente
Muestreo Realizado Por : El cliente
Cantidad de Muestra : 9
Producto : Suelo
Fecha de Recepción : 30/10/2018
Fecha de Ensayo : 30/10/2018 al 07/11/2018
Fecha de Emisión : 08/11/2018

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

I. Resultados

Código de Laboratorio	185083-01	185083-02	185083-03	185083-04	185083-05	185083-06
Código de Cliente	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
Fecha de Muestreo	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018
Hora de Muestreo (h)	17:00	17:10	17:20	17:30	17:40	17:50
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados			
Cromatográficos (Peso Seco)						
Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) Range: F2 > (C10 - C28)	mg/Kg PS	0,9	83080	67120	66575	55499 41408 31808

Leyenda : L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica. "--" = No Analizado.
①: Limite de Detección del Método

Código de Laboratorio	185083-07	185083-08	185083-09
Código de Cliente	M-7	M-8	M-9
Fecha de Muestreo	29/10/2018	29/10/2018	29/10/2018
Hora de Muestreo (h)	18:00	18:10	18:20
Tipo de Producto	Suelo	Suelo	Suelo

Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Cromatográficos (Peso Seco)					
Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) Range: F2 > (C10 - C28)	mg/Kg PS	0,9	44637	67152	52183

Leyenda : L.C.M. = Limite de cuantificación del método, L.D.M. = Limite de detección del método, "<=" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica. "--" = No Analizado.
①: Limite de Detección del Método

II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Cromatográfico		
Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) Range: (F1,F2,F3).	EPA Method 8015 Revision 3 / February 2007	Nonhalogenated Organics By Gas Chromatography

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis.

**INFORME DE ENSAYO N° 185083
CON VALOR OFICIAL**



Alfonso Vilca M.
GCSSA
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.
Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.
El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.
El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años.
El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.
Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

** FIN DEL INFORME **

ANEXO 5: Hoja de custodia



Nº 014442

FQ-006-01
PM-006-13

CADENA DE CUSTODIA

Agua		M.S.	<input checked="" type="checkbox"/>	C.A.	<input type="checkbox"/>	S.O.	<input type="checkbox"/>	Emi.	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>	I.E. N ^o (a): 105083	Pág. 1 de 2																																																																																																																																																																																																		
<p>DATOS DEL CLIENTE</p> <p>RAZÓN SOCIAL: KATHERINE GRANDES ASTETE</p> <p>DIRECCIÓN: Condominio las Praderas Club, block C-2</p> <p>TELÉFONO: 958035549 E-MAIL: Kathy.grandes@proxi.com</p> <p>CONTACTO: KATHERINE GRANDES ASTETE</p> <p>ORDEN DE SERVICIO N°: COTIZACIÓN N° 3513-18</p> <p>OTRA REFERENCIA:</p> <p>ENVIAR FACTURA A:</p> <p>RAZÓN SOCIAL: KATHERINE GRANDES ASTETE</p> <p>RUC:</p> <p>DIRECCIÓN: CONDOMINIO LAS PRADERAS CLUB block C-2</p> <p>NOMBRE DEL PROYECTO: INT 201 - PUENTE PIEDRA</p> <p>PROCEDENCIA:</p>																																																																																																																																																																																																															
<p>ANÁLISIS REQUERIDOS</p> <p>Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra</p>																																																																																																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N° de muestra (a)</th> <th rowspan="2">Código de Cliente</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th rowspan="2">Matriz ó Producto (b)</th> <th rowspan="2">Ubicación UTM</th> <th rowspan="2">Número de frascos por punto de muestreo</th> <th colspan="13">ANÁLISIS REQUERIDOS</th> </tr> <tr> <th>Fecha (d-m-a)</th> <th>Hora (24:00)</th> <th colspan="13"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>M-3</td> <td>29/10/18</td> <td>17:00</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>M-2</td> <td>29/10/18</td> <td>17:20</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>M-3</td> <td>29/10/18</td> <td>17:20</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>M-4</td> <td>29/10/18</td> <td>17:30</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>M-5</td> <td>29/10/18</td> <td>17:40</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>M-6</td> <td>29/10/18</td> <td>17:50</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>M-7</td> <td>29/10/18</td> <td>18:00</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>M-8</td> <td>29/10/18</td> <td>18:10</td> <td>Suelo</td> <td></td> <td>1</td> <td colspan="13"></td> </tr> </tbody> </table>													N° de muestra (a)	Código de Cliente	Muestreo		Matriz ó Producto (b)	Ubicación UTM	Número de frascos por punto de muestreo	ANÁLISIS REQUERIDOS													Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)														1	M-3	29/10/18	17:00	Suelo		1														2	M-2	29/10/18	17:20	Suelo		1														3	M-3	29/10/18	17:20	Suelo		1														4	M-4	29/10/18	17:30	Suelo		1														5	M-5	29/10/18	17:40	Suelo		1														6	M-6	29/10/18	17:50	Suelo		1														7	M-7	29/10/18	18:00	Suelo		1														8	M-8	29/10/18	18:10	Suelo		1													
N° de muestra (a)	Código de Cliente	Muestreo		Matriz ó Producto (b)	Ubicación UTM	Número de frascos por punto de muestreo	ANÁLISIS REQUERIDOS																																																																																																																																																																																																								
		Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)																																																																																																																																																																																																												
1	M-3	29/10/18	17:00	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
2	M-2	29/10/18	17:20	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
3	M-3	29/10/18	17:20	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
4	M-4	29/10/18	17:30	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
5	M-5	29/10/18	17:40	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
6	M-6	29/10/18	17:50	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
7	M-7	29/10/18	18:00	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
8	M-8	29/10/18	18:10	Suelo		1																																																																																																																																																																																																									
<p>(a) - Información llenada por Recepción de Muestras. (b) MATRIZ ó PRODUCTO: Salud Ocupacional (S.O.) [Respiratorio (Resp.), Inhalables (Inh.), Pólvos (Pólv), PVC, MCE], Calidad de Aire (C.A.) [PM 10, PM-2.5 (H/LVI, PTS, Sol, Cap.), Otros Agua (A.) [Agua Natural (A. Superficial, A. Subterránea, A. de Manantial, A. Terrenal, A. de Lluvia o Fluvial), Agua Residual (A.R.) (A. R. Doméstica, A. R. Industrial, A. R. Municipal), Agua de Uso y Consumo Humano (A. de cocina A. de bebida = A. Potable/A. Envasada/A. de mesa, A. de laguna artificial), Agua Salina (A. de Mar, A. Salobres, Salinas)], Agua de Proceso (A. de circulación o enfriamiento, A. de alimentación para calderas, A. de calderas, A. de lavación, A. purificada A. de inyección y recuperación), Emisiones (Emi.) [Partículas (aer., SO_x), Muestra Sólida (M.S.) [Suelo (Sue.), Lodo (Lod.), Sedimento (Sed.)]</p>																																																																																																																																																																																																															
<p>MUESTREO REALIZADO POR</p> <p>Empresa: GRANDES GRANDES CONSULTING</p> <p>Responsable: [Firma]</p> <p>Firma: [Firma]</p>			<p>PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO</p>			<p>INFORMACIÓN DEL MUESTREO</p> <p>CODIGO DE EQUIPOS UTILIZADOS</p>			<p>OBSERVACIONES</p>			<p>SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE</p> <p>Nombre:</p> <p>Cargo:</p> <p>Firma:</p>																																																																																																																																																																																																			
<p>Entregado por:</p> <p>Fecha (d-m-a):</p> <p>Hora (24:00):</p> <p>Firma:</p>			<p>Recibido por:</p> <p>Fecha (d-m-a): 30/10/18</p> <p>Hora (24:00): 14:15</p> <p>Firma: [Firma]</p>			<p>LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS</p> <p>Origen de los envases de las muestras: Cliente</p> <p>Condición de la Muestra:</p>			<p>A</p> <p>NA</p>																																																																																																																																																																																																						



FQ-006-01
13/11/2016

Envirotest S.A.C. RUC 20523205936. Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana-Lima 31-Piura. Central Telefónica (511) 522-3756 / 533-1828. RPC 969114649. E-mail: info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

ADQUIRENTE ó USUARIO

Ficha de Registro para el análisis inicial de hidrocarburos y otros parámetros										
Responsable										
Nombre del sitio de estudio										
Técnica de análisis										
Código	Fecha de muestreo	Prof.(M)	Coordenadas UTM		Concentración inicial de hidrocarburos totales	pH	T°	M.O	Densidad Aparente	humedad
			X	y						
M1										
M2										
M3										
M4										
M5										
M6										
M7										
M8										
M9										

Fuente: Elaboración propia, 2018

Ficha de Registro para la remoción de hidrocarburos totales						
Responsable						
Lugar						
Técnica						
Código	Fecha	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración inicial de hidrocarburos totales (mg/kg)	Concentración final de hidrocarburos totales (mg/kg)	Eficiencia de remoción
M1						
M2						
M3						
M4						
M5						
M6						
M7						
M8						
M9						

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO 7: ficha de validación de datos.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Alejandro Suarez Alvar
 1.2. Cargo e institución donde labora: Ing. Químico - UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recojo de la muestra
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Grandes Astete Katherine Milagros

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									/				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									/				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

84 %

Lima, 6 Diciembre del 201 8

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 07106495 Telf.: 945405402

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Suarez Alarce Alejandro
 1.2. Cargo e institución donde labora: Ing. Químico - UCV
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de control del tabamonto y análisis de relación
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Granda Astete Katherine

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 6 de Diciembre del 2018

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 07106495 Telf. 945-405-402

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Marie Aliaga Martinez
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - Universidad César Vallejo
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro durante el tratamiento y análisis final
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Katherine H. Lagros Grandon Astete

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90.5 %

Lima, 14 de Junio del 2016


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08663268 Telf. 995835088

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ina. Hana Alaga Martinez
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Cesar Vallejo
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro para la toma de muestra y analisis
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Katherine Alagos Grandes Astel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

88.5 %

 Lima, 19 de Junio del 2016


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI No. 08663264 Telf.: 999935088

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN ID.
 1.2. Cargo e institución donde labora: DECANO
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro para toma de muestra y grupos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Katherine Milagres Grandis Astete

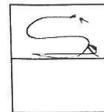
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											/		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											/		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											/		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											/		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											/		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											/		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											/		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											/		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											/		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :



85%

Lima, 21 de Agosto del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8540710 Telf.: 5254018

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORRANZA SOLVER, Juan Julio
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro durante el Habermas y análisis
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Katherine Milagros Grandes Astete

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 21 de 06 del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8041202 Telf. 5121640