



**UNIVERSIDAD UTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

**DISEÑO DEL PROCESO DE FILTRADO DE AGUA DE  
FORMACIÓN PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE TPH,  
UTILIZANDO UN FILTRO DE ARENA Y CONCHAS MARINAS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**RODNEY SEBASTIÁN CEVALLOS VELASTEGUI**

**DIRECTOR: ING. LUIS ALBERTO CALLE GUADALUPE**

**Quito, agosto 2018**

© Universidad UTE. 2018

Reservados todos los derechos de reproducción

## FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	060407641-4
APELLIDO Y NOMBRES:	RODNEY SEBASTIÁN CEVALLOS VELASTEGUI
DIRECCIÓN:	MAÑOSCA-AV. OCCIDENTAL OE8-95
EMAIL:	sebascevallos@hotmail.es
TELÉFONO FIJO:	(02) 2441-434
TELÉFONO MOVIL:	0996561018

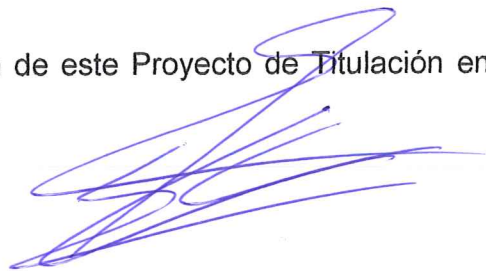
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO DEL PROCESO DE FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE TPH, UTILIZANDO UN FILTRO DE ARENA Y CONCHAS MARINAS
AUTOR O AUTORES:	RODNEY SEBASTIÁN CEVALLOS VELASTEGUI
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	15 de Agosto del 2018
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Luis Alberto Calle Guadalupe
PROGRAMA	PREGRADO ✘ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero de Petróleos
RESUMEN:	El objetivo del presente trabajo fue diseñar el proceso de filtrado de agua de formación para disminuir la cantidad de TPH, utilizando un filtro de arena y conchas marinas. Este trabajo se realizó con la finalidad de proponer un nuevo método en la eliminación de impurezas existentes

en el agua de formación y así optimizar los gastos de las operaciones en campos petroleros. Se obtuvieron muestras de agua de formación con presencia de sólidos suspendidos, sólidos totales disueltos, bacterias e hidrocarburos emulsionados denominados TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo). A dicha agua se realizaron análisis de TPH obteniendo un resultado de 53.5 mg/L, adicionalmente se midió la turbidez que fue 141 NTU. Para el diseño del filtro se seleccionaron componentes naturales y de fácil obtención. Se utilizaron algodón y conchas marinas molidas de diferentes diámetros de uno y dos milímetros. En la construcción del filtro se utilizó un tubo PVC dentro del cual se colocaron los elementos antes mencionados en distintas concentraciones. A continuación, se filtró el agua de formación y se analizaron las muestras de filtrado resultantes a las cuales se midieron el contenido de TPH y turbidez. Se realizaron varios ensayos hasta llegar a obtener un lecho filtrante que redujo la mayor cantidad de impureza. Al agua filtrada se realizaron las mediciones de turbidez obteniendo 39.1 NTU en la primera prueba y 39.7 NTU en la segunda prueba. De igual manera los valores de TPH redujeron a <1.1 mg/L en ambas pruebas. Estos resultados cumplieron los límites permitidos por el RAOHE y esto indicó una excelente eficiencia y funcionalidad del sistema de filtrado. Al utilizar arena y concha marina en el filtrado de agua de formación se pudo notar que en la prueba 1 el tiempo fue de 487.20 s mientras que

	<p>descartando la arena el tiempo se redujo a 15.26 s, por este motivo el segundo diseño se consideró como ideal para su aplicación. Finalmente, se realizaron pruebas de saturación del filtro para determinar su vida útil y fue de 4500 mL</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Agua de formación, Hidrocarburos totales de petróleo, turbidez, filtro, conchas marinas.</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>The objective of this work was to design the formation water filtering process to reduce the amount of TPH, using a sand filter and seashells. This work was carried out with the purpose of proposing a new method in the elimination of existing impurities in the formation water and optimize the expenses of the operations in oil fields. Formation water samples were obtained with the presence of suspended solids, total dissolved solids, bacteria and emulsified hydrocarbons called TPH (Total Petroleum Hydrocarbons). TPH analysis was carried out to this water, obtaining a result of 53.5 mg/L, in addition turbidity was measured, which was 141 NTU. For the design of the filter, natural and easily obtained components were selected. Cotton and ground sea shells of different diameters of one and two millimeters were used. In the construction of the filter, a PVC tube was used, inside which the aforementioned elements were placed in different concentrations. The formation water was then filtered and the resulting filtrate samples were analyzed at which the TPH content and turbidity were measured. Several tests were carried out until obtaining a filter bed</p>

	<p>that reduced the greatest amount of impurity. To the filtered water turbidity measurements were made obtaining 39.1 NTU in the first test and 39.7 NTU in the second test. Similarly, the TPH values reduced to &lt;1.1 mg/L in both tests. These results fulfilled the limits allowed by the RAOHE and this indicated an excellent efficiency and functionality of the filtering system. When using sand and sea shell in the formation water filtrate it could be noted that in test 1 the time was 487.20 s while discarding the sand the time was reduced to 15.26 s, for this reason the second design was considered ideal for your application. Finally, saturation tests were carried out on the filter to determine its useful life and it was 4500 mL.</p>
<b>KEYWORDS</b>	Formation water, Total petroleum hydrocarbons, turbidity, filter, seashells.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



---

CEVALLOS VELASTEGUI RODNEY SEBASTIÁN  
060407641-4



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CEVALLOS VELASTEGUI RODNEY SEBASTIÁN**, CI 0604076414 autor del proyecto titulado: **DISEÑO DEL PROCESO DE FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE TPH, UTILIZANDO UN FILTRO DE ARENA Y CONCHAS MARINAS**. Previo a la obtención del título de Ingeniero de Petróleos de la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, agosto 2018



---

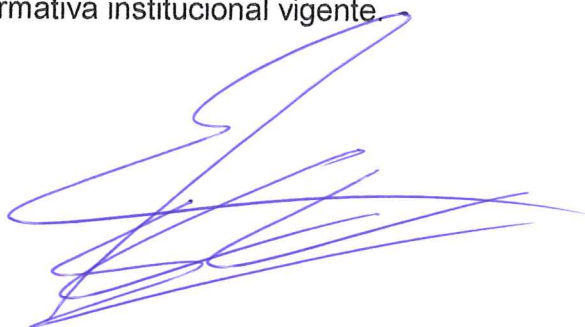
**CEVALLOS VELASTEGUI RODNEY SEBASTIÁN**

CI: 060407641-4

## DECLARACIÓN

Yo, **CEVALLOS VELASTEGUI RODNEY SEBASTIÁN**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping, fluid strokes that form a complex, stylized shape. The signature is positioned above a horizontal line.

---

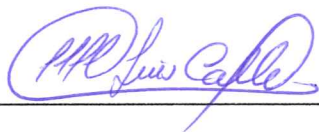
**CEVALLOS VELASTEGUI RODNEY SEBASTIÁN**

C.I. 060407641-4



## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **DISEÑO DEL PROCESO DE FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE TPH, UTILIZANDO UN FILTRO DE ARENA Y CONCHAS MARINAS** que, para aspirar al título de **INGENIERO DE PETRÓLEOS** fue desarrollado por **CEVALLOS VELASTEGUI RODNEY SEBASTIÁN**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



---

Ing. Luis Alberto Calle Guadalupe

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 170528344-6



Company Limited

钻探厄瓜多尔分公司 (CCDC Ecuador Branch)

CNPC Chuanqing Drilling Engineering

川庆

## CERTIFICADO

**Chuanqing Drilling Engineering Company Limited (CCDC)**, certifica que el señor **Cevallos Velastegui Rodney Sebastián** con cédula de identidad No. 060407641-4 realizó su tesis para la obtención del Título de Ingeniero en Petróleos; siendo el tema de tesis **“DISEÑO DEL PROCESO DE FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN PARA DISMINUIR LA CANTIDAD DE TPH, UTILIZANDO UN FILTRO DE ARENA Y CONCHAS MARINAS”** desde el 18 de Septiembre del 2017 al 01 de Julio del 2018.

El portador del presente documento certificado; puede hacer uso como ha bien tuviere.

Sin otro particular, nos suscribimos,

Atentamente,

**Chuanqing Drilling Engineering Company Limited (CCDC)**

Henry Romero

Ingeniero de Laboratorio CCDC

Quito, Agosto del 2018

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico principalmente a mis padres Marlon y Elena que con su esfuerzo incansable y dedicación por sus hijos son un pilar fundamental para la superación personal y educativa en mi vida profesional, ellos son la inspiración ya que son las personas a quien más admiro y respeto.

A mi hermana quien con su ejemplo me ha enseñado que cada esfuerzo que realice va a tener su recompensa.

A mis abuelos Angel y Anita que lamentablemente no pueden estar presentes en este gran paso que doy en mi vida profesional, pero a cada minuto fueron mi inspiración.

A mis amigos y amigas que con su apoyo al recibirme en una ciudad ajena lograron darme motivación para salir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por haberme guiado en este trascurso en mi vida universitaria por no dejarme solo a ningún momento y darme la fortaleza para continuar.

A mis padres que con su ejemplo y consejos me guiaron a luchar por mis sueños.

Agradezco al Ing. Henry Romero por siempre estar dispuesto a colaborarme y a la empresa CCDC, por apoyarme en la realización de mi proyecto de titulación.

Agradezco a personas muy importantes en mi vida porque gracias a ellos y su apoyo me dieron motivación para culminar mi vida universitaria.

Finalmente doy las gracias a la Universidad UTE que al abrir sus puertas a los estudiantes nos facilitan luchar por nuestros sueños dándonos una educación de primera.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	2
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	3
1.1 OBJETIVOS	6
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	6
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
<b>2. METODOLOGÍA</b>	7
2.1 ANÁLISIS INICIALES DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA DE FORMACIÓN	7
2.1.1 ANÁLISIS DE TURBIDEZ DEL AGUA DE FORMACIÓN	7
2.1.2 ANÁLISIS DE TPH DEL AGUA DE FORMACIÓN	7
2.2 DISEÑO DEL FILTRO PARA EXTRACCIÓN DE TPH Y PRUEBAS DE FILTRADO	7
2.2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO	7
2.2.2 FILTRADO DEL AGUA DE FORMACIÓN	8
2.2.3 MEDICIÓN DE SATURACIÓN DEL AGUA FILTRADA	9
2.2.4 ANÁLISIS FINAL DE LAS MUESTRAS DEL FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN	9
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	10
3.1 VALORES DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA DE FORMACIÓN	10
3.1.1 ESTRUCTURA DEL LECHO FILTRANTE Y PRUEBAS DE LABORATORIO	10
3.1.2 ESTRUCTURA DE LOS LECHOS FILTRANTES	10
3.1.2.1 Lecho filtrante prueba 1	10
3.1.2.2 Lecho filtrante prueba 2	11

	<b>PÁGINA</b>
3.1.3 PRUEBAS DE FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN Y MEDICIONES DE TPH Y NTU	12
3.1.3.1 Filtrado de agua de formación	12
3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA SATURACIÓN DEL MEDIO FILTRANTE	13
3.1.5 DETERMINACIÓN DE TPH Y NTU DEL FILTRADO	13
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>14</b>
4.1 CONCLUSIONES	14
4.2 RECOMENDACIONES	14
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>15</b>
<b>6. ANEXOS</b>	<b>17</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Peso y espesor de los materiales empleados	9
<b>Tabla 2.</b> Medición inicial de turbidez y TPH	10
<b>Tabla 3.</b> Tiempo vs Volumen para el filtrado en las pruebas realizadas	12
<b>Tabla 4.</b> Saturación a partir de tiempo y turbidez	13
<b>Tabla 5.</b> Medición final de turbidez y TPH en la prueba 1 y prueba 2	13



# ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 1.</b> Esquema del lecho filtrante prueba 1	11
<b>Figura 2.</b> Esquema del lecho filtrante prueba 2	11

# ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO 1.</b> TABLA N.-4 DEL ANEXO 2 DEL RAOHE	17
<b>ANEXO 2.</b> INFORME DE MUESTRA DE AGUA DE FORMACIÓN	18
<b>ANEXO 3.</b> NIVEL DE TURBIDEZ INICIAL DEL AGUA DE FORMACIÓN	19
<b>ANEXO 4.</b> ANALIZADOR DE TPH	20
<b>ANEXO 5.</b> MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO	21
<b>ANEXO 6.</b> NIVELES DE REFERENCIA, PRESIÓN Y SISTEMA DE FILTRADO COMPLETO	23
<b>ANEXO 7.</b> ANÁLISIS DEL TPH DEL AGUA DE FORMACIÓN Y MUESTRAS DE FILTRADO	25
<b>ANEXO 8.</b> RESULTADOS FINALES DE TURBIDEZ	26

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue diseñar el proceso de filtrado de agua de formación para disminuir la cantidad de TPH, utilizando un filtro de arena y conchas marinas. Este trabajo se realizó con la finalidad de proponer un nuevo método en la eliminación de impurezas existentes en el agua de formación y así optimizar los gastos de las operaciones en campos petroleros. Se obtuvieron muestras de agua de formación con presencia de sólidos suspendidos, sólidos totales disueltos, bacterias e hidrocarburos emulsionados denominados TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo). A dicha agua se realizaron análisis de TPH obteniendo un resultado de 53.5 mg/L, adicionalmente se midió la turbidez que fue 141 NTU. Para el diseño del filtro se seleccionaron componentes naturales y de fácil obtención. Se utilizaron algodón y conchas marinas molidas de diferentes diámetros de uno y dos milímetros. En la construcción del filtro se utilizó un tubo PVC dentro del cual se colocaron los elementos antes mencionados en distintas concentraciones. A continuación, se filtró el agua de formación y se analizaron las muestras de filtrado resultantes a las cuales se midieron el contenido de TPH y turbidez. Se realizaron varios ensayos hasta llegar a obtener un lecho filtrante que redujo la mayor cantidad de impureza. Al agua filtrada se realizaron las mediciones de turbidez obteniendo 39.1 NTU en la primera prueba y 39.7 NTU en la segunda prueba. De igual manera los valores de TPH redujeron a <1.1 mg/L en ambas pruebas. Estos resultados cumplieron los límites permitidos por el RAOHE y esto indicó una excelente eficiencia y funcionalidad del sistema de filtrado. Al utilizar arena y concha marina en el filtrado de agua de formación se pudo notar que en la prueba 1 el tiempo fue de 487.20 s mientras que descartando la arena el tiempo se redujo a 15.26 s, por este motivo el segundo diseño se consideró como ideal para su aplicación. Finalmente, se realizaron pruebas de saturación del filtro para determinar su vida útil y fue de 4500 mL.

**PALABRAS CLAVES:** Agua de formación, Hidrocarburos totales de petróleo, turbidez, filtro, conchas marinas.

## ABSTRACT

The objective of this work was to design the formation water filtering process to reduce the amount of TPH, using a sand filter and seashells. This work was carried out with the purpose of proposing a new method in the elimination of existing impurities in the formation water and optimize the expenses of the operations in oil fields. Formation water samples were obtained with the presence of suspended solids, total dissolved solids, bacteria and emulsified hydrocarbons called TPH (Total Petroleum Hydrocarbons). TPH analysis was carried out to this water, obtaining a result of 53.5 mg/L, in addition turbidity was measured, which was 141 NTU. For the design of the filter, natural and easily obtained components were selected. Cotton and ground sea shells of different diameters of one and two millimeters were used. In the construction of the filter, a PVC tube was used, inside which the aforementioned elements were placed in different concentrations. The formation water was then filtered and the resulting filtrate samples were analyzed at which the TPH content and turbidity were measured. Several tests were carried out until obtaining a filter bed that reduced the greatest amount of impurity. To the filtered water turbidity measurements were made obtaining 39.1 NTU in the first test and 39.7 NTU in the second test. Similarly, the TPH values reduced to <1.1 mg/L in both tests. These results fulfilled the limits allowed by the RAOHE and this indicated an excellent efficiency and functionality of the filtering system. When using sand and sea shell in the formation water filtrate it could be noted that in test 1 the time was 487.20 s while discarding the sand the time was reduced to 15.26 s, for this reason the second design was considered ideal for your application. Finally, saturation tests were carried out on the filter to determine its useful life and it was 4500 mL.

**KEY WORDS:** Formation water, Total petroleum hydrocarbons, turbidity, filter, seashells.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

En las operaciones de producción, el petróleo extraído viene emulsionado junto con agua de formación. La cantidad de agua de formación presente varía por diferentes factores como puede ser el tiempo productivo del pozo.

El agua de formación se encuentra a condiciones de presión y temperatura del reservorio. Cuando se inicia la producción, el agua de formación asciende junto con el petróleo, cambiando sus condiciones de presión y temperatura naturales, siendo estas cada vez menores. Durante el ascenso a través del pozo el impacto contra las paredes de la tubería ocasiona la presencia de emulsiones. Esto hace encontrar en un pozo petrolero aguas libres o fuera de emulsión y aguas emulsionadas con el crudo (Perez, 2016).

El agua de formación se encuentra en los poros de las rocas ya sea emulsionada o libre, puede ser de diferentes orígenes ya sea agua marina o intersticial. Sus características dependen de la naturaleza de la formación geológica por las que ha atravesado. (Bybee, 2002).

El agua de formación contiene una cantidad de hidrocarburos emulsionados conocidos como TPH. Se denomina TPH al grupo de compuestos químicos orgánicos originados por la presencia de petróleo crudo, principalmente existen derivados de hidrógeno y carbono. En superficie pueden afectar al ambiente a partir de derrames, de liberaciones industriales (Ling et al., 2014).

El daño de formación por la presencia de TPH puede ocasionar bloqueo por emulsiones en este tipo de daño de formación se presenta cuando una emulsión viscosa invade los poros de la roca causando un bloqueo para el flujo de fluidos a través del pozo. En casos extremos la conductividad puede ser reducida en su totalidad, la presencia de TPH en el agua reinyectada a un yacimiento puede ocasionar la formación de emulsiones, debido a incompatibilidades con el crudo presente en fondo (Denney, 2005).

Además del TPH, el agua de formación contiene impurezas que pueden ser originadas por tratamientos que se realizaron al pozo. También ocurre cuando al momento de su extracción sufre choques con las paredes del pozo o con las rocas que la contienen.

La presencia de TPH disminuye la permeabilidad y porosidad del yacimiento en donde fue inyectada el agua de formación tratada ocasionando una disminución de la producción de petróleo por taponamientos de los caminos porosos y obstrucción del yacimiento. (Romero, 2018).

Para el agua de reinyección deben tomarse en cuenta aquellas que se encuentran descritas en la tabla 4 del anexo 2 del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas de Ecuador (RAOHE). Esta tabla está dividida en dos partes, la primera parte consta en la descripción de los límites de descarga permisibles en el punto de salida de efluentes y en la segunda parte de la tabla nos da a conocer los rangos permisibles de descargas en el punto de control del cuerpo receptor y a esto se denomina punto de inmisión. Ver en ANEXO 1 (Decreto 1215, 2001).

El agua para inyección no tiene que ser corrosiva ni incrustante, debe estar libre de sólidos suspendidos y ser compatible con el agua de formación presente en el yacimiento para así evitar daños en la formación o en las operaciones que se estén efectuando. Ver en ANEXO 1 (Decreto 1215, 2001).

Los métodos de separación del agua de formación del petróleo crudo son diversos. Entre los más utilizados se encuentra el rompimiento de emulsiones que consta en desplazar el emulsificante y su película para lograr una coalescencia de las gotas del agua y poder suministrar un periodo de asentamiento prolongado de dichas gotas de agua.

Existe una variedad de métodos que se emplean conjuntamente para generar la ruptura de emulsiones, estos son químico, térmico y mecánico. En el método químico se utilizan demulsificantes o rompedores de emulsión que reducen la tensión superficial entre los líquidos que están en contacto. Estos permiten que las gotas que están dispersas se junten y decanten, a este proceso se lo denomina coalescencia.

En el método térmico, al calentar la emulsión se debilita la película que rodea las gotas de agua, varía la densidad relativa del crudo y del agua, así como la viscosidad del crudo que contiene las partículas pequeñas en suspensión en fase dispersa, logrando un mayor choque entre estas partículas. Produce también una expansión de las gotas de agua provocando que la película del agente emulsificante se rompa.

El método de decantación o asentamiento también es aplicado en la industria para la separación del agua de formación. Este se basa en adicionar un demulsificante, el cual produce separación de fases por decantación; esto se da debido a la diferencia que existe entre densidades de las mismas, para este proceso se cuenta con dos facilidades que son los tanques de decantación y el método de Gun Barrel. (Fomel & Claerbout, 2016).

Finalmente, en el método mecánico se utilizan instrumentos que ayudan a separar las fases líquidas más pesadas de las más ligeras y los sólidos en la emulsión (Bybee, 2002).



El agua para reinyección no debe producir incrustaciones ni corrosión. Debe existir una compatibilidad entre agua-roca y agua con fluidos de la formación. Se debe conocer el contenido de TPH y sólidos en suspensión para ello se realiza el filtrado previo a la reinyección. (Ling, Chen, Ling, Hu, & Fan, 2014).

El proceso de filtrado de agua de formación consiste en la separación de sólidos en suspensión a través de un medio mecánico poroso, llamado tamiz, criba, cedazo o filtro. En el filtrado de un líquido a través de un medio poroso, retiene los sólidos mayores al tamaño de los poros y permite el paso del líquido y partículas de menor tamaño al de dichos poros (Holliday & Deuel Jr., 2011).

Los métodos para un filtrado de agua de formación utilizados en campo son por absorción de carbono, extracción de aire, filtración de membranas, luz ultravioleta o tratamiento biológico y la finalidad de todos estos son disminuir la presencia de hidrocarburos totales de petróleo, los cuales pueden ocasionar daño de formación al ser reinyectados (Kong, 2017).

La turbidez es la medida del grado de transparencia que pierde el agua de formación o algún líquido incoloro por la presencia de partículas en suspensión. Mientras mayor sea la cantidad de sólidos suspendidos el grado de turbidez medido en NTU será mucho más alto (Perez, Amjad, & Zuhl, 2016).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el proceso de filtrado de agua de formación para disminuir la cantidad de TPH, utilizando un filtro de arena y conchas marinas.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las propiedades del agua de formación antes de haber realizar la prueba con el filtro diseñado.
- Diseñar el filtro y realizar pruebas de laboratorio para evaluar su funcionalidad.
- Analizar las propiedades del agua de formación después de haber realizado la prueba con el filtrado diseñado.

## **2. METODOLOGÍA**

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 ANÁLISIS INICIALES DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA DE FORMACIÓN**

#### **2.1.1 ANÁLISIS DE TURBIDEZ DEL AGUA DE FORMACIÓN**

A la muestra del agua de formación se midió la turbidez. Para esto se utilizó un turbidímetro marca HACH modelo 2100P. Este análisis se realizó en los laboratorios de Ingeniería Ambiental de la Universidad UTE.

Este procedimiento consistió en la toma de una muestra de agua de formación la cual vertió en un recipiente pequeño parte del turbidímetro hasta una marca graduada y se cerró con su respectiva tapa con rosca. El recipiente se introdujo en el instrumento medidor, se tapó el turbidímetro y se pulsó el botón leer. Cuando finalizó la medición el resultado se marcó en la pantalla.

#### **2.1.2 ANÁLISIS DE TPH DEL AGUA DE FORMACIÓN**

A una muestra de agua de formación se realizó la medición de TPH, estas mediciones se desarrollaron en los laboratorios de FIGEMPA de la Universidad Central del Ecuador. Se utilizó un analizador de TPH marca BUCK SCIENTIFIC modelo 404. El procedimiento se realizó según el método PEE/A/01 Ref: EPA 418.1.

La muestra se coloca en un recipiente y por medio de un embudo de separación se añadió el solvente S316 que sirve para la extracción de grasas (petróleo) y se agitó para que comience a actuar el solvente. A la mezcla se la volvió a colocar en el embudo de separación se agitó nuevamente entre 5-10 minutos y se dejó decantar. Al terminar este proceso el solvente extrajo las grasas presentes dentro de las cuales se involucran los TPH. Las muestras se indujeron en cuatro celdas de cuarzo que son recipientes pequeños. Estas celdas se colocaron en el analizador, se cerró el analizador y se inició la lectura. Finalmente el resultado se obtuvo en la pantalla.

### **2.2 DISEÑO DEL FILTRO PARA EXTRACCIÓN DE TPH Y PRUEBAS DE FILTRADO**

#### **2.2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO**

El filtro se construyó de la siguiente manera:

- Se tomó un tubo PVC de 2 pulgadas de diámetro y recortándolo a una medida de 75 cm, con roscas en ambos extremos.
- Se utilizaron dos tapones de tubo PVC con roscas de 2 pulgadas de diámetro interior y se perforó en la parte central de cada uno. En el tapón superior fue colocada una válvula de presión en la perforación realizada, para el ingreso del aire desde una bomba.
- Para la prueba 1 se utilizó una combinación de un mallado, algodón 2 g, arena 3 g, concha mediana 10 g y concha gruesa 30 g.
- Para la prueba 2 se utilizaron los siguientes componentes: malla, algodón 2 g, concha mediana 10 g y concha gruesa 30 g.
- En el tapón inferior se adaptó una malla de metal recortada del mismo diámetro de la tubería.
- Se colocó algodón para retener la cantidad de sólidos presentes en el agua de formación, la concha marina y arena. La cantidad de algodón varió hasta llegar a los 2 g a partir de 0.5 g según la cantidad de impurezas presentes en las muestras de agua homogénea.
- Se envolvió teflón en las roscas de la tubería PVC para evitar fugas de agua de formación y de presión.
- El filtro fue colocado en un soporte metálico para poder realizar las pruebas de filtrado.

Para detalles gráficos ver Anexo 3.

### **2.2.2 FILTRADO DEL AGUA DE FORMACIÓN**

El proceso de filtrado de agua de formación consta de los siguientes pasos:

- Se midieron 500 mL de agua de formación homogénea por cada una de las pruebas a realizarse. Posteriormente se vertieron desde la parte superior del filtro previamente montado, taponando la perforación de la tapa inferior del filtro.
- Se ajustó la tapa superior del filtro.
- En la parte inferior del filtro se colocó una probeta graduada de 500 mL de capacidad para recoger el agua filtrada.
- Se conectó la bomba de aire a la válvula de la tapa superior del filtro, verificando que se encuentren los tapones correctamente ajustados.
- Se utilizó un cronómetro en cero para tomar medidas de tiempo cada 50 mL de agua filtrada.
- Al momento de destapar el agujero del tapón inferior se inició el bombeo manual a una presión constante de 2 bares (29.01 psi) (Anexo 4). Se detuvo el cronómetro al llegar a 500 mL de filtrado y se almacenó cada uno de los filtrados en botellas de vidrio Ámbar.

- Este procedimiento se repite para las diferentes concentraciones de concha, arena y algodón, tomando en cuenta que se limpió el filtro entre cada prueba, hasta obtener el modelo definitivo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Peso y espesor de los materiales empleados

Parámetros	Algodón	Arena	Concha mediana	Concha gruesa
<b>Prueba 1</b>				
<b>Peso (g)</b>	2	3	10	30
<b>Altura (cm)</b>	1.1	0.5	0.7	1.7
<b>Prueba 2</b>				
<b>Peso (g)</b>	2	-	10	30
<b>Altura (cm)</b>	1.1	-	0.7	1.7

### 2.2.3 MEDICIÓN DE SATURACIÓN DEL AGUA FILTRADA

Para la determinación de la saturación del medio filtrante se realizaron los siguientes pasos:

- Se montó el filtro utilizado con los mismos elementos utilizados en las pruebas anteriores.
- Se filtraron 500 mL de agua de formación por cada prueba hasta lograr una saturación del medio filtrante, tomando tiempo cada 50 mL utilizando un cronómetro por cada una de las pruebas.
- Con las pruebas realizadas en el mismo medio filtrante se tomaron mediciones de NTU para determinar la cantidad de impurezas presentes en el agua.

### 2.2.4 ANÁLISIS FINAL DE LAS MUESTRAS DEL FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN

Los análisis tanto de TPH y de NTU se realizaron siguiendo los procedimientos descritos en literal 2.1. Esta vez se utilizaron en las muestras de filtrado de agua de formación obtenidas de las pruebas de laboratorio.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 VALORES DE LAS PROPIEDADES DEL AGUA DE FORMACIÓN

El agua de formación del Campo Inchi fue sometida a mediciones de TPH y NTU obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2.** Medición inicial de turbidez y TPH

AGUA DE FORMACIÓN		
Parámetro	Unidad	Valor
Nivel de turbidez	NTU	141
TPH	mg/L	53.5

En la tabla 2 se detalla el nivel de turbidez expresado en NTU. Adicionalmente la cantidad de TPH en el agua de formación sin filtrar.

Estos valores indican que el agua de formación con estas características no puede ser utilizada para reinyección debido a que son muy altos y están fuera de los rangos permitidos (Anexo 1).

##### 3.1.1 ESTRUCTURA DEL LECHO FILTRANTE Y PRUEBAS DE LABORATORIO

A continuación, se muestran los esquemas de los lechos filtrantes implementados en las pruebas 1 y 2. En los gráficos se detallan las cantidades en gramos por cada componente y las diferencias de alturas que ocuparon en el filtro.

##### 3.1.2 ESTRUCTURA DE LOS LECHOS FILTRANTES

###### 3.1.2.1 Lecho filtrante prueba 1

El lecho filtrante estuvo estructurado como se muestra en la figura 1 utilizando: malla, algodón 2 g, arena 3 g, concha mediana 10 g y concha gruesa 30 g.

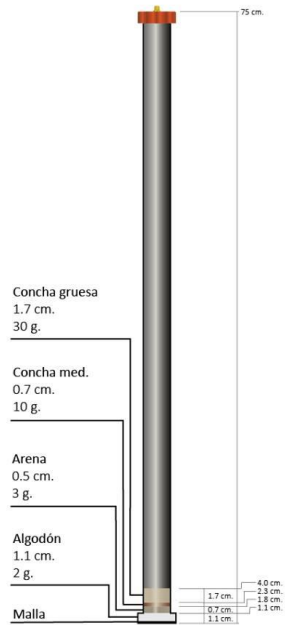


Figura 1. Esquema del lecho filtrante prueba 1

### 3.1.2.2 Lecho filtrante prueba 2

El lecho filtrante se estructuró como se muestra en la figura 2 utilizando: malla, algodón 2 g, concha mediana 10 g y concha grande 30 g.

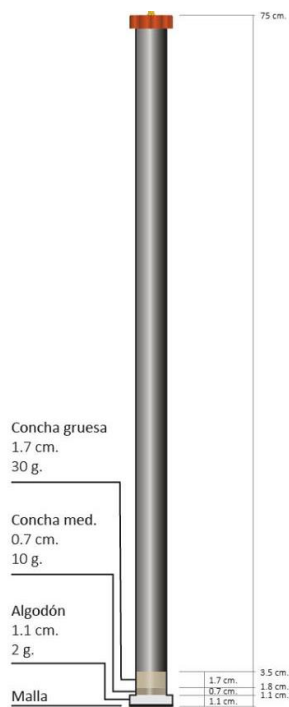


Figura 2. Esquema del lecho filtrante prueba 2

### 3.1.3 PRUEBAS DE FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN Y MEDICIONES DE TPH Y NTU

#### 3.1.3.1 Filtrado de agua de formación

En la tabla 3 se reflejan los resultados de las pruebas de filtrado según las formulaciones detalladas en la tabla 1.

El tiempo medido en segundos es por cada 50 mL de agua de formación filtrada hasta obtener los 500 mL que se vertieron inicialmente.

**Tabla 3.** Tiempo vs Volumen para el filtrado en las pruebas realizadas

FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN			
PRUEBA 1		PRUEBA 2	
TIEMPO (s)	VOLUMEN (mL)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (mL)
30.10	50	2.92	50
57.83	100	4.39	100
85.68	150	6.14	150
137.99	200	7.50	200
191.73	250	9.00	250
232.06	300	10.04	300
285.39	350	11.24	350
376.43	400	12.27	400
421.67	450	13.93	450
487.20	500	15.26	500

El tiempo final que tomó la prueba de filtrado número 1 fue 487.20 segundos es decir 8.12 minutos. Esto quiere decir que el tiempo de filtrado utilizando arena es muy alto para la eficiencia del filtro.

El tiempo final constatado en la prueba 2 es de 15.26 segundos es decir 0.25 minutos. Un tiempo notablemente bueno comparado con el resultado obtenido en la prueba anterior.

### 3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA SATURACIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

Tabla 4. Saturación a partir de tiempo y turbidez

NÚMERO DE PRUEBA	TIEMPO (s)	TURBIDEZ (NTU)
1	17.41	39.7
2	19.82	50.20
3	21.44	76.70
4	24.17	84.20
5	24.46	89.10
6	23.57	92.50
7	23.66	97.10
8	23.58	98.8
9	21.01	99.9
10	23.30	99.9
11	22.03	99.9
12	23.51	99.9
13	23.40	99.9
14	24.55	99.9

En la tabla 5 se determinó la saturación del medio filtrante utilizando el mismo filtro a base de concha marina. A partir de la prueba 9 los datos de turbidez se estabilizaron en 99.9 NTU lo cual indica que el filtro llegó a su punto de saturación y con un aumento de tiempo mínimo en el filtrado.

Con la saturación se puede visualizar el tiempo útil del filtro ya que a partir del punto de saturación el filtro pierde su efectividad.

### 3.1.5 DETERMINACIÓN DE TPH Y NTU DEL FILTRADO

Tabla 5. Medición final de turbidez y TPH en la prueba 1 y prueba 2

FILTRADO DE AGUA DE FORMACIÓN		
Número de prueba	Nivel de turbidez (NTU)	TPH (mg/L)
Prueba 1	39.1	<1.1
Prueba 2	39.7	<1.1

En la tabla 4 se muestran los resultados de TPH y NTU medidos del filtrado, para detalle ver anexos 5 y 6; los valores se encuentran en el rango permitido según la RAOHE (Anexo 1). Lo que indica que el filtrado de esta agua de formación puede ser utilizado para la reinyección en el pozo.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- El filtro se diseñó utilizando los componentes propuestos los cuales se colocaron según el tamaño de granos de concha de menor a mayor desde la parte inferior a la superior. Con este orden se logró aumentar la eficiencia en el filtrado de impurezas.
- Al filtrar el agua de formación se logró reducir la cantidad de TPH presente, teniendo como valor inicial 53.5 TPH en la muestra de agua de formación homogénea y llegando a un valor final del agua de formación filtrada de <1.1.
- La funcionalidad del filtro propuesto redujo al llegar a un volumen de 4500 mL de agua de formación filtrada. A partir de este punto las medidas de turbidez se mantuvieron estables en valores elevados de 99.9 NTU.
- El uso de arena en el procedimiento de filtrado causó un aumento considerable de tiempo para obtener similares resultados entre la prueba 1 y 2 para la reducción de TPH. Por este motivo tomando en cuenta el factor tiempo se determinó una mayor eficiencia al utilizar únicamente concha marina.

### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Realizar mediciones de alcalinidad, dureza, cloruros y pH al filtrado para tener un amplio conocimiento de las características del agua de formación filtrada.
- Determinar si el agua de formación filtrada contiene componentes que puedan afectar a la salud o al medio ambiente mediante un análisis toxicológico.
- Para proyectos a futuro se recomienda realizar pruebas de compatibilidad entre el agua de formación y fluidos que contiene la formación para evitar daños a corto y largo plazo en la formación.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**



## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Bybee, K. (2002). Mitigation of Wellbore Solids Deposits. <https://doi.org/10.2118/0302-0052-JPT>
- Concha, F. (2001). Manual de filtracion y separacion. Concepcion: Diario el sur S.A.
- Craft, C. (1990). *Ingeniería aplicada de yacimientos petrolíferos. Primera Edición*. Madrid: Tecnos S.A.
- Dake, L. (2002). Fundamentals of reservoir engineering. Obtenido de [http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/reservorios/Fundamentals%20of%20Reservoir%20Engineering%20\(L.P.%20Dake\).pdf](http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/reservorios/Fundamentals%20of%20Reservoir%20Engineering%20(L.P.%20Dake).pdf)
- Decreto 1215. (2001). *Instructivo para la Calificación y Registro de Consultores Ambientales Hidrocarburíferos*. Quito: Registro Oficial.
- Denney, D. (2005). Effect of Formation-Water Salinity on Water-Shutoff Gels. <https://doi.org/10.2118/1105-0075-JPT>
- Fomel, S., & Claerbout, J. (2016). Streaming prediction-error filters. *2016 SEG International Exposition and Annual Meeting*. Dallas, Texas: Society of Exploration Geophysicists.
- González, J. M. (2014). Daño a la formación en pozos petroleros. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4228/tesis%20.pdf?sequence=1>
- Holliday, G. H., & Deuel Jr., L. E. (1993). Determining Total Petroleum Hydrocarbons in Soil. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Houston, Texas: Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/26394-MS>
- Kong, D., Hoelen, T., Mcmillen, S., Vidra, T., Chitra, S., Saputra, D., ... Mardalina, M. (2017). Rapid Field Analytical Methods for Total Petroleum Hydrocarbons. *SPE Asia Pacific Health, Safety, Security, Environment and Social Responsibility Conference*. Kuala Lumpur, Malaysia: Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/185195-MS>
- Ling, T.-S., Chen, C.-F., Ling, S. F., Hu, W.-C., & Fan, C.-C. (2014). Basic Study of Underwater Noise Attenuation through Balloon Arrays. *The Twenty-Fourth International Ocean and Polar Engineering Conference*.

- Busan, Korea: International Society of Offshore and Polar Engineers.
- Perez, L. A., Amjad, Z., & Zuhl, R. W. (2016). Stressed Cooling Water System Deposit Control Management. *Corrosión 2016*. Vancouver, British Columbia, Canada: NACE International.
- Romero, H (2018). Manual de Procedimientos de Laboratorio CNPC-CCDC
- Romero, H (2018). Filtrado de Agua de Formación (S. Cevallos, Entrevistador) Schlumberger.(2017).
- [http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/f/formation\\_water.aspx](http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/f/formation_water.aspx) .*
- Tucno, R. (13 de enero de 2012). *La comunidad petrolera*. Obtenido de <http://industria-petrolera.lacomunidadpetrolera.com/2009/01/inyeccion-de-agua.html>

## **6. ANEXOS**

## 6. ANEXOS

**ANEXO 1.**  
**TABLA N.-4 DEL ANEXO 2 DEL RAOHE**

<b>a) EFLUENTE</b> (punto de descarga)				
<b>Parámetro</b>	<b>Expresado en</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor límite permisible1)</b>	<b>Promedio anual2)Destino de descarga</b>
Potencial hidrógeno	pH	---	5<pH<9	5.0<pH<9.0Todos
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	<2500	<2000Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<20	<15Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<30	<20Mar abierto
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80Continente
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<350	<300Mar abierto
Sólidos totales	ST	mg/l	<1700	<1500Todos
Bario	Ba	mg/l	<5	<3Todos
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.5	<0.4Todos
Plomo	Pb	mg/l	<0.5	<0.4Todos
Vanadio	V	mg/l	<1	<0.8Todos
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos) 3)	NH4-N	mg/l	<20	<15 Todos
Fenoles3)		mg/l	<0.15	<0.10Todos

<b>b) INMISION</b> (punto de control en el cuerpo receptor)				
<b>Parámetro</b>	<b>Expresado en</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor límite permisible1)</b>	<b>Promedio anual2)Aplicación</b>
Temperatura4)		°C	+3°C	General
Potencial hidrógeno15)	pH	---	6.0<pH<8.0	6.0<pH<8.0General
Conductividad eléctrica6)	CE	μS/cm	<170	<120Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.3General
Demanda química de oxígeno7)	DQO	mg/l	<30	<20General
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0.0003	<0.0002General

(Decreto 1215, 2001)

## ANEXO 2. INFORME DE MUESTRA DE AGUA DE FORMACIÓN

### DESCRIPCIÓN NECESARIA PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE AGUA

Número de muestra \_\_\_\_\_ Campo INCHI \_\_\_\_\_  
 Oranja o arrendamiento \_\_\_\_\_ Pozo N° A8 en el \_\_\_\_\_  
 de la sección \_\_\_\_\_ municipio o asentamiento \_\_\_\_\_ rango \_\_\_\_\_  
 registro \_\_\_\_\_ estado \_\_\_\_\_ Operador \_\_\_\_\_  
 Dirección del operador (Oficina principal) Av. República del Salvador N34-229 y Moscu, Edificio San Salvador Piso 10 \_\_\_\_\_  
 Muestra obtenida por \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Dirección \_\_\_\_\_ Representado \_\_\_\_\_  
 Muestra obtenida (línea guía, tanque de separación, etc.) Pozo inyector \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Fecha de terminación del pozo 30/12/2016 \_\_\_\_\_  
 Nombre de la zona productiva a partir de la cual se produce la muestra HOLLIN INFERIOR \_\_\_\_\_  
 Arena  Esquisto  La cal  Otros  \_\_\_\_\_  
 Nombre del productor \_\_\_\_\_ Nombres de las formaciones \_\_\_\_\_  
 Formación \_\_\_\_\_ Pozo pasa a través de \_\_\_\_\_  
 Profundidades: Parte superior de la formación 10730 Fondo de la formación \_\_\_\_\_  
 Parte superior de la zona productora \_\_\_\_\_ Parte inferior de la zona productora 10800 \_\_\_\_\_  
 Parte superior de la profundidad perforada \_\_\_\_\_ Profundidad actual 10800 \_\_\_\_\_  
 Presión de fondo y fecha de la presión 2145 PSI 20 DE MARZO 2018 \_\_\_\_\_  
 Temperatura de fondo 185.5 F° \_\_\_\_\_  
 Fecha del último reacondicionamiento 20/07/2017 Productos químicos agregados para un buen tratamiento  Si es así, ¿Qué? INHIBIDOR DE CORROSIÓN  
INHIBIDOR DE ESCALA  

Producción de pozos	Inicial	Presente	Registro de servicio del casing
Petroleo B/D	_____	_____	_____
Agua B/D	_____	_____	_____
Gas, cu B/D	_____	_____	_____

### ANEXO 3.

## NIVEL DE TURBIDEZ INICIAL DEL AGUA DE FORMACIÓN

Aspecto y medición del nivel de turbidez del agua de formación homogénea inicial



## ANEXO 4. ANALIZADOR DE TPH

Analizador de TPH  
marca BUCK SCIENTIFIC  
modelo 404



Solvente S316







Celdas de cuarzo



**ANEXO 5.  
MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO**

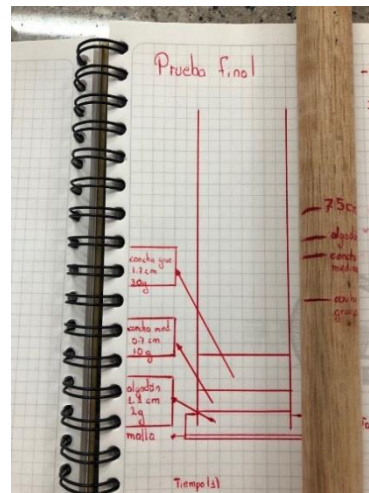
Nombre	Imagen
<p style="text-align: center;">Tubería PVC 2 pulgadas de diámetro</p>	
<p style="text-align: center;">Tapón inferior Agujero en la parte central</p>	
<p style="text-align: center;">Tapón superior Instalación para bomba de presión</p>	
<p style="text-align: center;">Malla metálica</p>	



<p>Algodón</p>	
<p>Concha Grano Grande</p>	
<p>Concha Grano Mediano</p>	
<p>Bomba para inflar llantas de bicicleta</p>	

## ANEXO 6. NIVELES DE REFERENCIA, PRESIÓN Y SISTEMA DE FILTRADO COMPLETO

Determinación del nivel de referencia



Presión constante en la bomba



Sistema de filtrado completo



# ANEXO 7. ANÁLISIS DEL TPH DEL AGUA DE FORMACIÓN Y MUESTRAS DE FILTRADO



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL

(FIGEMPA)  
LABFIGEMPA  
INFORME DE RESULTADOS

Cliente: SR. RODNEY CEVALLOS VELASTEGUI      Número de Informe: 15-005  
Dirección: Mañosca y Av. Occidental      Fecha de Informe: 18-06-06  
Teléfono: 0996561018      Recep. Laboratorio: 18-06-04  
Atención: Sr. Rodney Cevallos V.      Nº de muestras entregadas: 3 Aguas

**1. RESULTADOS ANALÍTICOS:**


Identificación de la muestra:		AGUA : MUESTRA DE AGUA DE FORMACIÓN HOMOGÉNEA			
Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fechas de ensayo	
				Inicial	Final
TPH	mg/L	53,5	PEE/A/01 Ref: EPA 418.1	18-06-05	18-06-05

Identificación de la muestra:		AGUA : PRUEBA Nº1 - FECHA: 2018-05-30			
Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fechas de ensayo	
				Inicial	Final
TPH	mg/L	< 1,1	PEE/A/01 Ref: EPA 418.1	18-06-05	18-06-05

Identificación de la muestra:		AGUA : PRUEBA Nº2 - FECHA: 2018-05-31			
Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fechas de ensayo	
				Inicial	Final
TPH	mg/L	< 1,1	PEE/A/01 Ref: EPA 418.1	18-06-05	18-06-05

El presente informe solo afecta a los objetos sometidos a ensayo. Muestras detalladas según especificación del cliente  
Nos responsabilizamos solamente de los análisis de las muestras recibidas en el LABFIGEMPA.  
Documento válido únicamente con el sello seco de la Institución. El LABFIGEMPA no se responsabiliza de la reproducción parcial o total del mismo.

**2. RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:** Quím. Gabriel Cevallos

  
Quím. GABRIEL CEVALLOS GONZALEZ  
Director encargado LABFIGEMPA

Ciudad Universitaria – Gerónimo Leiton y Av. La Gasca – Casilla 872-A – Telfs.: 2566-726 / 2550-588 / 3215-005  
Quito-Ecuador

## ANEXO 8. RESULTADOS FINALES DE TURBIDEZ

Aspecto y medición del nivel de turbidez del agua de formación homogénea final.

Prueba 1



Aspecto y medición del nivel de turbidez del agua de formación homogénea final.

Prueba 2

