

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN ESTÁNDAR
TÉCNICO PARA LA DETERMINACIÓN DE SEDIMENTOS EN PETRÓLEO
CRUDO EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE
PETRÓLEOS

AUTOR

DAVID RICARDO VARGAS CASTILLO

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero de Petróleos

DIRECTOR

CESAR AGUSTO PINEDA GOMEZ

Ingeniero de Petróleos

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingeniería Físicoquímicas
Escuela de Ingeniería de Petróleos
Bucaramanga

2022

Dedicatoria

*Usualmente en este apartado se alude a personas, palabras y eventos
pero en esta oportunidad, será diferente...*

*Usualmente lo diferente desagrada, incomoda y te hace sentir sin rumbo
independientemente de lo que estes haciendo...*

*Usualmente lo que haces traza la senda de tu mañana, la inexorable causa y efecto
sin embargo, no siempre la causa explica la razón del efecto...*

*Usualmente en las ciencias, el efecto es próximamente esperado
pero realmente aplica solo en el baile del carbón sobre papel...*

*Usualmente el baile del carbón y todas sus particulares formas sobre el manto estelar
son más brillantes que el firmamento... sí, hablo de la vida...*

*Usualmente la vida, va más allá del misterio que es
define más esta premisa, sin ser su definición a la mencionada primera palabra...*

Usualmente las palabras sobran en las dedicatorias...

Usualmente las dedicatorias son mejores...

finalmente;

sin ser la mejor, acá estoy yo dedicándole a la vida...

La vida no debe vivirse usualmente

la vida hay que vivirla SIEMPRE

Agradecimientos

Al ingeniero Cesar Augusto Pineda por sus labores como guía, los conocimientos brindados no solo fueron útiles en la realización de este proyecto sino también contribuyo a mi crecimiento profesional.

A la escuela de ingeniería de petróleos, por contar con excelentes profesores con conocimientos extraordinarios en el área, los cuales promovieron el aprendizaje de los alumnos durante todo este trayecto

A la Universidad Industrial de Santander por contar con los espacios y el personal adecuado para hacer posible todo este proceso de formación profesional.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	17
1. Objetivos	19
1.1 Objetivo General	19
1.2 Objetivos Específicos.....	19
2. Marco de referencia	20
2.1 Sedimentos	20
2.1.1 <i>Importancia de su determinación</i>	20
2.2 Métodos para determinar contenido de sedimentos en petróleo crudo en laboratorio	21
2.2.1 <i>Método de filtración por membrana ASTM D4807</i>	22
2.2.2 <i>Método por extracción ASTM D473</i>	27
2.2.3 <i>Recomendaciones generales</i>	32
2.3 Análisis comparativo de los diferentes métodos de determinación de sedimentos en petróleo crudo.....	33
2.3.1 <i>Factores Cuantitativos</i>	36
2.3.2 <i>Factores cualitativos</i>	37
3. Análisis de Mercado	40

3.1 Oferta y Demanda.....	40
3.1.1 <i>Oferta</i>	41
3.1.2 <i>Demanda</i>	45
3.2 Precio de la prueba.....	60
4. Análisis Técnico.....	65
4.1 Ubicación y dimensionamiento.....	65
4.3 Selección de proveedores.....	69
4.3.1 <i>Evaluación de las necesidades y definición de los objetivos</i>	70
4.3.2 <i>Definición de objetivos o criterios de selección</i>	72
4.4 Criterios de selección globales-Lehman y O’Shaughnessy.....	79
4.4.1 <i>Cálculos para selección del proveedor</i>	83
4.5. Costo y Proveedores Filtración por Membrana ASTM D-4807.....	86
5. Análisis financiero.....	88
5.1 Presupuesto de inversiones.....	88
5.1.1 <i>Inversiones fijas</i>	89
5.1.2 <i>Inversiones diferidas</i>	89
5.2 Capital de trabajo.....	90
5.3 Costos de producción.....	91
5.3.1 <i>Costos de fabricación</i>	91
5.3.2 <i>Costos de administración</i>	92
5.3.3 <i>Costos de ventas</i>	92

5.4 Ingresos por prestación de servicio.....	94
5.5 Indicadores de evaluación financiera.....	97
5.6 Método para el análisis financiero	100
6. Sistema de gestión.....	101
6.1 Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017	103
6.1.1 Antecedentes	104
6.1.2 Objetivo.....	104
6.1.3 Requisitos para la acreditación de alta calidad.....	104
6.2 Proceso de Acreditación	120
6.2.1 Alcance de la Acreditación.....	121
6.2.2 Criterios de Acreditación.....	122
6.2.3 Reglas de Acreditación ONAC.....	122
6.2.4 Kit Básico para la Acreditación	125
6.2.5 Ruta de Acreditación.....	127
6.2.6 Registro Inicial.....	127
6.2.7 Presentación de la solicitud de acreditación.....	128
6.2.8 Revisión de la solicitud y Elaboración de la cotización.....	129
6.3 Cotización de la acreditación	130
6.3.1 Designación del equipo evaluador y programación de la evaluación	130
6.3.2 Proceso de evaluación.....	131
6.3.3 Decisión sobre la acreditación	132

6.3.4 Cierre del proceso de acreditación.....	132
7. Anexo 1: GUIA DEL ESTUDIANTE EN EL LABORATORIO PARA LA DETERMINACION DE SEDIMENTOS EN PETRÓLEO CRUDO.	133
8. Conclusiones	138
9. Recomendaciones	140

Lista de tablas

Tabla 1	<i>Cuadro comparativo de los diferentes métodos de determinación de sedimentos, agregándose el método de la centrifuga por razones académicas.</i>	34
Tabla 2	<i>Comparación cuantitativa, como parámetro preponderante el precio</i>	36
Tabla 3	<i>Cuadro comparativo entre parámetros cualitativos trascendentales de cada método.....</i>	37
Tabla 4	<i>Muestra las instituciones que prestan el servicio que se quiere implementar.</i>	42
Tabla 5	<i>Número de estudiantes matriculados en los últimos semestres</i>	47
Tabla 6	<i>Producción fiscalizada de petróleo por campo</i>	48
Tabla 7	<i>Distribución en Km de las empresas transportadoras de crudo</i>	53
Tabla 8	<i>Principales empresas comercializadoras de crudo en Colombia</i>	55
Tabla 9	<i>Clientes potenciales de la prueba.</i>	58
Tabla 10	<i>Costo total de cada prueba del segundo mejor competidor</i>	64
Tabla 11	<i>Costo total de cada prueba del primer mejor competidor.....</i>	64
Tabla 12	<i>Equipos necesarios para la implementación de la norma ASTM D 473.....</i>	70
Tabla 13	<i>Características del Tolueno.....</i>	72
Tabla 14	<i>Precios de proveedores si vende el equipo por partes en COP.....</i>	74
Tabla 15	<i>Precios de proveedores si vende el equipo por partes en COP.....</i>	75
Tabla 16	<i>proveedores equipo completo en COP</i>	77
Tabla 17	<i>Proveedores del set que incluye:</i>	77
Tabla 18	<i>Precio en pesos colombianos.....</i>	82

Tabla 19 <i>Servicio post venta</i>	82
Tabla 20 <i>Especificaciones técnicas</i>	82
Tabla 21 <i>Facilidad de mantenimiento</i>	83
Tabla 22 <i>Confianza en la fecha de entrega prometida</i>	83
Tabla 23 <i>Puntuaciones del equipo por partes</i>	83
Tabla 24 <i>puntuaciones de proveedores del equipo con solo el set</i>	84
Tabla 25 <i>puntuación del set más la placa</i>	85
Tabla 26 <i>Proveedores con sus respectivos costos de equipos y envió</i>	87
Tabla 27 <i>Presupuesto de inversiones</i>	91
Tabla 28 <i>Costos de producción</i>	93
Tabla 29 <i>Costos totales de inversión y producción</i>	94
Tabla 30 <i>Escenario académico</i>	95
Tabla 31 <i>Escenario comercial</i>	96
Tabla 32 <i>VPN - Escenario comercial</i>	100
Tabla 33 <i>Distribución de los requisitos norma NTC ISO/IEC 17025:2017</i>	105
Tabla 34 <i>Esquemas de acreditación por parte de la ONAC</i>	122
Tabla 35 <i>Equipos necesarios para la implementación de la norma ASTM D 473</i>	133

Lista de figuras

Figura 1 <i>Cinta calefactora, usada para mantener la temperatura en el conjunto de filtración.....</i>	23
Figura 2 <i>Ejemplo de ensamblaje diseñado para sostener el filtro e instrumentos asociados.....</i>	24
Figura 3 <i>Aparato de extracción para la determinación de sedimentos.....</i>	28
Figura 4 <i>Desecador básico usado en laboratorio como recipiente de enfriamiento.....</i>	30
Figura 5 <i>Proyección estudiantes matriculados en laboratorio de fluidos.....</i>	46
Figura 6 <i>Valor expresado en dinero.....</i>	60
Figura 7 <i>Ubicación del Parque Tecnológico Guatiguará (PTG).....</i>	66
Figura 8 <i>Laboratorio de extracción con cabinas ideales para el manejo de operaciones de laboratorio con gases nocivos.....</i>	67
Figura 9 <i>Infraestructura interna de los laboratorios de extracción en el Parque Tecnológico Guatiguara.....</i>	68
Figura 10 <i>Esquema empleado para la selección de proveedores.....</i>	69
Figura 11 <i>Criterios de selección globales-Lehnman y O'Shaughnessy.....</i>	79
Figura 12 <i>Diagrama representativo del Ciclo Deming.....</i>	101
Figura 13 <i>Diagrama pilares fundamentales del sistema de gestión.....</i>	102
Figura 14 <i>normas Icontec.....</i>	123

Glosario

BSW: Corresponde al contenido de agua y sedimentos (limo, arena) que trae el crudo, y se mide como un porcentaje de volumen del flujo de producción.

Reproducibilidad: La reproducibilidad es la capacidad de un experimento de ser reproducido o replicado por otros, en particular, por la comunidad científica.

ASTM: La ASTM International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias.

Prefactibilidad: Es un análisis preliminar de un proyecto que permite estudiar los diferentes factores y escenarios que se pueden presentar en el momento de realizarse.

Repetibilidad: Es la proximidad de la concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando realizadas en las mismas condiciones de medición, es decir, las mediciones las realiza una sola persona o instrumento sobre la misma cosa, en las mismas condiciones y en un período corto de tiempo. (Joint Committee for Guides in Metrology, 2008).

Round Robin: Método empleado para seleccionar todos los abstractos en un grupo de manera equitativa y en un orden racional, normalmente comenzando por el primer elemento de la lista hasta llegar al último y empezando de nuevo desde el primer elemento. Teóricamente, todos los métodos de determinación de sedimentos y agua son válidos para petróleos crudos que contengan entre 0 % y 100 % en volumen de sedimentos y agua; el rango de aplicación se especifica dentro del ámbito de cada método. Los ensayos para todos los métodos se realizaron con petróleo relativamente seco. Todas las declaraciones de precisión y sesgo incluidas en los métodos se basan en los datos del Round Robin. (ASTM. *Standard Guide for Sediment and Water Determination in Crude Oil*, 2018).

Sedimentos: Se conoce como el contaminante sólido que acompaña al petróleo, el cual puede estar en suspensión o separado.

Resumen

Título: Estudio de Prefactibilidad para Implementar un Estándar Técnico para la Determinación de Sedimentos en Petróleo Crudo en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Petróleos^{1*}

Autor: David Ricardo Vargas Castillo

Palabras Clave: Estudio de prefactibilidad, Contenido de sedimentos, Análisis Técnico, Pruebas de Laboratorio, Análisis de costos, Cabina extractora.

Descripción: El análisis de prefactibilidad aplicado a la implementación de la prueba de laboratorio para implementar el método por extracción para determinar el contenido de sedimentos en petróleo crudo tiene como objetivo plantear una guía completa donde se establezcan los factores técnicos, financieros y de calidad, que permitan una posible evolución y ascensión de esta propuesta como parte del portafolio de servicios de la Escuela de Ingeniería de Petróleos. En este proyecto se abordan las características más importantes de las normas, protocolos, estándares técnicos y/o guías disponibles para determinar contenido de sedimentos en petróleo crudo en laboratorio actualmente. A su vez, Se elabora una guía detallada donde se describe el procedimiento del método de extracción de sedimentos por el protocolo ASTM D473 y los requisitos indispensables para poder aplicarlo. En relación con lo investigado se procede a realizar un estudio con el fin de identificar los posibles competidores y compradores del servicio, y así poder hallar un margen de precio que permita entrar en el mercado para ser competitivos. Posteriormente, se realiza un análisis técnico, cuyo objetivo

^{1*} Trabajo de grado

principal es el de elegir la mejor propuesta en cuanto a equipos e insumos disponibles, basados en cotizaciones e información suministrada por los proveedores correspondientes. Más adelante se lleva a cabo un análisis financiero, enfocado en la estimación de los costos totales del proyecto y las potenciales utilidades, variando los panoramas más probables de su puesta en marcha sin dejar de lado el recibimiento por parte de la comunidad científica y a las condiciones a futuro en un escenario diferente al académico, siendo específicos, el escenario comercial. Luego, se establece la viabilidad del proyecto para cada caso a través de indicadores de evaluación financiera.

Finalmente, se documentan los controles requeridos para la implementación del sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO 17025:2017 para plantear recomendaciones que garanticen la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados del protocolo de prueba seleccionado para ensayos de laboratorio.

Abstract

Title: Prefeasibility Study to Implement a Technical Standard for the Determination of Sediments in Crude Oil in the Laboratory of the School of Petroleum Engineering

Author(s): David Ricardo Vargas Castillo

Key Words: Prefeasibility Study, Sediment Content, Technical Analysis, Testing Laboratory, cost analysis, extractor cabin.

Description: The pre-feasibility analysis applied to the implementation of the laboratory test to implement the extraction method to determine the content of sediments in crude oil aims to propose a complete guide where the technical, financial and quality factors are established, allowing a possible evolution and promotion of this proposal as part of the portfolio of services of the School of Petroleum Engineering. This project addresses the most important characteristics of the norms, protocols, technical standards and/or guides currently available to determine sediment content in crude oil in the laboratory. At the same time, a detailed guide is elaborated describing the procedure of the sediment extraction method by the ASTM D473 protocol and the indispensable requirements to be able to apply it. In relation to the research, a study is carried out in order to identify possible competitors and buyers of the service, and thus be able to find a price margin that allows entering the market to be competitive. Subsequently, a technical analysis is carried out, whose main objective is to choose the best proposal in terms of available equipment and supplies, based on quotations and information provided by the corresponding suppliers. Later, a financial analysis is carried out, focused on the estimation of the total costs of the project and the potential profits, varying the most

probable scenarios of its start-up without leaving aside the reception by the scientific community and the future conditions in a scenario different from the academic one, being specific, the commercial scenario. Then, the feasibility of the project is established for each case through financial evaluation indicators.

Finally, the controls required for the implementation of the quality management system based on the NTC ISO 17025:2017 standard are documented in order to make recommendations that guarantee the technical competence and reliability of the results of the selected test protocol for laboratory tests.

Introducción

Los laboratorios tienen un rol importante en los procesos de formación académica de los profesionales de ingeniería y en la oferta de servicios prestados a la industria de los hidrocarburos, ya que permiten determinar experimentalmente parámetros exigidos para la realización de proyectos en diversas áreas del sector y para la comercialización de los productos producidos. En ese orden de ideas, se requiere constantemente la inclusión de métodos estandarizados definidos por las autoridades regulatorias, la elaboración y/o ajuste de guías y/o protocolos para su aplicación y la valoración de las condiciones del entorno para valorar la factibilidad de incorporarlos en la oferta de servicios.

Una oportunidad de mejora planteada en los planes de gestión es ampliar el banco de pruebas para el laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS ya que no cuenta con un método de prueba para la determinación de contenido sedimentos en petróleo crudo y derivados de petróleo, que se haya establecido en la regulación nacional de especificaciones de calidad de hidrocarburos producidos estipulado en la resolución número 40236 del 7 de Julio del 2022 del Ministerio de Minas y Energías y en los Manuales de los Transportadores de crudo en Colombia por oleoductos.

Como motivación principal se busca que este proyecto permita un posible mejoramiento y cualificación de esta propuesta como parte del portafolio de servicios de la EIP. Este a su vez, está alineado con el cumplimiento de uno de los objetivos establecidos en el programa académico de Ingeniería de Petróleos de la universidad, en cuanto a *“Brindar al estudiante todas las herramientas y la suficiente formación técnica a la demanda del entorno industrial”*.

Es por tal motivo que este proyecto busca realizar un estudio de prefactibilidad para implementar un estándar técnico para la determinación de contenido de sedimentos en petróleo crudo, en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Elaborar un estudio de prefactibilidad que permita dimensionar los recursos y condiciones necesarias para implementar un estándar técnico para la determinación de contenido de sedimentos en petróleo crudo, en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS.

1.2 Objetivos Específicos

Comparar los procedimientos estandarizados para la determinación de contenido de sedimentos en petróleo crudo establecidos para procesos de producción y transporte de hidrocarburos.

Dimensionar los recursos físicos, materiales y financieros necesarios para implementar el protocolo seleccionado para la determinación de sedimentos en petróleo en un laboratorio de la Escuela de ingeniería de Petróleos.

Valorar las condiciones para ofrecer el servicio de laboratorio para la determinación de contenidos de sedimentos por el método seleccionado a partir de la identificación de posibles proveedores, competidores y clientes potenciales.

Analizar los lineamientos estipulados en la norma NTC ISO 17025:2017 para plantear recomendaciones que garanticen la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados del protocolo de prueba seleccionado.

2. Marco de referencia

2.1 Sedimentos

Se conoce como el contaminante sólido que acompaña al petróleo, el cual puede estar en suspensión o separado. Los sedimentos son el producto de la erosión y posterior meteorización de las partículas y granos derivados de rocas preexistentes ígneas, metamórficas y sedimentarias provenientes de la roca almacén. (LACOMUNIDADPETROLERA. *Glosario en línea. Sedimentos*, 2010.)

2.1.1 Importancia de su determinación

Determinar el contenido de sedimentos y agua en un crudo es un factor clave para establecer con precisión el volumen neto, que puede verse implicado en procesos de negociación como transacciones de venta, intercambios, interventorías, transferencia de custodia, fiscalización, liquidación de regalías e impuestos de petróleo crudo.

Por otra parte, el BSW influye de gran manera en los tratamientos térmicos de crudo, ya que el agua y los sedimentos pueden dañar los equipos de campo, provocando problemas operacionales, corrosión, daño de bombas, taponamiento de tuberías, entre otros inconvenientes relacionados con el procesamiento y transporte del crudo, sin mencionar que requerirá tratar el crudo con más calor, perdiendo energía, disminuyendo considerablemente la eficiencia del proceso y elevando los costos de tratamiento y reparación. (Stewart, 2014)

En la actualidad el Ministerio de Minas y Energía por medio de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) como autoridad competente aprobó una serie de mediciones en las cuales se ha fijado la norma para el porcentaje de BSW con el que puede llegar el crudo a la refinería. La

Resolución Número 40236 del 7 de Julio del 2022 reglamenta lo relacionado con la determinación de calidad de los hidrocarburos producidos, estableciendo que el crudo en el punto inicial de medición no debe tener un porcentaje de agua y sedimentos mayor al 0.5% en volumen. El hecho de que este porcentaje no se cumpla implicará sanciones económicas para la empresa operadora; de ahí que la determinación del BSW sea tan importante a la hora de establecer la calidad del crudo. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2016)

2.2 Métodos para determinar contenido de sedimentos en petróleo crudo en laboratorio

Existen diferentes métodos para determinar el contenido de sedimento en petróleo crudo: El método de filtración por membrana ASTM D4807 y el método de extracción ASTM D473. Estos estándares técnicos están definidos por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, conocidas por sus siglas en inglés como ASTM International (American Society for Testing and Materials, 2022).

En la práctica, el método usado regularmente en la industria corresponde al estándar técnico ASTM D4007 – 11(2016) Método de la Centrifuga. Aun así, vale la pena mencionar que este método no determina netamente el contenido de sedimentos, en vez de ello está guiado a determinar el BSW.

La facilidad, rapidez y poca complejidad de equipos e instrumentos hacen de este método una opción viable para los trabajadores de los campos petroleros en el globo; sin embargo, presenta ciertas inconsistencias en la precisión y exactitud de los datos, es por tal motivo que en casos donde se requiera un valor más acertado se deben recurrir a otros procedimientos. Este método consiste en colocar volúmenes iguales de petróleo crudo y de tolueno (solvente) en un tubo centrifugador, se pueden usar dos tubos para mayor veracidad de los datos, a estos se le agregan rompedor universal

o desmulsificante. Luego del baño de temperatura y del centrifugado, se lee el volumen de agua y la capa de sedimentos en el fondo del tubo.

A continuación, se presentan los métodos definidos para la determinación del contenido de sedimentos en petróleo crudo.

2.2.1 Método de filtración por membrana ASTM D4807

El presente método determina en laboratorio el contenido de sedimentos para petróleo crudo de aproximadamente 0,15% en masa. La unidad de medida aprobada para este proceso es porcentaje (%) en masa, aun así, se brinda una ecuación para convertir de porcentaje (%) en masa a porcentaje (%) en volumen. Con este método se disuelve una parte de la muestra representativa de petróleo crudo en tolueno caliente y se emplea una membrana de 0,45 μm para realizar un filtrado de la muestra en vacío. Los residuos depositados en este filtro de membrana pasarán por un proceso de lavado y secado para posteriormente pesarlo y así obtener el resultado final.

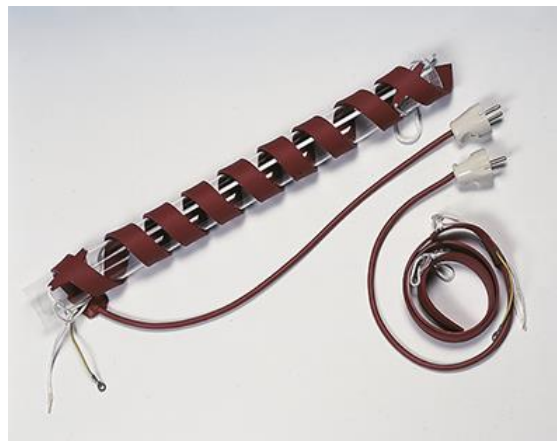
2.2.1.1 Equipos

- **Horno:** Este debe ser capaz de mantener una temperatura de $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($220 \pm 4 \text{ }^\circ\text{F}$).
- **Bomba de vacío:** Debe tener la suficiente capacidad para reducir y mantener la presión a -80 kPa (-24 in. Hg) durante el filtrado.
- **Balanza analítica:** Se utiliza una balanza analítica, con una precisión de 0,0001 g. La balanza debe ser calibrada y ajustada para una medición veraz.

- ***Bobina de calentamiento para conjunto de filtración:*** La bobina consta de un tubo de cobre enrollado alrededor del embudo en el aparato de filtración y conectado a un baño con circulación para mantener el aceite en el embudo a 90 ± 2 °C. También pueden emplearse métodos alternativos de calentamiento del embudo, como cinta calefactora o camisa de vidrio térmica.

Figura 1

Cinta calefactora, usada para mantener la temperatura en el conjunto de filtración

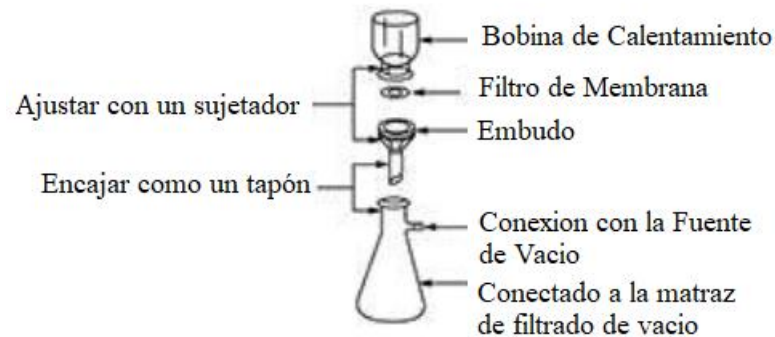


- ***Recipiente de enfriamiento:*** Un desecador u otro tipo de recipiente hermético, para enfriar el filtro de membrana antes del pesaje. No se recomienda usar un agente desecante o de secado.

2.2.1.2 Instrumentos – Vidriería

Figura 2

Ejemplo de ensamblaje diseñado para sostener el filtro e instrumentos asociados



- **Embudo filtrante:** Se emplea un embudo filtrante con una capacidad de 250 ml. La parte inferior del embudo está diseñada para encajar con el soporte de filtro. Se le puede colocar una camisa al embudo para facilitar el calentamiento del embudo con solvente y la muestra durante el filtrado.
- **Soporte de filtro:** La base de soporte está diseñada para fijarse de manera segura contra el embudo que sostiene el filtro en su lugar sobre la sección porosa. El vástago del soporte del filtro debe ser lo suficientemente largo para extenderse hacia abajo dentro del matraz de filtración, de modo que el extremo quede debajo de la conexión de vacío.
- **Conjunto de sujeción:** Es necesario utilizar un resorte o abrazadera tipo tornillo para asegurar el embudo al soporte de filtro. La abrazadera debe quedar lo suficientemente

ajustada para evitar que el solvente escape a través de la unión entre el vidrio y la membrana de filtro.

- **Tapón de caucho:** Se emplea un tapón de un solo orificio, capaz de sujetar el vástago inferior del soporte de filtro de manera segura en el matraz de filtración.
- **Matraz de filtración al vacío:** Se requiere un matraz de filtración de mínimo 500 ml, lo ideal es que sea de un tamaño ligeramente más grande.
- **Filtro de membrana:** Se utiliza un filtro de membrana de nylon

2.3.2.3 Reactivos

Tolueno: Deben usarse productos químicos de grado reactivo para todas las pruebas. Debe ser de Grado 2 de ISO 5272. El tolueno es inflamable. Se recomienda mantenerse alejado del calor, chispas y llamas abiertas, ya que es tóxico. Debe tenerse especial cuidado para evitar la inhalación del vapor y proteger los ojos. Mantenga el recipiente cerrado. Úselo solo con ventilación adecuada. Evite el contacto prolongado o reiterado con la piel. (ASTM, 2016)

2.2.1.3 Procedimiento

1. Coloque el embudo en el soporte de filtro y sujételo de manera segura. Posteriormente conecte la bobina de calentamiento en el baño con circulación y ubique la bobina alrededor de la parte inferior del embudo. Ajuste la temperatura del baño con circulación de modo de mantener el aceite en el embudo a 90 ± 2 °C (195 ± 4 °F).

2. Se pesa 10 gr. de muestra con igual precisión que la membrana y se disuelve en tolueno. Seguidamente se calienta la muestra tolueno-petróleo a 90 ± 2 °C, mientras se agita durante 15 minutos aproximadamente para disolver cualquier cera en el crudo.
3. Encienda la bomba de vacío y ajústela a -80 kPa (-24 in. Hg). Vierta cuidadosamente la mezcla de la muestra en el embudo filtrante en tres partes. Normalmente la muestra debería filtrarse en un período de 10 a 15 min.
4. Si la naturaleza del crudo o la cantidad de sedimento hace que el filtrado sea extremadamente lento (por ejemplo, tiempos de filtrado mayores a 30 min), reduzca el tamaño de la muestra a 5 g o menos, y repita la prueba. Mantenga el volumen del tolueno a 100 ml.

Para el lavado del filtro:

1. Antes de que la última parte de la muestra se haya filtrado por completo, lave el embudo y fíltrelo con 50 ml de tolueno caliente (90 °C, 195 °F) hasta que no haya petróleo visible en el filtro.
2. Con el vacío encendido, deje el filtro en el aparato durante 2 min.

Para el desmontaje del aparato:

1. Desmonte el aparato de filtración retirando la abrazadera y el embudo. Inspeccione la condición del filtro. Si el filtro ha sido correctamente montado, puede no ser necesario lavar los bordes después de su desmontaje. No obstante, si al retirar el embudo, observa puntos oscuros alrededor del borde del filtro, es necesario volver a lavarlo. Con el vacío encendido, utilice un gotero para lavar los bordes del filtro con tolueno caliente (90 °C, 195 °F).

2. Si el filtro está completo o parcialmente cubierto con residuos de petróleo crudo negro u oscuro después del lavado del paso anterior, deseche el filtro y repita la prueba con un tamaño de muestra más pequeño.
3. Si la apariencia del filtro es aceptable, entonces retírelo cuidadosamente y colóquelo en un horno a 105 °C (220 °F) durante 15 min. Enfríelo en el recipiente de enfriamiento a temperatura ambiente (de 5 a 10 min) y vuelva a pesarlo con una precisión de 0,0001 g. (ASTM, 2020)

2.2.1.4 Calculo

A continuación, se presentará la ecuación para calcular el porcentaje de masa del sedimento:

$$S = \frac{m_2 - m_1}{m_s} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

S = contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en masa (% en masa)

m1 = masa del filtro, g,

m2 = masa del filtro con el sedimento, g, y

ms = masa de la muestra, g.

2.2.2 Método por extracción ASTM D473

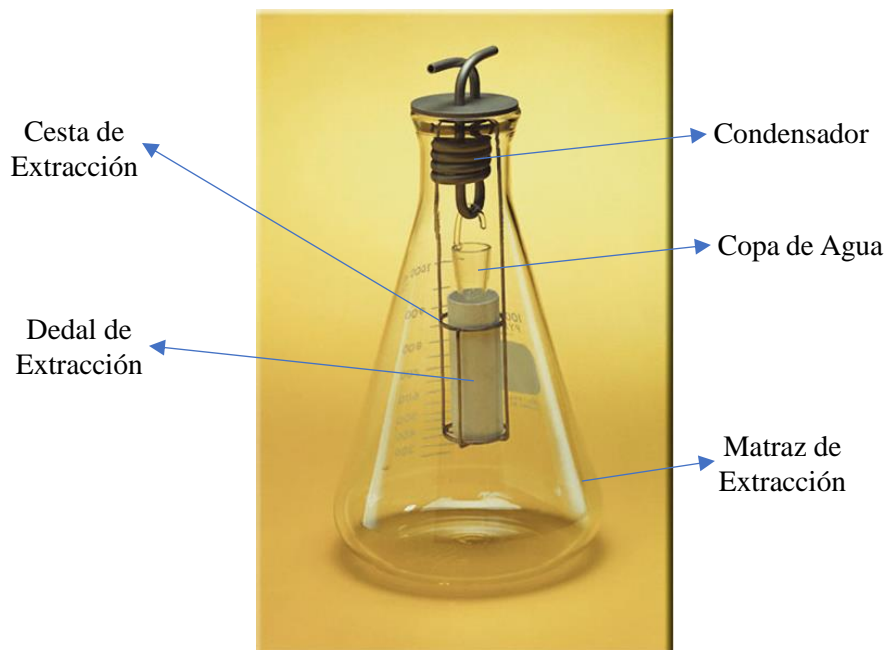
El presente método determina en laboratorio el contenido de sedimentos, para petróleo crudo. La precisión se aplica a un rango de niveles de sedimento de 0,01 % a 0,40 % en masa, aunque se pueden determinar niveles más altos. Este proceso consiste en extraer la porción de prueba de una muestra representativa de aceite, contenida en un cartucho refractario, con tolueno caliente hasta que el residuo alcance una masa constante. La masa de residuos, calculada como un porcentaje, se describe como sedimento por extracción.

2.2.2.1 Instrumentos – vidriería

Se requiere emplear los elementos que se ilustran en la figura 3, para elaborar un aparato de extracción, el cual se componen por los elementos que se describen a continuación.

Figura 3

Aparato de extracción para la determinación de sedimentos



- **Matraz de extracción:** Para el procedimiento, se usa un matraz de cuello angosto (Erlenmeyer) de 1 litro de capacidad.
- **Condensador:** Consta de una bobina metálica sobresaliendo a través de una tapa de diámetro suficiente para cubrir el cuello del matraz como se indica en la figura 3.
- **Cartucho de extracción:** Debe fabricarse en un material poroso, a su vez estará suspendido el cartucho de la bobina del condensador por medio de una cesta de modo que cuelgue aproximadamente en el punto medio entre la superficie del solvente de extracción y el fondo de la bobina del condensador.
- **Cesta del cartucho:** Debe ser resistente a la corrosión.
- **Mini vaso o contenedor de agua:** Se requiere cuando la muestra posee un contenido de agua superior al 10% en volumen. Se recomienda un vaso de vidrio, con forma cónica. Debe contar con un sistema de agarre tal que cuando se cuelga en el condensador, el vaso queda en suspensión y nivelado con la base del Erlenmeyer.

2.2.2.2 Equipos

- **Fuente de calor:** Preferiblemente una placa caliente operada bajo una campana ventilada, adecuada para vaporizar tolueno.
- **Horno:** Se emplea un horno capaz de mantener una temperatura entre 115 °C y 120 °C (240 °F a 250 °F).

- **Balanza analítica:** Debe tener una precisión de 0,1 mg, y ser calibrada y ajustada para mantener una medición veraz.
- **Recipiente de enfriamiento:** Es necesario un desecador sin desecante como recipiente de enfriamiento.
- **termómetro:** Capaz de medir la temperatura de la muestra con precisión de 1 °C (2 °F).
(ASTM, 2017)

Figura 4

Desecador básico usado en laboratorio como recipiente de enfriamiento



2.2.2.3 Reactivos

Tolueno: Deben usarse productos químicos de grado reactivo para todas las pruebas. Debe ser de Grado 2 de ISO 5272. El tolueno es inflamable. Se recomienda mantenerse alejado del calor, chispas y llamas abiertas, ya que es tóxico. Debe tenerse especial cuidado para evitar la inhalación del vapor y proteger los ojos. Mantenga el recipiente cerrado. Úselo solo

con ventilación adecuada. Evite el contacto prolongado o reiterado con la piel. (ASTM, 2016)

2.2.2.4 Procedimiento

Con un cartucho de extracción nuevo:

1. Frote la superficie exterior con papel de lija fino y quite todo el material suelto con un cepillo rígido.
2. Practique con el cartucho una extracción preliminar con el tolueno, permitiendo que el solvente gotee del cartucho durante por lo menos 1 hora. Luego seque el cartucho durante 1 hora a una temperatura de entre 115 °C y 120 °C (de 240 °F a 250 °F); Enfríe en un recipiente durante 1 h, y pese con precisión de 0,1 mg.
3. Repita la extracción hasta que las masas del cartucho después de dos extracciones sucesivas no difieran en más de 0,2 mg.

Con un cartucho de extracción usado:

1. Retire la porción de combustible del sedimento acumulado calentando el cartucho durante 20 minutos a 750 °C (1380 °F). Someta el cartucho a una extracción preliminar, antes de utilizarlo para otra determinación.
2. Coloque una porción estimada de prueba de 10 g de la muestra en el cartucho inmediatamente después de mezclar la muestra. Pese el cartucho más la porción de prueba con precisión de 0,01 g. Agregue entre 150 ml a 200 ml de tolueno al matraz.
3. Ubique el cartucho en el aparato de extracción, sobre la fuente de calor y extraiga con el tolueno caliente durante 30 minutos, hasta que el solvente que gotea del cartucho se vuelva incoloro.

4. Una vez terminada la extracción, seque el cartucho durante 1 h a una temperatura de 115 °C a 120 °C (240 °F a 250 °F); enfríelo en el recipiente de enfriamiento, durante 1 hora; y pese con precisión de 0,1 mg.
5. Repita la extracción dejando que el solvente gotee el cartucho durante al menos 1 hora, pero no más de 1,25 horas; seque, enfríe y pese el cartucho como se describe anteriormente. Repita esta extracción durante períodos adicionales de 1 hora, si es necesario, hasta que las masas del cartucho deshidratado más el sedimento después de dos extracciones sucesivas, no difieran en más de 0,2 mg. (ASTM, 2017)

2.2.2.5 Calculo

A continuación, se la ecuación empleada para calcular el contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en masa de la muestra original:

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

S=contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en masa

m1=masa, del cartucho, g

m2=masa, del cartucho más la porción de prueba, g

m3=masa del cartucho más el sedimento, g.

2.2.3 Recomendaciones generales

Para poder llevar a cabo el proceso de extracción de sedimentos por cualquiera de los métodos ya mencionados, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. No se prevé que estos métodos de prueba, se utilice en salas de prueba de campo o salas de prueba debido a las cuestiones de seguridad de ventilación y manipulación adecuada.
2. Un conocimiento sobre el contenido de sedimentos del petróleo crudo es importante tanto para las operaciones de refinería como para el comercio del petróleo crudo.
3. El laboratorio que se disponga para el desarrollo de la prueba debe estar libre de corrientes de aire y no sujeta a cambios de temperatura. Los rayos del sol no deben incidir en los equipos y las instalaciones deben ser adecuadas para el control de iluminación, calefacción y ventilación. (ICONTEC, 2017)

2.3 Análisis comparativo de los diferentes métodos de determinación de sedimentos en petróleo crudo

En la siguiente tabla, se observan los parámetros más relevantes que caracterizan a cada método o estándar ya mencionado para la determinación de contenido sedimentario en el petróleo crudo, con el fin de analizar las ventajas y desventajas que tiene cada método con respecto al otro. Cabe recordar que la prueba de BSW por el método de la centrífuga ASTM D4007, es la más utilizada en campo y está disponible en los laboratorios de lodos de la Universidad Industrial de Santander (razón por la cual se exhibe en la siguiente tabla comparativa) debido a su sencillez y rapidez, ya que no necesita mayores elementos para la determinación tanto del agua como de sedimentos, a pesar de ello, tanto en el Manual del Transportador de Ecopetrol, como en la resolución número 40236 del 7 de Julio del 2022 el método requerido para la determinación del

contenido de sedimentos está descrito en el estándar técnico ASTM D473 (MÉTODO POR EXTRACCIÓN. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2016; ECOPETROL S.A., 2021)

Tabla 1

Cuadro comparativo de los diferentes métodos de determinación de sedimentos, agregándose el método de la centrifuga por razones académicas.

		Estándar para sedimentos en aceites crudos por el método de extracción ASTM D473-07	Determinación de agua y/o sedimentos en el petróleo crudo por el método de centrifugación ASTM D4007	Estándar para sedimentos en petróleo crudo por filtración de membrana ASTM D4807
Ámbito de aplicación		Petróleo crudo y fuel-oil que contenga del 0,01 al 0,40% de sedimentos en peso. El rango del Round Robin es de 0.01 al 0.40% de masa	Petróleo crudo, no se indica ningún rango de contenido de agua en el ámbito de aplicación. En este método no hay Round Robin.	Aceites crudos que contienen hasta un 0.15 % de sedimentos en peso. El rango del Round Robin fue el 0.00 al 0.15 % de masa.
Tamaño de la muestra		10 g	50 ml	10 g
Riesgos y limitaciones		Componentes de petróleo crudo insolubles en tolueno adheridos a los dedos sesgarán los resultados al alza	La interpretación de los resultados es subjetiva	La fragilidad de los filtros de membrana hace que este
Límite mínimo de detección		0.01% de masa	0.025% volumen	0.001 % en masa
Resolución		0.01 de % en masa	Oscila entre el 0.025 % en volumen para los crudos de baja sedimentación y 12.5 % en volumen para los crudos de alta sedimentación	0.001 % en masa

Repetibilidad	0,02 para aceites crudos con 0,01 % en masa de sedimentos y 13 para aceites crudos con 50% de sedimentos	Este método no tiene un intervalo de repetibilidad	Entre 0,0031 para aceites crudos que contienen 0,005 % en masa de sedimentos hasta 0,0170 para aceites crudos que contienen 0,1500 % en masa de sedimentos
Uso de reactivos	Si	si	si

Nota: En la presente tabla se muestran los parámetros más relevantes que pueden apreciarse en cada método de determinación de sedimentos en petróleo crudo para poder apreciar de manera práctica las diferencias encontradas para cada método; Para el caso del límite máximo de detección no puede ser expresado porque depende de la cantidad de muestra filtrada.

Los diferentes estándares técnicos disponibles para la determinación de contenido de sedimento sólido en petróleo crudo presentan diferencias no solo en los parámetros vistos con anterioridad, también su posible implementación daría a conocer diferencias muy claras en aspectos cualitativos y cuantitativos. Razón por la cual se darán a conocer las diferencias más significativas y en los ámbitos de más importancia entre los estándares que pueden llegar a implementarse en el laboratorio de lodos de la escuela de petróleos. Siguiendo el orden de ideas se consolidan como pilares de comparación el ámbito económico y por su puesto el técnico.

2.3.1 Factores Cuantitativos

Cuando se desea implementar un proyecto, sin importar el área de estudio el precio incide directamente en la decisión del elector, y en innumerables ocasiones es este factor el de mayor peso, desequilibrando la balanza en favor de una posición con respecto a su contraparte.

A continuación, se muestra la comparación cuantitativa entre los diferentes métodos disponibles para nuestro caso estudio con respecto al precio de equipos e instrumentos requeridos para su operación en el laboratorio de lodos.

Tabla 2

Comparación cuantitativa, como parámetro preponderante el precio.

NORMA TECNICA	PROVEEDOR	PRECIO PESOS COLOMBIANOS
METODO DE EXTRACCIÓN ASTM D-473	Linetronic Technologies	\$ 5.756.400
	Ayalytical	\$ 3.856.000
	Grupo SYZ	\$ 3.567.000
	PROVETECMAR S.A.	\$ 4.046.000
METODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA ASTM D-4807	TAMSON Instruments	\$ 47.970.000
	Labotronics Ltd	\$ 16.907.000
	Liaoning Huake Petroleum Aparatus Ltd.	\$ 6.150.000

Claramente los valores tomados para esta comparativa son los que dan la mayor ventaja a la Universidad Industrial de Santander como adquirente del equipo e instrumentos. Véase el apartado de análisis técnico del presente trabajo, para profundizar información sobre los costos y precios tomados como referencias en esta comparativa. Adicionalmente se evidencia la superioridad en costo de la norma técnica Método Filtración por Membrana ASTM D-4807 sobre la también norma

técnica Método de Extracción ASTM D-473, ante dicha comparativa es fácil encausar la toma de decisión por el método más económico.

2.3.2 Factores cualitativos

Finalmente se realiza una comparación cualitativa de factores que serán altamente decisivos en la selección del proyecto a implementar para determinar el contenido de sedimentos solidos en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Petróleos. Estos factores se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 3

Cuadro comparativo entre parámetros cualitativos trascendentales de cada método.

PARAMETROS CUALITATIVOS DE COMPARACIÓN	METODO ESTANDAR TECNICO PARA DETERMINAR CONTENIDO DE SEDIMENTOS SOLIDOS	
	FILTRACIÓN POR MEMBRANA ASTM D 4807	EXTRACCIÓN ASTM D 473
	DESCRIPCIÓN	
ASECIBILIDAD DE EQUIPOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN LABORATORIO	Media	Alta
FACILIDAD DE SU OPERACIÓN EN LABORATORIO	Alta	Alta
FACILIDAD DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN LABORATORIO (DIMENSION)	Alta	Alta
FACILIDAD DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS EN LABORATORIO (SEGURIDAD OPERACIONAL)	Media	Media
EXISTENCIA DE DEMANDA EN EL MERCADO NACIONAL PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO	NULA	EXISTENTE
AVALADO POR LA NORMATIVA COLOMBIANA	NO	SI

Nótese la similitud en varios ámbitos calificados cualitativamente para ambos métodos disponibles para la determinación de sedimentos, como la facilidad de operación en laboratorio y de instalación de equipos, ya que la dimensión o el espacio necesario para su instalación es relativamente el mismo, y a su vez el uso de tolueno como reactivo en ambos casos, hacen de su implementación un riesgo para el personal encargado de su manipulación, por ende se deben tener todas las precauciones necesarias como contar con cabinas de extracción de gases y por supuesto seguir las recomendaciones dadas por la norma para cada estándar técnico. Sin embargo, lo que se busca en este apartado es estipular diferencias que guíen la corriente de decisiones hacia un bando.

Para la Escuela de ingeniería de Petróleos y siendo esta la representante de la Universidad de Santander, como la prestadora a futuro de un servicio que se quiere brindar a la comunidad académica y por supuesto la comunidad empresarial dentro de la industria de los hidrocarburos es importante seguir las directrices estipuladas por la normativa colombiana y los diferentes entes que velan por su control y cumplimiento.

En consecuencia, con lo dictado se observa que solo el estándar técnico para la determinación de sedimentos sólidos en petróleo crudo por el Método de Extracción ASTM D-473 está avalado y es exigido por el Ministerio de Minas y Energías en la regulación nacional de especificaciones de calidad de hidrocarburos producidos, estipulado en la resolución número 40236 del 7 de Julio del 2022 y consecuentemente exigida en los Manuales de los Transportadores de crudo en Colombia por oleoductos. Conjuntamente la inexistencia de una demanda estable en el rentado nacional hacen de la implementación de la norma técnica de determinación de contenido de sedimentos sólidos por Filtración de Membrana ASTM D-4807 un completo sin propósito, ya que,

por simple lógica y educación financiera básica, no se debe crear una oferta sin una demanda a la cual suplir.

Finalmente se establece como selección para la determinación de contenido de sedimentos solidos en petróleo crudo el estándar técnico Método de Extracción ASTM D-473, el cual será el caso estudio en el presente trabajo. A partir de este punto el estudio de prefactibilidad será alrededor del ya mencionado estándar técnico, no sin antes mencionar la potestad que tiene la Escuela de ingeniería de Petróleos en representación de la Universidad Industrial de Santander, de optar por el método que más corresponda con sus objetivos e intereses. Evidentemente se recomienda la norma técnica selecta en este trabajo.

3. Análisis de Mercado

El análisis de mercado representa una base fundamental e influyente que debe realizarse para la evaluación de un proyecto, siendo el punto de partida, exponiendo y detectando situaciones que condicionan los demás estudios (Santos, 2002). En él, además de obtener la seguridad en la realización y toma de decisiones de un proyecto, se analizan aspectos propios del mercado como hábitos de compra, requerimientos del producto y región de operación del negocio.

El principal objetivo del presente estudio de mercado es obtener una idea sólida de lo que se ofrece, a quien se le ofrece, quien más está ofreciendo algo igual o parecido en ese mercado y por supuesto que precio se pagaría por conseguirlo; pero siempre desde el punto de vista del evaluador, es decir en relación del costo/beneficio que cada una de estas variables puedan tener sobre la rentabilidad del proyecto. He de recordar que un estudio de mercado realizado correctamente puede convertirse en la clave para la realización y desarrollo de cualquier proyecto.

A continuación, se conocerá el entorno relacionado a la puesta en marcha del estándar técnico ASTM D 473 para la determinación del contenido de sedimentos en petróleo crudo por el método de extracción, para así beneficiarse de una planeación adecuada sin importar el éxito o no de su implementación.

3.1 Oferta y Demanda

Dentro de los principios de la economía, la oferta y la demanda son las dos fuerzas que hacen que funcionen las economías de mercado. Estas fuerzas determinan la cantidad que se produce de cada bien y el precio al que debe venderse. Si usted desea saber cómo un acontecimiento determinado afectará la economía, lo primero que tiene que hacer es pensar en términos de oferta y demanda (Mankiw, 2017). Teniendo en cuenta lo ya expuesto se ahondará en las fuerzas que refieren al comportamiento de los participantes al momento de interaccionar unas con otras en un mercado competitivo, la oferta y demanda.

3.1.1 Oferta

En este apartado se observa cómo se compone la oferta, principalmente a nivel regional, sin descartar el departamental y nacional, en lo que respecta al mercado de laboratorios que prestan el servicio de determinación de contenido de sedimentos en petróleo crudo mediante el método de extracción ASTM- D 473 por consiguiente se buscará e identificará cada empresa o compañía oferente del servicio, centrándose en el precio que está da al mercado y finalmente realizar una comparación entre ellas, creando así un rango de costo necesario para identificar y establecer nuestra futura ubicación como competidor en el mercado anteriormente mencionado.

Para la captación de información de las diferentes empresas que participan en el mercado como prestadoras del servicio de nuestro interés, se escogió como estrategia el solicitar formalmente cotizaciones para la prueba específica Método de extracción ASTM- D 473, en total se contactó a 20 compañías, de las cuales la gran mayoría cuentan con acreditación y respaldo institucional estando registradas por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), brindando

así un sello de confianza respecto a la seguridad y calidad de los bienes o servicios. Es importante recordar que la ONAC ejerce como autoridad nacional de monitoreo de Buenas Prácticas de Laboratorio BPL de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (*ONAC / Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.*).

Dentro de las instituciones contactadas, 6 de estas no respondieron en el tiempo prudente mientras que 8 de las mismas sí lo hicieron por lo que es correcto asumir que un 57% aproximadamente como porcentaje de respuesta de las consultadas respondieron a la solicitud de cotización, en cambio, las que no lo hicieron, dejaron en espera la solicitud enviada o simplemente expusieron su incapacidad instrumental y falta de equipos para la realización de la prueba.

Se da a entender que estas últimas no brindaron información relacionada al costo de la prueba específica, por lo tanto, no serán tabuladas. Dicho lo anterior, se presenta la estructura de la información compilada, en la Tabla 4, en la cual se observan importantes aspectos de comparación anteriormente mencionados.

Tabla 4

Muestra las instituciones que prestan el servicio que se quiere implementar.

EMPRESA	UBICAION	COSTO PRUEBA	COSTO + IVA	ACREDITADA ONAC	INFORMACION	CONTACTO
S.G.S. COLOMBIA	Bogotá	\$167.060	\$98.801	NO		frank.almenares@sgs.com
INTERTEK COLOMBIA	Bogotá – Cartagena- Bolívar.	\$305.900	\$364.021	SI	Una de las mayores organizaciones independientes más reconocidas en el mundo, en análisis de laboratorio, certificación e inspección.	marigel.sarmiento@intertek.com
PROFESIONALES CONTABLES EN ASESORÍA EMPRESARIAL Y DE INGENIERÍA SAS SIGLA: PROASEM SAS	Bogotá – Barrancabermeja	\$337.000	\$401.030	SI	Una de las empresas con mayor proyección en el campo de la medición de hidrocarburos. Pertenece a la Intertek PLC.	valentina.iglesias@intertek.com **info.proasem@intertek.com
COOPERATIVA DE TECNÓLOGOS E INGENIEROS DE LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO Y AFINES TIP	Girón, Santander	\$142.500	\$169.575	SI	laboratorio CISLAB	servicioalcliente@tipcolombia.com
QAQC SERVICES	Piedecuesta, Santander	\$190.200	\$226.338	NO	Ofrece una amplia gama de soluciones innovadoras y confiables para la industria Óil & Gas.	lady.rodriguez@qaqcservices.com.co

SAYBOLT / CORELAB	Mamonal, Cartagena Bolívar	\$220.204	\$262.043	NO	Empresa enfocada en el petróleo crudo y sus productos derivados. Brinda servicios a la industria energética con análisis de laboratorio, inspecciones de campo independientes y programas de monitoreo y verificación.	rafael.castro@corelab.com
CAMIN CARGO CONTROL COLOMBIA S.A.S.	Bogotá - Cartagena Bolívar.	\$169.610	\$201.836	SI	Proveedor Líder de Servicios Profesionales de Inspección y Laboratorio.	diego.chamorro@camincargo.com

Nota: Todas las entidades contactadas se encuentran acreditadas por ISO 17025:2017, pero no todas son acreditadas por la ONAC. Los costos que se muestran están valorizados en pesos colombianos.

Evidentemente, se observa que en el país existen pocos laboratorios que prestan el servicio para determinar el contenido de sedimentos en petróleo crudo, generando de entrada una interesante posibilidad para irrumpir en el mercado especificado. Adicionalmente, se elige la opción más destacada como referencia para el proyecto, en función de los requerimientos técnicos, financieros y de calidad.

3.1.2 Demanda

A continuación, se tendrá en cuenta el comportamiento de los compradores, o en nuestro caso los beneficiarios de la prestación del servicio, el estándar técnico que buscamos implementar. Es importante recordar que la demanda es la cantidad de bienes y servicios que el mercado está dispuesto a adquirir para satisfacer sus necesidades o deseos específicos, pero siempre estará condicionada por el precio del producto-servicio, área de influencia geográfica, capacidad del consumidor y por supuesto la disponibilidad que ofrece la competencia (Santos, 2002).

Por las características únicas de nuestro producto, el carácter académico implícito, y del compromiso para con el proyecto mismo en el cumplimiento de sus objetivos y los de la universidad consideramos que la demanda más importante es el estudiantado, citando como argumento principal uno de los objetivos establecidos en el programa académico de Ingeniería de petróleo “*Brindar al estudiante todas las herramientas y la suficiente formación técnica a la demanda del entorno industrial*”.

Este proyecto está alineado con su cumplimiento, en la medida en que sus alcances buscan fortalecer el desarrollo de competencias técnicas para la determinación de propiedades de fluidos hidrocarburos en su oferta académica.

A continuación, se observa la tabla 5 con la cantidad de estudiantes matriculados en la asignatura *Laboratorio de Fluidos (código 23183)* del pensum de Ingeniería de Petróleos, para los últimos 6 semestres universitarios (información suministrada por la Dirección de Admisiones y Registro Académico). Examinando la tabla 5, se evidencia la población que podría beneficiarse con el conocimiento empírico y teórico adjunto al estándar técnico, si se consigue poner en funcionamiento esta prueba en el laboratorio. Por lo anterior se elabora una gráfica donde se expone la tendencia para el siguiente semestre 2022-1.

Se concluye que la variación de estudiantes matriculados entre 2017-1 a 2022-1 (considerando que en el 2020-2 se tiene un dato perdido y de ahí el asumir 0 estudiantes) obtuvo las siguientes cifras: iniciando con 88 matriculados en el 2017-1 hasta llegar a la cifra de 43 estudiantes matriculados en el 2022-1 en la asignatura 23183 *laboratorio de fluidos*. Se realiza una estimación de 45 personas para matricular en el próximo 2022-2

Figura 5

Proyección estudiantes matriculados en laboratorio de fluidos

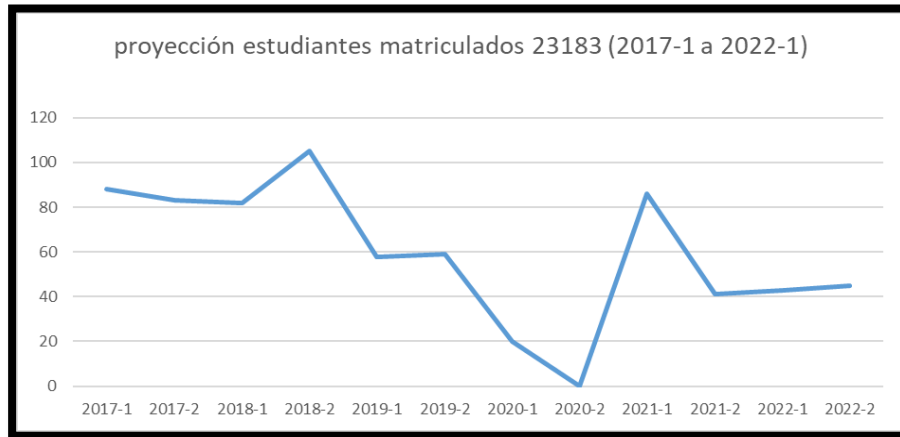


Tabla 5

Número de estudiantes matriculados en los últimos semestres

Periodo Académico	23179 propiedades de fluidos	28046 propiedades de fluidos	23183 laboratorio de fluidos
2017-1	103	-	88
2017-2	83	-	83
2018-1	99	-	82
2018-2	55	-	105
2019-1	58	-	58
2019-2	11	10	59
2020-1	22	26	20
2020-2	-	49	-
2021-1	-	28	86
2021-2	-	49	41
2022-1	-	49	43

Es importante mencionar que la implementación de esta prueba abriría caminos no solo para el estudiantado en general, sino también para futuros investigadores, en áreas que no se habrían considerado antes, ya que, el resultado de poder determinar el contenido de sedimentos en petróleo

crudo mediante el método de extracción sitúa a la universidad a la vanguardia de los laboratorios de la región que participan en el mercado a la hora de determinar la característica ya mencionada, arrojando resultados con los más altos estándares bajo los lineamientos de la *American Society for Testing and Materials (ASTM)*.

Bajo esta premisa, se afirma que el rango de clientes potenciales aumentaría, siendo la universidad un centro de abasto del servicio específico, para el desarrollo de investigaciones o proyectos académicos de otras universidades regionales o inclusive nacionales que requieran conocer con total certeza y fiabilidad el contenido de sedimentos en petróleo crudo.

Entre los posibles clientes interesados en adquirir el servicio ya se destacó al estudiantado, pero el impacto que tiene la determinación del contenido de sedimentos en el petróleo crudo en la industria del transporte y comercialización del crudo es altamente significativo, razón por la cual, la prestación del servicio mencionado por parte del laboratorio de fluidos de la Universidad Industrial de Santander no pasará inadvertido para buena parte de los presentes en el mercado del transporte y comercio de crudo en Colombia, especialmente en la región.

Tabla 6

Producción fiscalizada de petróleo por campo

DEPARTAMENTO	CIUDAD	OPERADORA	CAMPO	CONTRATO	ENERO	FEBRERO	MARZO
Santander	Barrancabermeja	Ecopetrol s.a.	La cira	La cira infantas	20,359	20,296	19,792
Santander	Barrancabermeja	Ecopetrol s.a.	Infantas	La cira infantas	8,221	8,562	8,554
Santander	Barrancabermeja	Ecopetrol s.a.	Llanito unificado	Magdalena medio-yarigui-Cantagallo	5,662	5,525	5,728
Santander	Puerto Wilches	Ecopetrol s.a.	Yarigui-cantagallo	Magdalena medio-yarigui-Cantagallo	3,171	2,358	3,889
Santander	Rionegro	Ecopetrol s.a.	Bonanza	Provincia p norte	1,837	1,465	1,621
Santander	Sabana de torres	Ecopetrol s.a.	Provincia	Provincia p sur	1,703	1,668	1,607
Santander	Sabana de torres	Petro Santander (Colombia) inc.	Salina	Carare las monas	932	956	944
Santander	San Vicente de chucuri	Ecopetrol s.a.	Nutria	Lizama-nutria	704	698	827
Santander	San Vicente	Ecopetrol s.a.	Lizama	Lizama-nutria	560	554	548

Santander	sabana de torres	Petro Santander (Colombia) inc.	Payoa	Carare las monas	419	431	417
Santander	Sabana de torres	Ecopetrol s.a.	Aullador	Playón	398	416	380
Santander	Rionegro	Parex resources Colombia Ltd. sucursal	Boranda	Boranda	382	373	369
Santander	Puerto Wilches	Ecopetrol s.a.	Garzas	Magdalena medio-yarigui- garzas	302	318	275
Santander	Simacota	Parex resources Colombia Ltd. sucursal	Aguas blancas	Aguas blancas	256	250	268
Santander	Sabana de torres	Ecopetrol s.a.	Cristalina	Magdalena medio- cristalina	222	206	205
Santander	Rionegro	Gran tierra energy Colombia, llc	Juglar	La paloma	209	175	241
Santander	Puerto Wilches	Ecopetrol s.a.	Flamencos	Magdalena medio-yarigui- Cantagallo	202	239	473

Santander	San Vicente de chucuri	Ecopetrol s.a.	Tesoro	Lizama-nutria	186	178	158
Santander	Rionegro	Gran tierra energy Colombia, lcc	Colón	La paloma	170	172	175
Santander	Sabana	Petro Santander (Colombia) inc.	Corazón west	Carare las monas	165	167	182
Santander	Cimitarra	Saint Aubin International SAS	Angie	Opón	40	39	39
Santander	Sabana de torres	Petro Santander (Colombia) inc.	Corazón	Carare las monas	21	20	23
Santander	Sabana de torres	Petro Santander (Colombia) inc.	Payoa west	Carare las monas	7	6	6
Santander	San Vicente de chucuri	Ecopetrol s.a.	Colorado	Magdalena medio-yarigui-Cantagallo	5	1	-

Fuente. (DELVASTO Y ECHEVARRIA asociados & CONSEJEROS EN GAS Y ENERGÍA LTDA, 2021)

Nota: las unidades son (barriles por día calendario - bpd)

3.1.2.1 Transportadores

Existen diferentes métodos para transportar el hidrocarburo a su distinta disposición, aun así, la forma más eficiente para hacerlo de manera constante y en grandes volúmenes es por ductos. Un oleoducto es un ensamble de tubos de acero con diámetros que suelen oscilar entre 12 y 50 pulgadas (30 y 120 centímetros aproximadamente). Pueden ser construidos sobre la superficie o bajo esta, junto con las instalaciones o estaciones forman parte de un sistema vibrante que moviliza el petróleo para su comercialización (Oleoducto Bicentenario de Colombia, S. A. S.,).

En Colombia los oleoductos conectan las zonas productoras de petróleo crudo del país sin importar que tan aisladas se encuentren de los principales puertos de exportación o refinerías para su tratamiento.

Mucho más que un sistema de transporte de hidrocarburos, el oleoducto es el eslabón maestro de la industria petrolera entre la producción y sus diferentes usos finales, constituyéndose en la forma más rápida, rentable y segura de transportar crudo a través de grandes distancias (DELVASTO Y ECHEVARRIA asociados & CONSEJEROS EN GAS Y ENERGÍA LTDA, 2021). Las compañías que se encargan de garantizar el funcionamiento adecuado, cumpliendo ciertas condiciones y lineamientos, algunas bajo un marco legal nacional brindado por el Ministerio de Minas y Energías reciben el nombre de transportadores.

La tabla 7 compara las empresas transportadoras de crudo en Colombia (de las cuales muchas son también productoras), indicando la zona en la cual opera como transportadora, además de la longitud de redes de oleoducto en kilómetros, que usa para el transporte del crudo.

Tabla 7

Distribución en Km de las empresas transportadoras de crudo

EMPRESAS PRODUCTORAS/TRANS PORTADORES	ZONAS (KM)						TOTAL (KM)
	Centro oriente	Nororiente	Llanos orientales	Sur	Centro	Troncal	
CENIT	733,64	711,64	370,69	89,78	68,65	816,08	2790,48
OCENSA	0	0	0	0	0	836	836
ECOPETROL	66,06	16,49	15,18	0	25,27	0	123
OLEODUCTO DE COLOMBIA S.A.	0	0	0	0	0	483	483
OLEODUCTO BICENTENARIO DE COLOMBIA S.A.S.	0	0	230	0	0	0	230
GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA	0	0	0	85,4	0	0	85,4
HOCOL S.A.	0	0	54,1	0	35,9	396,48	486,48
FRONTERA ENERGY CORPORATION LTD	0	0	0	0	63,7	0	63,7
OLEODUCTO DE LOS LLANOS ORIENTALES S.A.	0	0	286	0	0	0	286
PERENCO COLOMBIA LIMITED	0	0	276,5	0	59,1	0	335,6
MANSAROVAR ENERGY LTD.	209,19	0	0	0	0	0	209,19
OCCIDENTAL DE COLOMBIA, LLC	0	0	36,6	0	0	0	36,6
EQUION	0	0	26,3	0	0	0	26,3
CEPSA	0	0	78,87	0	0	0	78,87

GEOPARK (AMERISUR)	0	0	42	0	0	0	42
TOTAL (KMS)	1008,89	728,13	1416,24	175,1 8	252,62	2531,56	6112,62

Nota. La presente tabla muestra las empresas transportadoras de crudo en las diferentes zonas del país, Centro oriente (Tolima, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Cesar y Antioquia), Nororiental (Norte de Santander, Cesar y Boyacá), Llanos orientales (Meta, Casanare y Arauca), Centro (Huila, Tolima, Antioquia y Cundinamarca y Troncal. Fuente. (DELVASTO Y ECHEVARRIA asociados & CONSEJEROS EN GAS Y ENERGÍA LTDA, 2021)

3.1.2.2 Comercializadores

Hacen parte fundamental del mercado de los hidrocarburos, debido a que son los agentes que negocian el crudo y su transporte. Los potenciales clientes emergen gracias a la necesidad de verificar las condiciones de entrega del crudo previo a su comercialización. Su rol como árbitro en la puja entre compradores y vendedores incide en buena parte en los precios del mercado. Recapitulando, el transportador es aquel que presta el servicio de transporte de hidrocarburos por medio de ductos (para nuestro caso estudio un oleoducto) a personas naturales o jurídicas, remitentes y comercializadores.

El remitente y el comercializador tienen propiedad sobre el crudo, excepto si por alguna condición pactada por las partes se establece lo contrario. Siguiendo el hilo del asunto la ANH y el propietario son remitentes, pero también tenemos otros remitentes que son los comercializadores netos.

Por otro lado, los Terceros, entre ellos los comercializadores y la ANH adquieren la calidad de Remitentes cuando suscriben un Contrato de Transporte. Por lo tanto, el Comercializador es un tercero que actúa como remitente, compra el crudo en el campo o en otro lugar de la cadena y lo entrega para transporte en el mismo campo o en otro lugar a un cliente final y a la vez mercadea un servicio de transporte a través de una tarifa (DELVASTO Y ECHEVARRIA asociados & CONSEJEROS EN GAS Y ENERGÍA LTDA, 2021).

A continuación, se enlistarán a los principales comercializadores de petróleo crudo en el país, los cuales, por su experiencia empírica y conocimiento, mantienen relaciones comerciales a mediano y largo plazo con participantes claves del mercado a nivel nacional y por supuesto internacional.

Tabla 8*Principales empresas comercializadoras de crudo en Colombia*

Nota. La siguiente tabla muestra la información de los principales comercializadores en el país.

PRINCIPALES COMERCIALIZADORAS	PROCEDENCIA	INFORMACION
GUNVOR COLOMBIA C.I. S.A.S.	Nederland - Suiza - Bogotá D.C.	Fundada en el año 2000 como comerciante de petróleo crudo y productos derivados del petróleo. Adquirió un compromiso con relaciones comerciales a largo plazo y la aplicación de soluciones comerciales innovadoras. (Gunvor Group,).
TRAFIGURA DE COLOMBIA P T Y S A S	Singapur - Bogotá D.C.	Su misión es hacer el comercio de manera responsable. Despliega infraestructura, habilidades y una red global para mover productos físicos de un lugar a otro. Está entre los líderes del mercado en energía, metales y minerales. Con 88 oficinas en 48 países, cuenta con alcance y escala global (Trafigura Group Pte. Ltd.,).
BP LATIN AMERICA LLC – SUCURSAL COLOMBIA Y GOAM 1 CI S.A. SBP	Reino Unido - Bogotá D.C.	Su propósito es reinventar la energía para las personas y nuestro planeta. Con operaciones en Europa, América del Norte y del Sur, Australasia, Asia y África. En BP, proporciona calor, luz y movilidad a clientes de todo el mundo, para reinventar la energía para las personas y el planeta (BP p.l.c.)
VITOL COLOMBIA C.I S.A.S.	Nederland - Suiza - Bogotá D.C.	Líder mundial en el comercio de petróleo crudo, cuenta con una comprensión de los mercados de crudo a nivel mundial, acceso a una amplia infraestructura y relaciones duraderas con productores y refinadores de todo el mundo. (VITOL,).
CHEVRON PETROLEUM COMPANY COLOMBIA	USA - Bogotá D.C.	Empresa estadounidense cuya casa matriz se ubica en San Ramón (California), se dedica a las actividades upstream: exploración y producción de gas natural y downstream: distribución y comercialización de derivados refinados al por mayor. En la actualidad opera en La Guajira y mar Caribe (EITI Colombia,).

3.1.2.3 Análisis de clientes potenciales

Entre las entidades transportadoras de petróleo, se tomaron como prioridad aquellas que, por su ubicación geográfica, en cuestiones de operatividad hacen presencia en el departamento de Santander, Norte de Santander y parte del Magdalena medio, cumpliendo así, con el fin de ubicar al laboratorio de fluidos de la Universidad Industrial de Santander como proveedor central de la región en el servicio dado por la prueba ya especificada en este estudio. Aun así, también se tendrán en cuenta aquellas que por su sistema de operación mediante troncales facilitan el transporte del hidrocarburo a lo largo y ancho del país.

Por último, el hecho de que alguna entidad no se encuentre enlistada en la tabla 8 no incide en la no aceptación por parte del laboratorio de fluidos de la UIS como futuro cliente, por lo contrario, se busca que a largo plazo el servicio que se quiere implementar sea un referente a nivel nacional. En cuanto a los comercializadores, debemos tener en cuenta que sus relaciones duraderas con productores, refinadores y consumidores en todo el mundo hacen de ellos pesos pesados en el mercado nacional e internacional, argumento primordial para que estén en la lista de clientes potenciales.

En concordancia con lo mencionado, se realizó una tabla que muestra las potenciales compañías que tal vez manifiesten un interés en el servicio a corto y mediano plazo, ya sea para experimentar los análisis que esta prueba proporciona, obtener una mayor veracidad, control y calidad en sus productos, o estrictamente cumplir con normativas nacionales sobre el transporte y comercialización del hidrocarburo.

A continuación, se enlistan las entidades consideradas como clientes potenciales del servicio.

Tabla 9.

Clientes potenciales de la prueba

CLIENTES POTENCIALES	INFORMACIÓN
CENIT	Cenit es una es una sociedad comercial, del tipo de las sociedades por acciones simplificada, de economía mixta, del orden nacional, constituida como empresa filial 100% de propiedad de Ecopetrol S.A., que transporta crudo y refinados a través de una red de Oleoductos y Poliductos a lo largo de Colombia (CENIT,).
ECOPETROL S.A.	Ecopetrol S.A. es una Compañía organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía. Es una sociedad de economía mixta, de carácter comercial integrada del sector de petróleo y gas, que participa en todos los eslabones de la cadena de hidrocarburos: exploración, producción, transporte, refinación y comercialización (Ecopetrol,).
MANSAROVAR ENERGY LTDA.	Empresa petrolera, experta en la extracción de crudo pesado y creada en 2006 tras la unión de capitales y tecnologías de dos gigantes del sector petrolero y del gas en Asia: la estatal india ONGC-Videsh, con participación en más de 40 activos petroleros en 20 países del mundo, y la estatal china Sinopec, la segunda empresa petroquímica más grande del planeta y la segunda en la lista Global 500 de Fortune en 2020 (Mansarovar,).
OCENSA	La plataforma más extensa y moderna para transportar petróleo en Colombia. A través de una tubería de 836 kilómetros en tierra y 12 kilómetros en el mar, cuenta con diez estaciones de bombeo, una reductora de presión, un terminal marítimo, tanques para almacenar hasta cinco millones de barriles y una base para la coordinación de las actividades de mantenimiento (OCENSA,).
OLEODUCTO DE COLOMBIA S.A.	Empresa líder en el transporte de petróleo en el país. Presta servicios de traslado de crudos pesados y medios, mezclas y servicios especializados. Fundada en 1989, esta organización se ha consolidado como un referente en la realización de procesos eficientes y socialmente responsables con el entorno (OLEODUCTO DE COLOMBIA S.A.,).

<p>HOCOL S.A.</p>	<p>Durante 65 años ha compartido con Colombia nuestra presencia y trabajo continuo. Bajo la dirección de diversos grupos empresariales, se ha convertido hoy en una Compañía del Grupo Ecopetrol. Con una experiencia enriquecida, busca trabajar con un enfoque humano y crear relaciones confiables con todos los grupos de interés (HOCOL S.A.,).</p>
<p>GUNVOR Colombia C.I. S.A.S.</p>	<p>Fundada en el año 2000 como comerciante de petróleo crudo y productos derivados del petróleo. Adquirió un compromiso con relaciones comerciales a largo plazo y la aplicación de soluciones comerciales innovadoras. Han ganado la reputación de adquirir, comercializar y mover de manera confiable los productos energéticos de las áreas de excedentes a aquellas con mayor demanda (Gunvor Group,).</p>
<p>TRAFIGURA De Colombia P T Y S A S</p>	<p>Su misión es hacer el comercio de manera responsable. Despliega infraestructura, habilidades y una red global para mover productos físicos de un lugar a otro. Lleva un cuarto de siglo conectando clientes con la economía global. Está entre los líderes del mercado en energía, metales y minerales. Con 88 oficinas en 48 países, cuenta con alcance y escala global (Trafigura Group Pte. Ltd.,).</p>
<p>BP Latín América Llc - Sucursal Colombia y Goam 1 CI S.A. SBP</p>	<p>Su propósito es reinventar la energía para las personas y nuestro planeta. Con operaciones en Europa, América del Norte y del Sur, Australasia, Asia y África. BP proporciona calor, luz y movilidad a clientes de todo el mundo, para reinventar la energía para las personas y el planeta (BP p.l.c.,)</p>
<p>VITOL Colombia C.I S.A.S.</p>	<p>Líder mundial en el comercio de petróleo crudo, cuenta con una comprensión de los mercados de crudo a nivel mundial, acceso a una amplia infraestructura y relaciones duraderas con productores y refinadores de todo el mundo. Garantiza a los productores a comercializar y distribuir de manera efectiva su producción, y a los refinadores a asegurar un suministro confiable y constante de crudo de la calidad adecuada en el momento adecuado (VITOL,).</p>
<p>CHEVRON PETROLEUM COMPANY Colombia</p>	<p>Empresa estadounidense cuya casa matriz se ubica en San Ramón (California) se dedica a las actividades upstream: exploración y producción de gas natural y downstream: distribución y comercialización de derivados refinados al por mayor. Su llegada al país fue a finales de la década de 1920 y en la actualidad opera en La Guajira y mar Caribe (EITI Colombia,).</p>

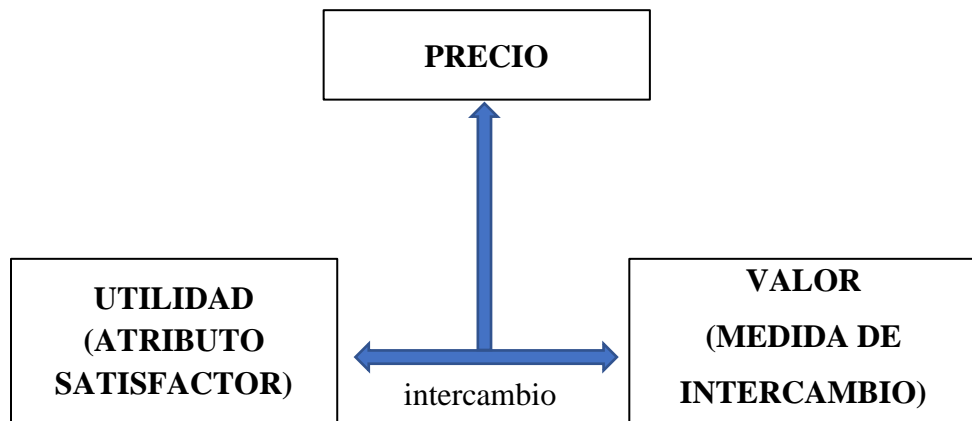
3.2 Precio de la prueba

El precio es un elemento clave en el proceso de exploración, creación y entrega de valor para satisfacer las necesidades de un mercado objetivo, para nuestro caso particular el mercado de pruebas de laboratorio que determinan el contenido de sedimentos en petróleo crudo. La clave para determinar el precio de un producto es entender el valor que los consumidores perciben de él (véase figura 6), es por ello, que el análisis de la oferta dada sobre el producto a valorizar es fundamental, especialmente en mercados que ya están constituidos o colonizados por otras compañías competidoras y bien consolidadas. Entre los factores que se deben destacar son la (Hernández Garnica & Maubert Viveros Claudio Alfonso, 2009):

- La utilidad para el consumidor
- La calidad percibida por el consumidor
- La disponibilidad para el consumidor
- El nivel del servicio que acompaña el producto

Figura 6

Valor expresado en dinero



Nota: Fuente. Pag 336 (Hernández Garnica & Maubert Viveros Claudio Alfonso, 2009)

A modo de seguir con el propósito principal del análisis que se quiere realizar en esta sección, el cual es establecer el precio del servicio que se quiere implementar en el laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, se establece un precio fijo, pero sin dejar de lado la relación entre calidad del servicio y precio de este.

La estrategia de asignación de precio que se optó para el servicio que se quiere implementar es la combinación de las estrategias en base a la competencia y precio de penetración. La primera establece un precio similar al de la competencia, por otro lado, la segunda establece una política a través de la cual una empresa o institución cobra un precio relativamente más bajo que sus competidores, para poder así llegar al mercado masivo (Hernández Garnica & Maubert Viveros Claudio Alfonso, 2009). Estas estrategias son ampliamente utilizadas por compañías presentes en distintos mercados o líneas de servicio, garantizando la buena aceptación e integración de sus productos o servicios en sus respectivos mercados objetivos.

Fundamentado en lo anterior, el precio para la prueba de determinación de contenido de sedimentos en petróleo crudo debe estar en el rango de precios que ofrecen las demás compañías competidoras en el mercado.

Para encontrar el valor del precio de cualquier servicio se procede a ser un poco exacto y algo que resulta en mayores ocasiones es la denominada toma de decisión por tanteo, siendo su idea principal entrar al mercado con precios más competitivo que el resto de los jugadores,

sin embargo, buscando que estos sean en la mejor medida llamativos y que generen el interés en los posibles compradores.

Para asignar un precio de penetración a cualquier mercado se tiene que establecer un precio de inicio en su mayoría considerado bajo para un nuevo servicio, todo esto en concordancia con la escala de precios que se manejen en el mercado de interés. Ahora como primer objetivo estratégico es el de ingresar con la participación en el mercado de manera relevante y enfrentarse con la competencia presente, lo anterior tiene una relación similar con la estrategia que se usa en algunas empresas, en las que se tiene un estilo de relación con la estrategia llamada dumping o ventas de bajo costo; esto con la meta de darle un aumento al movimiento de los bienes y los servicios ofrecidos.

Por lo mencionado el precio para la prueba a implementar (Estándar técnico para determinar el contenido de sedimentos sólidos en petróleo crudo mediante el método de extracción ASTM D 473) necesita encontrarse dentro del rango de precios que ofrecen las demás empresas colombianas prestadoras del servicio.

En primer lugar, se descartan las ofertas de SGS COLOMBIA, SAYBOLT/CORELAB Y QAQC SERVICES. Esto se debe a que no poseen acreditación, siendo esta necesaria para que la universidad pueda mantenerse en un campo altamente competitivo en cuanto a la prestación del servicio y aporte al proceso de mantener la acreditación institucional, no solo buscando el beneficio económico sino cumpliendo con las políticas de la institución, que se ven necesitadas de establecer pautas de calidad en todos los procesos derivados de su funcionamiento.

En segunda instancia se encuentran las empresas PROASEM SAS e INTERTEK COLOMBIA, los cuales ofrecen el servicio con acreditación a un costo superior al ser comparados con los demás competidores.

Por todo lo anterior se tiene como única referencia de comparación restante a las empresas de CAMIN CARGO CONTROL COLOMBIA SAS Y COOPERATIVA DE TECNOLOGOS E INGENIEROS DE LA INDUSTRIA DEL PETROLEO Y AFINES TIP. Las cuales poseen la acreditación y precios más económicos con esta condición de toda la competencia. Se estipula el segundo laboratorio como el más adecuada ya que su precio es de \$169.575 haciéndolo altamente competitivo y como se estudió con anterioridad, cumple con las pautas y protocolos de selección predeterminados. Así pues, se establece un margen de error del 5% inferior respecto al precio base, con el fin de ingresar al mercado de manera competitiva. Realizando la operación respectiva se obtiene al valor de \$161.096,25 pero para facilitar el análisis se plantea un rango que va desde \$161.000 a \$163.000 y como valor intermedio \$162.000.

Para concluir, el precio por cada prueba al implementar el estándar técnico para determinar el contenido de sedimentos sólidos en petróleo crudo mediante el método de extracción ASTM D 473 en el laboratorio de lodos de la escuela de ingeniería de petróleos se muestra en la tabla 10 y 11.

Adicionalmente se profundiza en la escogencia del precio de la prueba, donde se toma un rango que va desde la opción más predominante en relación con los competidores y a su vez la selección del segundo competidor. Obteniendo así dos tablas diferentes del precio de la prueba.

Tabla 10

Costo total de cada prueba del segundo mejor competidor

Precio base de la prueba- CAMIN CARGO CONTROL COLOMBIA SAS	\$201.836
-5% del precio base	\$10.091,80
Precio final de la prueba - UIS	\$191.744,2

Tabla 11

Costo total de cada prueba del primer mejor competidor

Precio base de la prueba- COOPERATIVA DE TECNOLOGOS E INGENIEROS DE LA INDUSTRIA DEL PETROLEO Y AFINES TIP	\$169.575
-5% del precio base	\$8.478,75
Precio final de la prueba - UIS	\$161.096,25

Se establece un rango que va desde el valor de \$161.096,25 hasta \$191.744,2 así pues se concluye por simple lógica que la mejor opción y por una diferencia exacta de \$30.634,95 corresponde a la primera mencionada.

Es indispensable mencionar que, a mayor número de pruebas, el costo disminuye. Por lo cual se abre la posibilidad a descuentos, los cuales dependen del número de muestras a analizar.

A continuación, se conocerá el entorno relacionado a la puesta en marcha del estándar técnico ASTM D 473 para la determinación del contenido de sedimentos en petróleo crudo

por el método de extracción. Obteniendo así el beneficio de una planeación adecuada sin importar el éxito o no, de su implementación.

4. Análisis Técnico

En este capítulo, se busca establecer las condiciones necesarias y los parámetros que puedan influir en el buen desarrollo y funcionalidad en el proyecto de implementar el estándar técnico para determinar el contenido de sedimentos sólidos en petróleo crudo mediante el método de extracción ASTM D 473. Asegurando unas óptimas condiciones, un modo operativo eficiente, certeza y gran fiabilidad en los resultados, es indispensable seguir los lineamientos y controles exigidos por las entidades de control de calidad. Dentro de este apartado se tienen los siguientes criterios.

4.1 Ubicación y dimensionamiento

Realizar la prueba requiere de un espacio para posicionar de manera prudente el equipo y sus partes, sería ideal que el equipo se ubicará en el laboratorio de fluidos en la escuela de ingeniería de petróleos, sin embargo, este laboratorio no cuenta con el área suficiente para recibir nuevos equipos, por lo cual se deberá ubicar en El Parque Tecnológico Guatiguará, el cual está localizado en el Área Metropolitana de Bucaramanga, al noroeste del casco urbano del municipio de Piedecuesta, sobre la vía que parte de la Autopista Bucaramanga - Bogotá hacia la vereda Guatiguará (Km 2, vía al Refugio, Valle Guatiguará).

El Parque Tecnológico de Guatiguará constituye en un modelo de tecnología que contribuye al incremento de la riqueza de la región y el país, que incentiva la creación y

crecimiento de empresas e instituciones de base tecnológica, al tiempo que ayudar a la transformación productiva de los sectores estratégicos existentes.

Figura 7

Ubicación del Parque Tecnológico Guatiguará (PTG)



Por sus dimensiones el PTG está dividido en secciones y el equipo sea ubicado en el edificio antiguo del PTG en el área de extracción y limpieza de muestras, la cual cuenta con cabinas extractoras y hornos; en este sitio se encuentran los demás equipos de investigación de diversas áreas.

Como se aprecia en la Figura 8, los laboratorios ubicados en el área de extracción cuentan con cabinas que permiten controlar el flujo de gases nocivos, evitando así problemas de seguridad y salud para los trabajadores o personal que haga uso de sus instalaciones.

Además, su ubicación alejada de zonas urbanas densamente pobladas, hacen de él, un lugar ideal para este tipo de actividades experimentales.

Figura 8

Laboratorio de extracción con cabinas ideales para el manejo de operaciones de laboratorio con gases nocivos



Como se ha mencionado en apartados anteriores, los equipos e instrumentos necesarios para el desarrollo funcional del estándar técnico Método de Extracción ASTM D-473 no requieren grandes espacios debido a su dimensión, aun así, los laboratorios de la escuela de ingeniería de petróleos ubicados en el campus central de la Universidad Industrial de Santander se encuentran en su casi o máxima capacidad. Concluyendo con el análisis espacial como una razón más para la selección de los laboratorios de extracción en el Parque Tecnológico de Guatiguara como sitio a implementar el protocolo guía seleccionado, ya que cuentan con espacio más que suficiente para su implementación.

Figura 9

Infraestructura interna de los laboratorios de extracción en el Parque Tecnológico

Guatiguara.



4.2 Personal capacitado

El Personal requerido debe contar con experiencia y estar familiarizado con el trabajo en laboratorio, además es indispensable contar con conocimiento básico en el estándar técnico ASTM D 473. No es obligación el tener algún tipo de certificado o acreditación para el manejo de la prueba, ya que como requerimiento se solicita al proveedor la capacitación en el manejo de los equipos; El laboratorio de extracción de muestras cuenta con un laboratorista, y cuatro auxiliares los cuales deben tener experiencia con las pruebas de determinación de sedimentos en crudo en los métodos de Centrifuga ASTM D4007, Extracción ASTM D473 o filtración por membrana ASTM D4807.

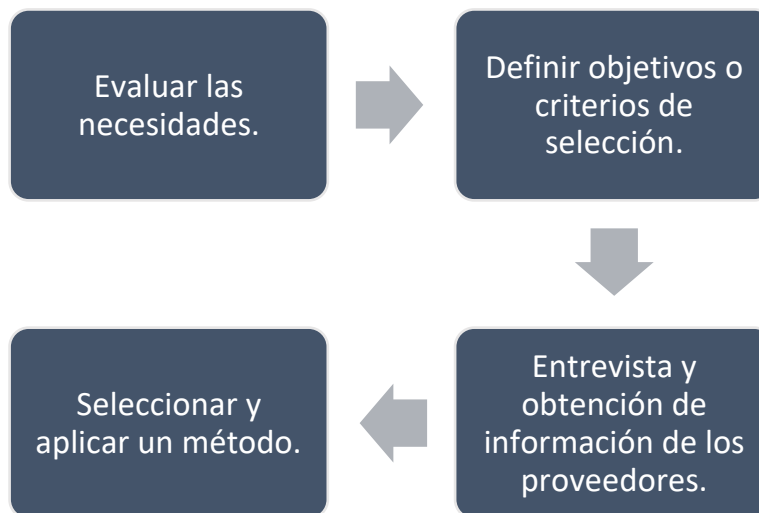
4.3 Selección de proveedores

La selección de un proveedor es una de las tareas más importantes para asegurar una logística eficiente de la cadena de suministros, por lo tanto, en la presente sección se indaga en la búsqueda y posterior selección de proveedores de los implementos de laboratorio como equipos e insumos obligatorios para la implementación de la prueba de determinación del contenido de sedimentos sólidos en petróleo crudo bajo la norma técnica ASTM D 473.

Para la búsqueda de proveedores, principalmente se dio uso a la comunicación telefónica y el uso de la red de internet, siendo esta última especialmente usada para el contacto con proveedores extranjeros. En cuanto a la selección de los ya mencionados, se utilizó como guía el modelo que se expone en la siguiente figura.

Figura 10

Esquema empleado para la selección de proveedores



Nota. Obtenido de. (Vírveda Gallego, 2011)

4.3.1 Evaluación de las necesidades y definición de los objetivos

En el primer paso se evalúa las necesidades por parte de la escuela de Ingeniería De Petróleos para la implementación de la prueba ya especificada, en él se hace referencia a los equipos y reactivos necesarios para su ejecución y puesta en marcha en el laboratorio seleccionado de la EIP.

4.3.1.1 Equipos

Partiendo de lo establecido en el apartado 2.2.2.1 y 2.2.2.2 del presente proyecto, el cual describe los equipos necesarios para el buen desarrollo de la norma ASTM D 473, se exponen nuevamente en la siguiente tabla los equipos a cotizar.

Tabla 12

Equipos necesarios para la implementación de la norma ASTM D 473

EQUIPOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES
Matraz de extracción	De cuello ancho (Erlenmeyer) de 1 L de capacidad, con un diámetro de cuello externo mínimo de 50 mm.
Condensador	Forma de bobina de metal de aproximadamente 25 mm de diámetro y 50 mm de longitud, hecha de tubos de acero inoxidable, estaño, cobre o latón estañados con un diámetro exterior de 5 mm a 8 mm y un espesor de pared de 1,5 mm.
Dedal de extracción	Material poroso refractario, tamaño de poro de 20,0 μm a 30,0 μm , 25 mm de diámetro por 70 mm de altura, con un peso no inferior a 15 g y no superior a 17 g
Cesta del dedal	Resistente a la corrosión y hecha de platino, acero inoxidable, aleación de níquel-cromo o material similar.

Taza de agua	Debe ser de vidrio, de forma cónica, de aproximadamente 20 mm de diámetro y 25 mm de profundidad, y tendrá una capacidad de aproximadamente 3 mL.
Fuente de calor	Se recomienda una placa calefactora.
Balanza analítica	Precisión de 0,1 mg
Mezclador sin aireación	Se acepta un instrumento de vidrio tipo zanahoria.
Horno	Capaz de mantener una temperatura de 115 ° C a 120 ° C (240 ° F a 250 ° F).
Recipiente de enfriamiento	Desecador sin desecante como recipiente de enfriamiento.
Termómetro	Capaz de medir la temperatura de la muestra al 1 ° C (2 ° F) más cercano.

De los equipos anteriormente mencionados se encuentran en conjunto :

- Matraz de extracción
- Condensador
- Dedal de extracción
- Cesta del dedal
- Taza de agua

Los equipos citados se cotizaron como Set de Extracción, en donde todos ellos son suministrados por los proveedores contactados, cumpliendo así con sus especificaciones técnicas. Aun así, algunos proveedores solo facilitaban dicho Set de Extracción si se incluía la fuente de calor. En la sección 2.2.2.1 del presente proyecto se expone lo antes citado.

4.3.1.2 Reactivos

En segundo lugar, se tiene como único reactivo el Tolueno de grado reactivo ACS, enlistado en el apartado 2.2.2.3 del presente proyecto, el cual describe los reactivos necesarios para el buen desarrollo de la norma ASTM D 473. En la tabla 13 se exhiben las características típicas del Tolueno grado reactivo ACS. Por consiguiente, se realiza la solicitud de cotizaciones del Tolueno a diferentes proveedores.

Tabla 13

Características del Tolueno

CARACTERISTICAS DEL TOLUENO GRADO REACTIVO ACS	
Ensayo	99.5+ %
Color (APHA)	10
Rango de ebullición (inicial a punto seco) *	2.0 °C
Residuo después de la evaporación	0.001 %
Sustancias oscurecidas por H2SO4	pasa la prueba
Compuestos de azufre (como S)	0.003 %
Agua (H2O) (por valoración de Karl Fischer)	0.03 %

4.3.2 Definición de objetivos o criterios de selección

La segunda etapa del proceso de selección de proveedores se relaciona con la identificación de los atributos que serán evaluados. Los atributos son cualidades, características o parámetros que describen cada una de las alternativas o posibles soluciones

al problema de decisión. Existe un sinnúmero de criterios que pueden ser tomados para la selección de un proveedor, aun así, el número de atributos se determinara por las características y requerimientos primordiales del proyecto. Es importante resaltar que los proveedores presentan dos tipos de atributos que serán evaluados, ellos son cuantitativos y cualitativos. (Gil Torrijos, 2018)

Cuando se hace referencia a los criterios cuantitativos, es inmediato pensar en el precio, sin duda este es el criterio estelar para la selección de proveedores. Este tipo de criterios se pueden medir por una escala de medición previamente establecida por el proveedor, en el caso de precio, será una unidad monetaria. Otros criterios que entran dentro de este conjunto son el tiempo de entrega y el tiempo de garantía, los cuales en muchos casos determinan la selección del proveedor, generalmente entre menos tiempo de espera exista en ser abastecida la entidad interesada en un producto, mejor es su producción o prestación del servicio.

Por otro lado, los criterios cualitativos no precisan de una escala de medición previamente determinada, razón por la cual, la experiencia, la información y/o el conocimiento empírico juega un papel importante para su selección y será mediante juicios de opinión que se realizará una evaluación de estos. Aun así, los criterios cualitativos pueden ser respaldados por métodos que los cuantifiquen, facilitando notablemente la selección de proveedores. Entre los atributos cualitativos se mencionan la calidad del producto, la fiabilidad de entrega, la capacitación de personal en el manejo del producto, localización geográfica, etc.

La mayoría de los autores que tratan este tema mencionan el estudio de Dickson, el cual describe la importancia de 23 criterios clasificados con respecto a su importancia observada a comienzos de los sesenta. En ese momento, los criterios más significativos son calidad, entrega a tiempo, rendimiento y garantía y políticas de demanda. (Vírveda Gallego, 2011)

Recordando que no todos los atributos son igualmente importantes para todas las entidades, y que cada institución es un caso especial que presenta sus propias necesidades e intereses. En este proyecto se seleccionan ciertos criterios que se consideran primordiales y básicos para la correcta selección del proveedor, sin ahondar en detalles muy minuciosos o de poca valía.

En las tablas 14 y 15 se puede apreciar el costo de los equipos en las empresas donde se realizó la cotización. Todas las cotizaciones se realizaron con una TRM (tasa representativa de mercado para la fecha de 24 de junio del 2022) de 4100 COP para expresar los valores en pesos colombianos

Tabla 14

Precios de proveedores si vende el equipo por partes en COP

	ACEQ LABS	ARTILAB	AVANTIKA	BLAMIS
IMPLEMENTOS DE LABORATORIO				
MATRAZ DE CUELLO ANCHO (ERLENMEYER) 1 LITRO DE CAPACIDAD - DIAM EXT. 50MM	\$58.824		\$108.100	\$31.300

CONDENSADOR - 25 MM DE DIAM - 50 MM DE LONG - DIAM EXT. 5-8 MM - ESPESOR DE PARED 1,5 MM				
CARTUCHO DE EXTRACCIÓN - TAMAÑO DE PORO 20-30 NM - 25 MM DE DIAM - 70 MM DE ALTURA - PESO DE 15-17 G				
CESTA DEL CARTUCHO				
VASO DE AGUA - 20 MM DE DIAM - 25 MM DE PROFUNDIDAD - CAPACIDAD 3 ML APROX.				
FUENTE DE CALOR - PLACA CALIENTE			\$2.237.800	
CAMPANA VENTILADA ADECUADA PARA VAPORIZAR TOLUENO			\$31.276.800	
BALANZA ANALÍTICA - PRECISIÓN 0,1 MG		\$8.050.350	\$8.859.000	
MEZCLADOR SIN AIREACIÓN				
HORNO - TEMP ENTRE 115-120°C (240-250°F)	\$4.176.639	\$5.574.289	\$10.534.600	
RECIPIENTE DE ENFRIAMIENTO (DESECADOR SIN DESECANTE)	\$798.321		\$1.195.400	\$925.750
TERMÓMETRO - PREC DE 1°C (2°F)			\$31.800	
INSUMO				
TOLUENO		\$123.519	\$256.100	\$280.700
NETO	\$5.033.784	\$13.748.158	\$54.499.600	\$1.237.750,00
DESCUENTO				
SUBTOTAL				
IVA (19%)	\$956.418,96	\$2.612.150,02	\$10.354.924	\$235.172,50
RETENCIÓN DEL IVA (15%)	\$143.462,84			
TOTAL	\$6.133.665,8	\$16.360.308,2	\$64.854.524	\$1.472.922,5

Tabla 15

Precios de proveedores si vende el equipo por partes en COP

IMPLEMENTOS DE LABORATORIO	EQUIPOS Y LABORATORIO	INSTRUMENTALIA	KASALAB	LABESCO	NORQUIMICOS
MATRAZ DE CUELLO ANCHO (ERLENMEYER) 1 LITRO DE CAPACIDAD - DIÁMETRO EXT. 50MM	\$42.900	\$63.150	\$19.530	\$30.700	\$27.265
CONDENSADOR - 25 MM DE DIÁMETRO - 50 MM DE LONGITUD - DIÁMETRO EXT. 5-8 MM - ESPESOR DE PARED 1,5 MM					
CARTUCHO DE EXTRACCIÓN - TAMAÑO DE PORO 20-30 NM - 25 MM DE DIÁMETRO - 70 MM DE ALTURA - PESO DE 15-17 G		\$486.314			\$321.175
CESTA DEL CARTUCHO					
VASO DE AGUA - 20 MM DE DIÁMETRO- 25 MM DE PROFUNDIDAD - CAPACIDAD 3 ML APROX.		\$69.496			\$10.165
FUENTE DE CALOR - PLACA CALIENTE		\$3.987.416			\$1.558.950
CAMPANA VENTILADA ADECUADA PARA VAPORIZAR TOLUENO	\$29.775.000		\$19.299.000		\$19.665.000
BALANZA ANALÍTICA - PRECISIÓN 0,1 MG	\$8.690.000	\$8.977.062	\$5.250.000		\$7.553.450
MEZCLADOR SIN AIREACIÓN	\$8.645.000		\$1.632.111		\$5.125.250
HORNO - TEMPERATURA ENTRE 115-120°C (240-250°F)	\$9.160.000	\$11.881.693	\$10.505.000		\$9.319.500
RECIPIENTE DE ENFRIAMIENTO (DESECADOR SIN DESECANTE)	\$916.500	\$714.794	\$525.438		\$489.250
TERMÓMETRO – PRECISIÓN DE 1°C (2°F)	\$135.000	\$5.753.846	\$28.000		\$71.630
INSUMO					
TOLUENO		\$388.734	\$110.000		\$70.300
NETO	\$57.364.400	\$32.322.505	\$37.369.079	\$30.700	\$44.211.935
DESCUENTO					
SUBTOTAL					
IVA (19%)	\$10.899.236	\$6.141.275,95	\$7.100.125	\$5.833	\$8.400.267,65
RETENCIÓN DEL IVA (15%)					
TOTAL	\$68.263.636	\$38.463.780	\$44.469.204	\$36.533	\$52.612.202

La siguiente tabla indica las empresas que venden el equipo solicitado completo incluyendo el set más la placa caliente, también se incluye el costo del envío y unas consideraciones que ayudan a tomar la mejor decisión de compra junto con el correo de contacto

Tabla 16

proveedores equipo completo en COP

EMPRESA	PAIS	COSTO ENVIO	COSTO SET + PLACA	COSTO TOTAL	CONTACTO
CHONGQING BLOSSOM MACHINERY EQUIPMENT CO., LTD	China	\$2.470.000	\$4.940.000	\$7.410.000	gracetu@blossomeqpt.com
HUAZHENG ELECTRIC MANUFACTURING (BAODING) CO., LTD	China	\$1.330.000	\$5.149.000	\$6.479.000	sales09@bdhuazheng.com
U-THERM INTERNATIONAL H.K. LIMITED (LABFAC)	Hong Kong - China	\$0	\$7.288.400	\$7.288.400	info@lab-fac.com
GRUPO SYZ	Colombia	\$0	\$12.163.800	\$12.163.800	syz@grupo-syz.com
CHONGQING TOP OIL PURIFIER CO., LTD	China	\$760.000	\$5.890.000	\$6.650.000	sales5@topoilpurifier.com

Tabla 17

Proveedores del set que incluye:

- *Matraz de extracción*
- *Condensador*
- *Dedal de extracción*

- *Cesta del dedal*
- *Taza de agua*

EMPRESA	PAIS	COSTO DE ENVIO	COSTO SET	COSTO TOTAL	COSTO PLACA	COSTO TOTAL + PLACA	CONTACTO
NORMALAB	Francia	\$1.148.000	\$4.510.000	\$5.658.000	\$2.173.000	\$7.831.000	sales@normalab.com
EIE INSTRUMENTS PRIVATE LIMITED	India	\$1.353.000	\$701.100	\$2.054.100	NA	NA	export@eieinstruments.com
LINETRONIC TECHNOLOGIES // S&S INGENIERIA	Suiza // Colombia	\$0	\$5.756.400	\$5.756.400	\$2.952.000	\$8.708.400	info@lin-tech.ch**patricia.pacheco@sysiingenieria.co
AYALITICAL // PETROLEUM TOTAL EQUIPMENT	Usa // Colombia	\$0	\$3.856.000	\$3.856.000	\$0	\$3.856.000	info@ayalytical.com**ventas@pte.com.co
GRUPO SYZ	Colombia	\$0	\$3.567.000	\$3.567.000	\$0	\$3.567.000	syz@grupo-syz.com
PROVETECMA R.S.A.	Colombia	\$-	\$4.046.000	\$4.046.000		\$4.046.000	sbenavides@provetecmar.com **servicioalcliente@provetecmar.com
STANHOPE SETA - CECOLTEC	Uk - Bogotá D.C	\$0	\$6.027.000	\$6.027.000	\$6.637.900	\$12.664.900	sales@stanhope-seta.co.uk** rsosa@cecoltec.com

nota: unidades en COP

4.4 Criterios de selección globales-Lehman y O’Shaughnessy

Según los criterios de selección globales-Lehman y O’Shaughnessy plantean que se pueden escoger dependiendo de la necesidad del comprador. En este caso se adoptará de acuerdo con las necesidades, donde se escogerán cinco aspectos importantes

Figura 11

Criterios de selección globales-Lehman y O’Shaughnessy

Precio	Datos sobre la adecuación de pedido
Facilidad de uso	Preferencias del usuario principal del producto
Servicio posventa	Formación ofrecida por el suministrador
Condiciones financieras	Experiencia del suministrador en experiencias análogas
Servicio técnico ofrecido	Flexibilidad del suministrador para ajustarse a las necesidades
Especificaciones técnicas	Confianza en la fecha de entrega prometida
Confianza con el vendedor	
Facilidad de mantenimiento	
Tiempo de formación requerido	
Reputación general del proveedor	
Comodidad en el suministro del pedido	

Los criterios por utilizar son:

- Precio
- Servicio post venta
- Especificaciones técnicas
- Facilidad de mantenimiento
- Confianza de entrega en la fecha establecida

Precio

En todo proyecto que se ejecuta el precio es esencial para su selección, ya que influye dependiendo de la capacidad económica para el área en específico de la institución, por esta causa tendrá en peso de 0.3 con respecto a los demás ítems, por otra parte, se toma ciertos rangos de precio teniendo en cuenta que entre más bajo el precio mayor puntuación.

Servicio post venta

El servicio post venta en este caso es importante ya se puede contar con garantía del equipo en dado caso que tenga algún defecto de fábrica. por esta causa tendrá un peso de 0.15; para los proveedores que poseen garantía del equipo su puntuación será de 5 y los proveedores que no tengan garantía puntuación de 1

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas son esenciales para seleccionar el equipo que se adapte a nuestras necesidades, por lo tanto, se debe revisar los componentes que ofrecen los proveedores, este ítem tendrá un valor de 0.3.

En el primer caso se tiene el equipo por partes, entre mayor sea la cantidad de partes del equipo necesarias con las que cuente el proveedor, mayor será su puntuación.

En segundo lugar, está el equipo más la placa de calentamiento, la razón mandataria de su posición secundaria es la disponibilidad de equipos ya existente en el laboratorio; contando este con una placa de calentamiento por lo que no es necesario adquirir una segunda placa.

Por último, se tiene el set de manera individual que viene con Matraz de extracción condensador, Dedal de extracción, Cesta del dedal, Taza de agua, es decir, la totalidad del equipo cumpliendo así, con todos los requisitos necesarios. los puntajes de las especificaciones técnicas anteriores van de forma descendente, es decir, entre más útil sea la forma de adquirirlos, más porcentaje tendrán.

Facilidad de mantenimiento

El mantenimiento del equipo es importante, ya que en un escenario ideal lo realizara una persona de la misma empresa proveedora, por esta razón se considera si el proveedor es nacional representando una mayor facilidad de mantenimiento y por lo tanto mayor puntuación, en concordancia con lo descrito anteriormente el proveedor internacional tendrá menor puntuación; este ítem recibirá un peso de 0.15

Confianza de entrega en la fecha establecida

La confianza de entrega en la fecha establecida se selecciona puesto que cuando se adquiere el equipo, se espera que se entregue en cierta fecha para tener claro cuándo se puede empezar a generar ingresos o para preparar el área donde se ubicara la prueba. Cuando el vendedor es internacional las fechas de entrega tienen más incertidumbre por toda la logística involucrada, a diferencia de un proveedor nacional que, a pesar de requerir cierta logística, esta será en menor medida con respecto al proveedor internacional. A mayor tiempo de espera mayor incertidumbre, por lo tanto, menor puntuación. La confianza en la fecha de entrega recibirá un peso de 0.1 con respecto a los otros ítems

A continuación, se muestran cada uno de los ítems con sus puntuaciones asignadas

Tabla 18

Precio en pesos colombianos

Precio en COP	Puntuación
3000000 a 7000000	5
7000000 a 11000000	4
11000000 a 15000000	3
>a 1500000	2

Tabla 19

Servicio post venta

Especificación	Puntuación
Garantía	5
Sin garantía	1

Tabla 20

Especificaciones técnicas

Falta de implementos del equipo	Puntuación
Ninguno - Set completo	5
Ninguno - Set completo más placa	4
De 1 a 3	3
De 3 a 6	2
De 6 a 10	1

Tabla 21

Facilidad de mantenimiento

Ubicación del proveedor	Puntuación
Nacional	5
Internacional	3

Tabla 22

Confianza en la fecha de entrega prometida

Tiempo de entrega	Puntuación
De 1 a 6 semanas	5
Mayor a 6 semanas	1

4.4.1 Cálculos para selección del proveedor

El cálculo se realiza de la siguiente manera

valor de proveedor:

$$((0.3 * 5) + (0.15 * 1) + (0.3 * 1) + (0.15 * 3) + (0.1 * 1)) = 2.5$$

A continuación, se tabula los resultados para cada una de las empresas contactadas.

Obsérvese que el valor dado para cada parámetro es un porcentaje del total o del 100% que se le asigna como puntuación.

Tabla 23

Puntuaciones del equipo por partes

Ítem	Precio	Servicio post venta	Especificaciones técnicas	Facilidad de mantenimiento	Confianza en la fecha de entrega prometida	Total
PUNTUACION	0,3	0,15	0,3	0,15	0,1	1
Aceqlabs	5	1	1	3	1	2,5
Artilab	2	1	1	3	1	1,6
Avantika	2	1	2	3	1	1,9
Blamis	5	1	1	3	1	2,5
Equipos y laboratorio	2	1	2	3	1	1,9
Instrumentalia	2	1	2	3	1	1,9
Kasalab	2	1	2	3	1	1,9
Labesco	2	1	1	3	1	1,6
Norquimicos	2	1	3	3	1	2,2

Tabla 24

puntuaciones de proveedores del equipo con solo el set

Ítem	Precio	Servicio post venta	Especificaciones técnicas	Facilidad de mantenimiento	Confianza en la fecha de entrega prometida	Total
PUNTUACION	0,3	0,15	0,3	0,15	0,1	1
Normalab	5	1	5	3	1	3,7
eie Instruments	5	1	5	3	1	3,7
Linetronic technologies	5	5	5	5	5	5
Aalytical	5	5	5	5	5	5
Grupo syz	5	5	5	5	5	5
Provetecmar s.a	5	5	5	5	5	5
Stanhope Seta	4	5	5	5	5	4,7

Tabla 25

puntuación del set más la placa

Ítem	Precio	Servicio post venta	Especificaciones técnicas	Facilidad de mantenimiento	Confianza en la fecha de entrega prometida	Total
PUNTUACION	0,3	0,15	0,3	0,15	0,1	1
Chongqing Blossom Machinery Equipment	4	1	4	3	1	3,1
Huazheng electric manufacturing	5	1	4	3	1	3,4
U-therm international	4	1	4	3	1	3,1
Grupo syz	4	5	4	5	5	4,4
Chongqing top oil purifier	5	1	4	3	1	3,4
Normalab	4	1	4	3	1	3,1
Linetronic Technologies	4	5	4	5	5	4,4
Stanhope seta	4	5	4	5	5	4,4

4.4.2 Resultados

Por su alta calificación con respecto a sus pares, se concluye que las candidatas para la selección son las empresas enlistadas a continuación:

- Linetronic technologies
- Ayalytical
- Grupo syz
- Provetecmar s.a

Siendo la universidad industrial de Santander un ente público se deja al criterio de está el proveedor más adecuado, evidentemente se recomiendan las enlistadas anteriormente, en otras palabras, las empresas que cumplen todos los requerimientos para adquirir el equipo.

4.5. Costo y Proveedores Filtración por Membrana ASTM D-4807

Haciendo mención en el apartado de comparación entre las diferentes normas técnicas presentes en este trabajo, en esta sección se expone grosso modo proveedores que fueron contactados y respondieron con sus respectivas solicitudes por el equipo e instrumentación usada para la implementación del protocolo guía para la determinación de contenido de sedimentos solido en petróleo crudo por Filtración de Membrana ASTM D-4807.

Se recuerda la no selección de este protocolo como caso estudio, por su nula demanda en el mercado nacional; haciendo de su implementación algo irracional por ser no lucrativa desde el punto de vista comercial/económico y ciertamente un sin sentido en el ámbito académico ya que no ubicaría a la escuela de ingeniería de petróleos a la vanguardia de los laboratorios con capacidad para determinar contenido de sedimentos solidos en petróleo crudo.

En la tabla que se presenta a continuación, se muestran diferentes proveedores todos ellos internacionales, algunos de ellos cuentan con filiales en la región, pero se logra evidenciar una baja oferta de este tipo de equipos e instrumentos para el desarrollo del mencionado estándar técnico. Posiblemente se debe a la poca o nula demanda de los actores presentes en la industria de los hidrocarburos de la región.

Tabla 26

Proveedores con sus respectivos costos de equipos y envió

PROVEEDOR	PAÍS	COSTO	ENVÍO	COSTO TOTAL
Liaoning Huake Petroleum Aparatus Ltd.	CHINA	\$ 4.920.000	\$ 1.230.000,00	\$ 6.150.000
TAMSON Instruments	NEDERLAND	\$ 47.970.000	\$ -	\$ 47.970.000
Labotronics Ltd	REINO UNIDO	\$ 13.407.000	\$ 3.500.000	\$ 16.907.000

Todas las cotizaciones se realizaron con una TRM (tasa representativa de mercado para la fecha de 24 de junio del 2022) de 4100 COP para expresar los valores en pesos colombianos, además, es importante mencionar que las cotizaciones solicitadas a los proveedores de la tabla 26 se realizaron en primer lugar por contar con todos los equipos e instrumentos necesarios en uno solo. Es decir, un aparato que permite determinar el contenido de sedimentos solidos en petróleo crudo basándose y avalado por la norma estándar ASTM D-4807.

La razón principal, es su facilidad en la obtención de todos los equipos e instrumentos en uno solo y por encima de esta, la enorme diferencia económica que resulta de evitar comprar el equipo parte a parte, ya que muchos de sus instrumentos son de elevada precisión como la balanza analítica. Finalmente se aclara que la presente sección busca demostrar los valores tomados para la comparación entre métodos para la determinación de sedimentos solidos en petróleo crudo; y que al ser el Método de Extracción ASTM D-473 como norma técnica seleccionada en el presente

trabajo, no se profundiza en su análisis técnico, ni se busca su implementación. Aun así, la Universidad Industrial de Santander esta en todas sus facultades de tomar la decisión que mejor crea conveniente.

5. Análisis financiero

El estudio financiero es la etapa culmen en la evaluación de un proyecto, en el cual se cuantifican y contrastan las inversiones a realizar con los beneficios que se esperan obtener. En esta parte del estudio se presentan los aspectos relacionados con la estructura financiera del proyecto, incluyendo las inversiones requeridas para ponerlo en funcionamiento, los costos de elaboración, venta y financiación, y los ingresos derivados de la prestación del servicio.

Se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

5.1 Presupuesto de inversiones

Es importante mencionar que en la evaluación financiera de un proyecto se contemplan tres etapas: la primera de ellas es la etapa de instalación o ejecución, en la cual se hacen la mayor parte de las inversiones; la segunda es la etapa de operación o funcionamiento, en la cual se generan los costos y se producen los ingresos propios de la prestación del servicio; y la tercera etapa, en la cual el proyecto termina porque no alcanza a generar beneficios, por lo cual se procede a su liquidación. .

Por lo anterior, la construcción de un flujo de caja depende de los eventos financieros previstos en cada etapa del proyecto, por lo cual se tiene que para la fase de ejecución se precisa contemplar inversiones, las cuales suponen salida de dinero. Por otra parte, durante la etapa de

operación se generan gastos derivados del pago de los factores utilizados, pero a su vez, aparecen ingresos provenientes de la venta del servicio. Por último, cuando el proyecto se liquida, se supone que la venta de activos genera algunos ingresos. En base a lo mencionado anteriormente, las inversiones se hacen principalmente durante el período de instalación y se pueden clasificar en inversiones fijas, inversiones diferidas y costos de operación. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704)

5.1.1 Inversiones fijas

Hacen referencia a aquellas que se realizan en bienes tangibles y se utilizan para garantizar la operación del proyecto, además, no son objeto de comercialización y se adquieren para ser usados durante su vida útil.

Para el caso específico de este proyecto, las inversiones fijas son equipos y herramientas necesarias para prestar el servicio, los cuales van perdiendo su valor como consecuencia del uso y por efecto de la obsolescencia, debido al desarrollo tecnológico. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704)

5.1.2 Inversiones diferidas

Son aquellas que se realizan para la puesta en marcha del proyecto; para este caso específico se refiere a los gastos de montaje, puesta en marcha, pago por capacitación y entrenamiento del personal no se tienen en cuenta dado que corre por cuenta de los proveedores. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y

evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704)

5.2 Capital de trabajo

Se refiere a la inversión, en forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, es decir, es la parte de la inversión orientada a financiarlos entre el momento en que se producen los egresos correspondientes a la adquisición de insumos, y llegan los ingresos por la venta del servicio. Para el caso de este proyecto, el capital de trabajo no se contempla, dado que la compra del equipo completo se realiza principalmente por razones académicas. Además, la aplicación de la prueba no requiere inversiones de dinero durante su desarrollo, y las ganancias obtenidas a razón de prestación del servicio a terceros son el valor agregado que presenta el proyecto con el fin de mostrar la factibilidad de implementar la prueba en cuestión. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704).

A continuación, se presenta un cuadro a manera de resumen que permite señalar el monto de cada una de las inversiones, y el momento en que estas se deben realizar.

Tabla 27

Presupuesto de inversiones

INVERSIONES FIJAS	COSTOS
Equipo Solicitado Completo	\$3.567.000
Cabina Extractora de Extracción De Gases	\$12.000.000
El Reactivo Tolueno	\$70.300
INVERSIONES DIFERIDAS	
Gastos de montaje	\$0
Pago por capacitación	\$0
CAPITAL DE TRABAJO	
Activos corrientes	\$0
FLUJO DE INVERSION	\$15.637.000

Nota: Como se expone anteriormente los gastos de montaje y pago por capacitación (entrenamiento del personal) son aquellas inversiones diferidas que se realizan para la puesta en marcha del proyecto; para este caso específico no se tienen en cuenta dado que corren por cuenta de los proveedores por lo cual su valor equivale a 0.

5.3 Costos de producción

Hacen referencia a los costos asociados al periodo de operación, los cuales pueden dividirse en:

5.3.1 Costos de fabricación

Son aquellos que se vinculan directamente con la prestación del servicio. Suelen clasificarse en tres tipos: el primero de ellos son los costos directos, que para el caso de este proyecto incluyen materias primas, como son los necesarios para aplicar la prueba como práctica

académica y materiales o insumos, al igual que los reactivos. El segundo de ellos son los gastos de fabricación, donde se incluyen materiales indirectos como papelería (para entregar informes del servicio) y elementos de protección personal. El tercero son otros gastos, en los cuales se incluye el mantenimiento de los equipos y los servicios como energía y agua. Así como el personal responsable de la practica académica. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704)

5.3.2 Costos de administración

En estos gastos se incluye el sueldo y prestaciones del personal, los seguros e impuestos. Sin embargo, para el caso de este proyecto no se contemplan, dado que el equipo para la prueba específica del Método de extracción ASTM-D 473-81 entraría en el laboratorio como parte del portafolio de servicios, y sería operado por el personal ya contratado. No se hace necesario contar con nuevas personas que estén únicamente enfocadas en dicha prueba. Estos gastos hacen referencia a costos no desembolsables de la universidad. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704)

5.3.3 Costos de ventas

Hace referencia a los gastos por concepto de comercialización y distribución, sin embargo, en los alcances del presente proyecto no se contemplan, dado que no se pretende contratar personal especial para vender el servicio, pero se puede hacer algún tipo de publicidad a las empresas interesadas en realizar esta prueba. La idea es incluirlo en el portafolio de servicios prestados por

la escuela con el fin de darlo a conocer a los interesados. a continuación, se presenta un cuadro a manera de resumen que permite señalar los costos de producción aplicados a la prueba:

Tabla 28

Costos de producción

COSTOS DE FABRICACION	
Costos directos	
Petróleo crudo	\$0
Insumos (titulación)	
Tolueno	\$70.300
Gastos de fabricación	
Papelería	\$11.950
Elementos de protección personal	
Gafas	\$4.700
Guantes	\$24.000
Costos de ventas	
Comercialización y distribución	\$0
Costo de administración	
Sueldos y prestaciones	\$0
Total, costos de operación	\$110.950

Nota: Según el protocolo de la EIP en cuanto a los elementos de protección personal estos se deben cambiar periódicamente por lo que se puede afirmar que se usan una vez por cada laboratorio realizado, es decir cada día se realizan dos de estos.

Cabe resaltar que los valores presentados en la anterior tabla fueron consultados a través de internet para productos comercializados a la fecha del 15 de septiembre, con el fin de dar un estimado del total de los costos de operación. Los costos totales por concepto de inversiones y producción se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 29

Costos totales de inversión y producción

COSTO	VALOR
Inversiones	\$15.637.000
Costos de producción	\$110.950
Total	\$15.747.950

Nota: Cabe destacar que el costo de producción refiere al costo total de realizar una sola prueba por este método, además el valor de las inversiones corresponde a la suma de las inversiones fijas que se encuentran enunciadas en la tabla 27 llamada Presupuesto de inversiones.

5.4 Ingresos por prestación de servicio

Dada la incertidumbre que se tiene de conocer el comportamiento de los mercados a futuro, en esta parte del estudio se plantean tres posibles escenarios, a través de los cuales se busca ver de manera más clara a quiénes y cómo se les prestaría el servicio para la prueba específica del Método de extracción ASTM-D 473-22 entraría en el laboratorio de fluidos por parte de la EIP. El primer escenario planteado es el académico, que como su nombre lo indica, está enfocado netamente al aprendizaje y adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes acerca de la prueba específica del Método de extracción ASTM-D 473-22 (el cual es el objetivo central del presente proyecto). Este escenario es el más importante, dado que se basa en la cantidad de estudiantes matriculados en la materia propiedades de los fluidos y en los posibles investigadores/tesistas que

requieran resultados confiables, quienes serían los demandantes del servicio siendo su costo y beneficio en funciones misionales del programa.

El segundo escenario es el comercial, en el cual no solo se utilizan los equipos para fines académicos, sino que se plantea también la venta del servicio de determinación a empresas externas (listadas anteriormente). Este escenario se basa en la información recopilada acerca de las pruebas que realizan actualmente las empresas de laboratorios en Colombia, donde está reglamentada la prueba específica de laboratorio, teniendo así un indicador de calidad de estos. Así pues, se establece que el mercado puede crearse y estimularse, de tal forma que las empresas privadas y públicas reconozcan la importancia de este parámetro y soliciten realizar la prueba en la UIS.

A continuación, se presentan las estimaciones en cuanto a demanda del servicio en cada uno de los escenarios para el período de un año.

Tabla 30

Escenario académico

DEMANDA	SUB- EQUIPOS DE ESTUDIANTES	TOTAL
Cantidad de pruebas requeridas	10	10

Para el escenario académico, se toma en cuenta que cada semestre se matricula en promedio 10 pruebas dentro del curso propiedades de los fluidos, ya que los participantes en el laboratorio de fluidos se dividen en 10 subgrupos de estudiantes. Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere

realizar 1 prueba por grupo, es decir, 10 pruebas por semestre, que al año serían 20 pruebas realizadas.

El costo de realizar las 20 pruebas teniendo en cuenta el precio unitario de la prueba (\$161.096) en el período de un año sería de \$3.221.920.

Ahora bien, Se plantean dos consideraciones importantes en el escenario comercial:

- 1) Al menos 6 de las empresas consultadas requerirán los servicios de determinación de sedimentos en petróleo crudo y contratarán con la UIS para la obtención del servicio en el laboratorio de la EIP.
- 2) Para cada empresa se vende al menos un servicio mensual; el año tiene doce meses por lo que es lógico pensar que serán 12 servicios al año por entidad.

Empresas que requerirán el servicio = 6

Servicios anuales requeridos = 12

$6 \cdot 12 = 72$

Pruebas realizadas al año = 72

Así pues, serán 36 pruebas cada semestre

Tabla 31

Escenario comercial

DEMANDA	ACADEMIA	LABORATORIO	TOTAL
Cantidad de pruebas requeridas	10	36	46

En el escenario comercial se tienen en cuenta las consideraciones del escenario académico, y además se contempla la prestación del servicio de la prueba a empresas de laboratorios en

Colombia, las cuales fueron identificadas en un sondeo anterior. Se plantean tres consideraciones importantes en este escenario:

- Las empresas interesadas requerirán los servicios de determinación de la prueba específica del Método de extracción ASTM-D 473-22 y contratarán con la UIS.
- Para todas las empresas interesadas se venden al menos 12 servicios al año por entidad (en total).
- La prueba específica del Método de extracción ASTM-D 473-22 tendrá cobertura en todo Colombia,

En resumen, 46 pruebas se realizarán con frecuencia semestral, de las cuales 10 corresponden a la academia y 36 a las entidades externas que contratarán el servicio prestado por la UIS. Dicho esto, y al multiplicar el número de pruebas semestrales por dos, se tendría un total de 92 pruebas anuales. Cuyo costo total equivale a \$14.820.832.

5.5 Indicadores de evaluación financiera

El VPN incorpora el valor del dinero en determinado tiempo de flujos de efectivo netos de un negocio o proyecto. El objetivo del valor presente neto es realizar las comparaciones entre los periodos en los que el proyecto o negocio tuvo diferentes flujos de efectivo para determinar si conviene o no invertir en él. Consiste en restar la cantidad invertida inicialmente con el valor presente de los flujos que se esperan recibir en diferentes periodos del futuro. Así, podremos obtener una previsión incluso a medio-largo plazo. (MIRANDA MIRANDA, Juan José. Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición. MM editores, 204. p.198. ISBN 9789589622704)

En esta sección se evalúan tres de los escenarios planteados anteriormente para un período de tiempo de 5 a 10 años posterior a la inversión inicial, con el fin de conocer cuál sería la viabilidad económica de llevar a cabo el presente proyecto.

A nivel de prefactibilidad se utiliza el indicador de Valor Presente Neto (VPN) para realizar la evaluación financiera del proyecto. El uso de dicho indicador le permite a la universidad, que en este caso actúa como inversionista del proyecto, evaluar el porcentaje de recuperación para los períodos de tiempo seleccionados posteriormente. El cálculo del VPN se realiza a través de la siguiente Ecuación

$$VPN = -P + \frac{FEn}{(1+i)^1} + \frac{FEn}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FEn}{(1+i)^n} \quad (7)$$

Donde:

FEn: flujo neto de efectivo en el período n

P: inversión inicial en el año cero

I: tasa mínima aceptable de rendimiento

De acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo del VPN se establece que:

- Si $VPN < 0$, no es rentable invertir el proyecto, no se alcanzaría la tasa mínima de rendimiento esperada.
- Si $VPN = 0$, el inversionista puede elegir si es conveniente o no invertir en el proyecto.
- Si $VPN > 0$, el inversionista obtendría ingresos por encima de la tasa mínima de rendimiento.

A continuación, se presenta la evaluación de los posibles escenarios comerciales, dado que el escenario académico representa el caso base, que es netamente con fines estudiantiles y no económicos.

6.5.1 Cálculos Valores VPN

Cálculo Escenario Optimista

Este caso se refiere a si pagaran el equipo en 5 años

$$= - 15637000 + \frac{3705208}{(1+0,05)} + \frac{3705208}{(1+0,05)^2} + \frac{3705208}{(1+0,05)^3} + \frac{3705208}{(1+0,05)^4} + \frac{3705208}{(1+0,05)^5}$$

$$\approx 0$$

Cálculo Escenario Regular

Este caso se refiere a si pagaran el equipo en 7 años

$$= - 15637000 + \frac{2738632}{(1+0,05)} + \frac{2738632}{(1+0,05)^2} + \frac{2738632}{(1+0,05)^3} + \frac{2738632}{(1+0,05)^4} + \frac{2738632}{(1+0,05)^5} + \frac{2738632}{(1+0,05)^6} + \frac{2738632}{(1+0,05)^7}$$

$$\approx 0$$

Cálculo Escenario Pesimista

Este caso se refiere a si pagaran el equipo en 10 años

$$= - 15637000 + \frac{2094248}{(1+0,05)} + \frac{2094248}{(1+0,05)^2} + \frac{2094248}{(1+0,05)^3} + \frac{2094248}{(1+0,05)^4} + \frac{2094248}{(1+0,05)^5} + \frac{2094248}{(1+0,05)^6} + \frac{2094248}{(1+0,05)^7} + \dots$$

$$\dots + \frac{2094248}{(1+0,05)^8} + \frac{2094248}{(1+0,05)^9} + \frac{2094248}{(1+0,05)^{10}}$$

≈ 0

Tabla 32

VPN - Escenario comercial

ESCENARIO	TIEMPO	VPN	CANTIDAD DE PRUEBAS ANUALES	VALOR ANUAL
Optimista	5 años	0	23	\$3.705.208
Regular	7 años	0	17	\$2.738.632
Pesimista	10 años	0	13	\$2.094.248

Nota: El valor anual esta dado en pesos colombianos.

5.6 Método para el análisis financiero

Se comenzó estableciendo tres escenarios posibles los cuales son: optimista, regular y pesimista. Cada uno de estos propone un tiempo anual correspondiente los cuales empiezan de 5 años, 7 años y 10 años respectivamente.

En el primer escenario, el más beneficioso y considerando que esté tenga un gran impacto de forma positiva para la comunidad científica, se tiene que realizar un mínimo de 23 pruebas a lo largo del año para recuperar la inversión inicial, lo cual generaría lucro después del año 5.

En el segundo escenario a mediano plazo y considerando que esté tenga un impacto promedio de forma positiva para la comunidad científica, se tiene que realizar un mínimo de 17 pruebas a lo largo del año para recuperar la inversión inicial. Así se concluye la necesidad de un plazo de 7 años para recuperar el capital invertido.

En el tercer escenario menos optimista y considerando que este tenga un impacto por debajo de lo mínimo esperado para la comunidad científica, se tiene que realizar un número de 13 pruebas a lo largo del año para recuperar la inversión inicial, teniendo como resultado un lucro después del año 10.

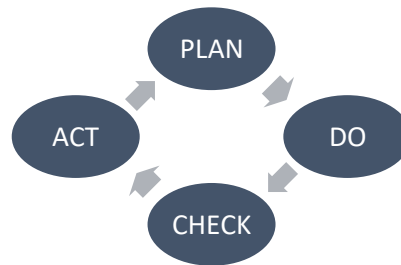
6. Sistema de gestión

Los SGC (Sistema de Gestión de Calidad) agrupan normas y estándares internacionales que se relacionan entre sí para poder alcanzar la calidad de un producto o servicio. Los estándares internacionales contribuyen a facilitar la vida y a incrementar la efectividad de los productos y servicios que se usan diariamente, además de servir de punto de referencia para medir o valorar la calidad del producto o servicio y asegurar que sean los adecuados para sus determinados propósitos. (Rojas Rojas, 2014).

Consecuentemente, en este capítulo se documentan los lineamientos requeridos y considerados para ejecutar el Sistema de Gestión de Calidad, basados en la norma NTC – ISO/IEC 17025, para ensayos de laboratorio, con el propósito de garantizar la calidad y la veracidad de sus resultados. Cabe resaltar que el SGC usa como estrategia el ciclo Deming “Planificar, Hacer, Verificar, Actuar”, el cual es uno de los pilares fundamentales en la resolución de problemas asociados con la calidad. (Deming, 1982)

Figura 12

Diagrama representativo del Ciclo Deming.

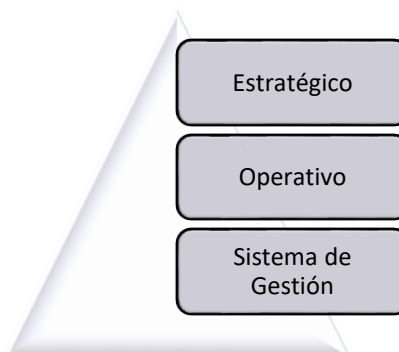


En síntesis, el modelo plantea que las mejoras de calidad solo serán continuas y efectivas si las mejoras comienzan con un buen plan (Plan, Planificar en español). Luego de una buena planificación se deben realizar las actividades necesarias para lograr el plan (Do, Hacer en español). Una vez realizadas las diversas actividades y acciones que conforman la etapa Hacer, viene la etapa de verificación, donde los resultados deben comprobarse (Check, Verificar en español). Finalmente se toman acciones correctivas, preventivas o de mejora para optimizar continuamente el desarrollo de procesos, etapa de Actuar (Act, Actuar en español).

El sistema de gestión cuenta con tres pilares fundamentales, expuestos en el siguiente esquema.

Figura 13

Diagrama pilares fundamentales del sistema de gestión.



En el componente estratégico, se brinda una guía de acción para garantizar que el personal y los miembros de una organización se encaminen hacia los mismos objetivos, razón por la cual

capta el panorama general y otorga una visión y misión a diferentes plazos; Además, incluye en su haber una política de gestión, establece una planificación para lograr objetivos y el cómo medirá su éxito con el logro de sus objetivos.

El apartado operativo permite a las entidades o instituciones identificar parámetros claves para su operativa, como lo son la identificación de impactos ambientales, riesgos, peligros y oportunidades en el SST o de requisitos legales, incluso relacionados al cliente. Finalmente, en el sistema gestión, se determina su alcance, se establece el enfoque y caracterización del proceso. Es importante realizar constantemente una identificación de riesgos y oportunidades a mejorar.

Por todo lo anterior, se establece que la implementación de un SGC sitúa a la Universidad Industrial de Santander (UIS) dentro de selectas entidades prestadoras de algún servicio o producto en específico que cumplen con todos los parámetros y pautas para asegurar confiabilidad, calidad y eficacia en todos los procesos atribuidos a la misma; Además el proceso de acreditación le permite a la UIS obtener por parte de un organismo con autoridad, el reconocimiento de tener la competencia técnica necesaria para cumplir sus determinadas labores. Es importante mencionar que el proceso de acreditación requiere una considerable inversión económica y un periodo prolongado de tiempo.

6.1 Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), es el organismo nacional de normalización de Colombia. Entre sus labores se destaca la reproducción de normas técnicas y la

certificación de normas de calidad para empresas y actividades profesionales. ICONTEC es el representante de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), en Colombia.

6.1.1 Antecedentes

La ISO 17025 tiene en cuenta el muestreo y que los métodos de ensayo pueden ser no normalizados o bien pueden estar desarrollados por el propio laboratorio. Por otra parte, establece que algunas cláusulas no serán aplicables a todos los laboratorios, en concreto aquellas relacionadas con actividades que el laboratorio no lleve a cabo, como por ejemplo el muestreo o el desarrollo de nuevos métodos.

6.1.2 Objetivo

Su principal objetivo es promover la confianza en la operación de los laboratorios. En la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 se especifican los requisitos generales para la competencia, la imparcialidad y la operación coherente de los laboratorios, además todas las entidades de acreditación, autoridades reglamentarias y otros utilizan esta normativa para dar el aval o reconocer la competencia de los laboratorios a calificar (ICONTEC, 2017).

6.1.3 Requisitos para la acreditación de alta calidad

La norma ISO 17025 contiene 302 requisitos que deben cumplir los laboratorios para la validación de las buenas prácticas de laboratorio, dentro de los cuales destacan cinco componentes que corresponden a: requisitos generales, requisitos relativos a la estructura, requisitos relativos a los recursos, requisitos del proceso y requisitos del sistema de gestión.

Tabla 33

Distribución de los requisitos norma NTC ISO/IEC 17025:2017

Requisitos Generales	<ul style="list-style-type: none"> - Imparcialidad - Confidencialidad
Requisitos Relativos a La Estructura	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura legal - Roles y cargos
Requisitos Relativos a Los Recursos	<ul style="list-style-type: none"> - Personal - Instalaciones y condiciones ambientales - Equipamiento - Trazabilidad Metrológica - Productos y suministros suministrados externamente
Requisitos del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de solicitudes ofertas y contratos - Selección, verificación y validación de métodos - Muestreo - Manipulación de los ítems de ensayo o calibración - Evaluación de la incertidumbre de la medición - Aseguramiento de la validez de los resultados - Informe de resultados - Quejas - Trabajo no conforme - Control de los datos y la gestión
Requisitos Sistema De Gestión	<ul style="list-style-type: none"> - Opción A: Requisitos de gestión - Opción B: ISO 9001

Nota: En la anterior tabla se muestran los cinco componentes en los que se divide la norma y a su vez, los temas que conforman a cada uno. Fuente. Autor Basado en Norma NTC ISO/IEC 17025:2017

6.1.3.1 Requisitos Generales

Imparcialidad: Los laboratorios de ensayo/calibración realizan actividades de evaluación de la conformidad de manera imparcial, se toman medidas para asegurar que la dirección

y el personal están libres de cualquier presión o influencia indebida, interna o externa, comercial, financiera o de otro tipo, que pueda perjudicar la calidad de su trabajo. Debe identificarse y evaluar el riesgo que se produzca.

Confidencialidad: Los laboratorios de ensayo y calibración deben contar con personal comprometido con velar por la protección de la información confidencial y de derechos de propiedad de sus clientes. Entre otros puntos debe:

- Comunicar al cliente la información a publicar.
- Notificar al cliente cuando la información es requerida por ley.
- Responsable de la gestión de la información (Acuerdos legalmente ejecutables)

6.1.3.2 Requisitos Relativos A La Estructura

En este numeral la norma hace referencia a la organización del laboratorio y a su relación con las partes interesadas. Entre otras cosas el laboratorio debe tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar personal de dirección que tiene la responsabilidad general
- El laboratorio debe hacer parte de una entidad que se considere legalmente responsable.
- Definir y documentar el alcance del SGC
- Cumplimiento de la norma, de las autoridades reglamentarias y de las organizaciones que otorgan reconocimiento.

6.1.3.3 Requisitos Relativos A Los Recursos

De acuerdo con la norma especificada, los requerimientos de recurso hacen referencia al personal, instalaciones, equipos y trazabilidad de mediciones que permiten el buen funcionamiento del laboratorio y en consecuencia la obtención de resultados confiables.

Generalidades: Los laboratorios de ensayo y calibración tienen el personal, las instalaciones, el equipamiento, los sistemas y servicios de apoyo para gestionar y realizar las actividades.

Personal

- El personal actúa de manera imparcial, es competente y trabaja de acuerdo con el sistema integral de gestión.
- Los requisitos de competencia se establecen en el instructivo de actividades y responsabilidades para cada laboratorio.
- La dirección comunica al personal las tareas y responsabilidades a través de un instructivo de Actividades y Responsabilidades para su cargo, la autorización para actividades puntuales de los laboratorios de ensayo y calibración y mediante las reuniones al interior del laboratorio.

Instalaciones y Condiciones Ambientales: Las instalaciones y las condiciones ambientales deben ser adecuadas y no deben afectar adversamente la validez de los resultados, para ello se debe tener en cuenta que:

- Se deben documentar los requisitos para las instalaciones y las condiciones ambientales.
- El laboratorio debe realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales.
- Deben implementar, realizar el seguimiento de y revisar periódicamente las medidas para controlar las instalaciones.

- Cuando el laboratorio realiza actividades de laboratorio en sitios o instalaciones que están fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos.

Equipamiento: El laboratorio debe tener acceso al equipamiento incluidos, pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles y aparatos auxiliares. También se debe tener en cuenta que:

- Equipos fuera de control permanente, debe asegurarse que cumplan requisitos.
- Se deben verificar antes de su uso.
- El equipo usado debe ser capaz de lograr la exactitud y/o incertidumbre, requeridas para proporcionar un resultado válido.
- El equipo de medición debe ser calibrado cuando se afecten la validez de los resultados y para establecer trazabilidad de los resultados.
- Los equipos que requieran calibración se deben etiquetar, codificar e identificar de alguna manera.

Trazabilidad Metrológica: El laboratorio debe establecer y mantener la trazabilidad metrológica de los resultados de sus mediciones por medio de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición, vinculándolos con la referencia apropiada.

El laboratorio debe asegurarse de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Cuando la trazabilidad metrológica de unidades del SI no sea técnicamente posible, el laboratorio debe demostrar trazabilidad metrológica a una referencia apropiada, como, por ejemplo:

- Valores de materiales de referencia certificados proporcionado por proveedor competente.
- Resultados de procedimientos de referencia, métodos especificados o normas de consenso que están descritos y son aceptados, en el sentido que proporciona resultados de medición adecuados para su uso previsto y asegurado mediante comparación directa.

Productos y Servicios Suministrados Externamente: El laboratorio debe asegurarse de que los productos y servicios suministrados externamente, que afectan a las actividades del laboratorio, sean adecuados y utilizados únicamente cuando estos productos y servicios

- Están previstos para la incorporación a las actividades propias de laboratorio
- Se suministran, parcial o totalmente, directamente al cliente por el laboratorio, como se reciben del proveedor externo
- Se utilizan para apoyar la operación del laboratorio.

El laboratorio debe contar con un procedimiento y conservar registros para:

- Definir, revisar y aprobar los requisitos del laboratorio
- Definir los criterios para la evaluación, selección, seguimiento del desempeño y reevaluación de los proveedores externos
- Asegurar que los productos y servicios suministrados externamente cumplen los requisitos establecidos emprender cualquier acción

El laboratorio debe comunicar a los proveedores externos sus requisitos para:

- Los productos y servicios que se van a suministrar
- Los criterios de aceptación
- La competencia, incluyendo cualquier calificación requerida del personal
- Las actividades que el laboratorio o sus clientes pretendan llevar a cabo en las instalaciones del proveedor externo

6.1.3.4 Requisitos Del Proceso

La norma se refiere en este numeral, a los requerimientos en cuanto a la revisión de contratos, a la selección de los métodos y a su debida verificación y/o validación, al método en que se van a realizar los muestreos, los registros técnicos que se irán a implementar, a la incertidumbre del método, al aseguramiento de la calidad de los resultados y el reporte de los mismos y al manejo de los trabajos no conforme, es decir las principales actividades del proceso y como asegurar que los resultados entregados sean confiables y verídicos.

Revisión de Solicitudes, Ofertas y Contratos: Un procedimiento que asegure:

- Los requisitos se definan, documenten y comprendan.
- El laboratorio cuente con la capacidad y recursos para cumplir los requisitos.
- Proveedores externos; Requisitos, informar al cliente y aprobación por parte de él.
- Seleccionar métodos adecuados que sean capaces de cumplir los requisitos del cliente.

Se debe informar al cliente todo lo relacionado con su solicitud y/o contratos.

Selección, Verificación, y Validación de Métodos: El laboratorio debe usar métodos y procedimientos apropiados para todas las actividades de laboratorio y, cuando sea

apropiado, para la evaluación de la incertidumbre de medición, así como también las técnicas estadísticas para el análisis de datos. NOTA El término "método", como se usa en este documento, se puede considerar como sinónimo del término "procedimiento de medición", tal como se define en la Guía ISO/IEC 99.

En cuanto a la validación de los métodos, la norma establece que:

- El laboratorio debe validar los métodos no normalizados, los métodos desarrollados y los métodos normalizados utilizados fuera de su alcance.
- Cuando se hacen cambios a un método validado, se debe determinar su influencia.
- Las características de desempeño de los métodos validados deben ser pertinentes y coherentes.
- El laboratorio debe conservar los siguientes registros de validación: procedimiento, especificación de requisitos, características de desempeño, resultados y declaración de validez.

Muestreo: El laboratorio debe tener un plan y un método de muestreo cuando se realiza el muestreo de sustancias, materiales o productos para el subsiguiente ensayo o calibración. El método debe considerar los sectores a controlar, para asegurar la validez de los resultados. Este debe estar disponible en el sitio donde se lleva a cabo el muestreo. Siempre que sea razonable, los planes de muestreo deben basarse en métodos estadísticos apropiados. El método de muestreo debe describir:

- La selección de muestras o sitios.
- El plan de muestreo

- La preparación y tratamiento de muestras de una sustancia, material o producto para obtener el ítem requerido para el subsiguiente ensayo o calibración.

Además, el laboratorio debe conservar los registros de los datos de muestreo que forman parte del ensayo o calibración que se realiza.

Manipulación de los Ítems de Ensayo o Calibración: Para cumplir con la norma en este apartado, el laboratorio debe contar con un procedimiento para:

- Transporte
- Recepción
- Manipulación
- Protección
- Almacenamiento
- Conservación
- Disposición y devolución

Además, es importante contar con un sistema para identificar los ítems, otro para registrar las desviaciones y finalmente realizar el seguimiento y registrar las condiciones. El sistema debe asegurar que los ítems no se confundan físicamente o cuando se haga referencia a ellos en registros o en otros documentos.

Registros Técnicos: El laboratorio debe asegurar que los registros técnicos para cada actividad de laboratorio contengan los resultados, el informe y la información suficiente para facilitar, si es posible, la identificación de los factores que afectan al resultado de la medición y su incertidumbre de medición asociada y posibiliten la repetición de la actividad del laboratorio en condiciones lo más cercanas posibles a las originales.

Se deben conservar tanto los datos y archivos originales como los modificados, incluida la fecha de corrección, una indicación de los aspectos corregidos y el personal responsable de las correcciones.

Evaluación de la Incertidumbre de la Medición: Si el laboratorio utiliza un método en particular en el que la incertidumbre de la medición de los resultados se haya establecido y verificado, no se necesita evaluar la incertidumbre de la medición para cada resultado, si el laboratorio puede demostrar que los factores críticos de influencia identificados están bajo control.

Se tendrán en cuenta los siguientes apartados:

- Los laboratorios deben identificar las contribuciones a la incertidumbre de a medición.
- Un laboratorio que realiza calibraciones debe, evaluar la incertidumbre de la medición.
- Un laboratorio que realiza ensayos debe, evaluar la incertidumbre de la medición.

Aseguramiento de la Validez de los Resultados

- Cada laboratorio establece el instructivo para Aseguramiento de la Validez de los Resultados, este seguimiento se planifica y se revisa. Cada laboratorio adoptará el método para hacer seguimiento acorde con sus necesidades
- Los laboratorios hacen seguimiento a su desempeño mediante la participación en ensayos de aptitud o participación en comparaciones Inter laboratorio diferentes a ensayos de aptitud cuando estén disponibles y sean apropiados.

- Los datos de estas actividades de seguimiento se analizan y se toman las acciones pertinentes de acuerdo con el resultado de dicho análisis.

Informe de Resultados: Los resultados se deben presentar de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva, usualmente en un informe, y deben incluir toda la información acordada con el cliente y la necesaria para la interpretación de los resultados y toda la información exigida en el método utilizado. Todos los informes emitidos se deben conservar como registros técnicos.

Además, el laboratorio debe ser responsable de toda la información suministrada en el informe, debe incluir un descargo de responsabilidad y debe indicar que los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió. Existen requisitos específicos para laboratorios de ensayo, muestreo o calibración, se invita revisar estos requisitos dentro de la norma.

Es importante hacer mención del informar sobre la declaración de conformidad, en la cual se aplica a los resultados, al cumplimiento o no, de las especificaciones y por último a la regla de decisión aplicada.

Finalmente se estipula que cualquier información no suministrada en el informe debe estar fácilmente disponible para el cliente.

Quejas

- El laboratorio debe contar con un proceso documentado para recibir, evaluar y tomar decisiones acerca de las quejas.
- Debe estar disponible una descripción del proceso de tratamiento de quejas para cuando lo solicite cualquier parte interesada. Al recibir la queja, el laboratorio debe

confirmar si dicha queja se relaciona con las actividades de laboratorio de las que es responsable, y en caso afirmativo, tratarlas. El laboratorio debe ser responsable de todas las decisiones a todos los niveles del proceso de tratamiento de quejas.

Trabajo no Conforme: Cuando los resultados de este trabajo no estén conformes con los procedimientos o los requisitos técnicos relacionados con el cliente, se debe establecer el procedimiento para trabajo no conforme para los laboratorios.

Finalmente se sugiere conservar registros de las acciones, e implementar acciones correctivas para evitar que el trabajo no conforme vuelva a ocurrir o existan dudas en el cumplimiento del laboratorio con su propio sistema de gestión.

Control de los Datos y Gestión de la Información: El laboratorio debe tener acceso a los datos y a la información necesaria para llevar a cabo las actividades de laboratorio. Además, los sistemas de gestión de la información del laboratorio utilizados para recopilar, procesar, registrar, informar, almacenar o recuperar datos se deben validar en cuanto a su funcionalidad, incluido el funcionamiento apropiado de las interfaces dentro de los sistemas de gestión de la información del laboratorio, por parte del laboratorio antes de su introducción. Siempre que haya cualquier cambio, incluida la configuración del software del laboratorio o modificaciones al software comercial listo para su uso, se debe autorizar, documentar y validar antes de su implementación.

El sistema de gestión de la información del laboratorio debe:

- Estar protegido contra acceso no autorizado
- Estar salvaguardado contra manipulación indebida y pérdida

- Ser operado en un ambiente que cumpla con las especificaciones del proveedor o del laboratorio o, en caso de sistemas no informáticos, que proporcione condiciones que salvaguarden la exactitud del registro y transcripción manuales.
- Ser mantenido de manera que se asegure la integridad de los datos y de la información.
- Incluir el registro de los fallos del sistema y el registro de las acciones inmediatas y correctivas apropiadas.

Finalmente se debe asegurar que el proveedor cumpla con los requisitos, que las instrucciones, manuales y datos de referencia estén disponibles. Nota: Los cálculos y transferencias de datos se deben comprobar de una manera apropiada y sistemática.

6.1.3.5 Requisitos De Gestión

Este capítulo completo es nuevo en comparación con la versión del 2005, en este apartado se establecen dos opciones:

- Opción A: Cumplir lo establecido con todos los numerales del capítulo 8 (*Requisitos de Gestión de la presente NTC ISO/IEC 17025:2017*).
- Opción B: Establecer y mantener un sistema de gestión de acuerdo con los requisitos de la ISO 9001 y que sea capaz y demostrar el cumplimiento coherente con los requisitos de los capítulos 4 al 7 (*de la presente NTC ISO/IEC 17025:2017*).

Como se establece anteriormente en el título del capítulo del presente proyecto, el sistema de gestión de calidad que se quiere debe estar bajo los lineamientos del NTC ISO/IEC

17025:2017, por lo tanto, tendremos en cuenta la opción A. Siguiendo el hilo, a continuación, se resume la opción seleccionada.

Documentación del Sistema de Gestión

- Establecer, documentar y mantener políticas y objetivos.
- Suministrar evidencia en cuanto al compromiso, desarrollo, implementación y mejora continua de su eficacia.
- Las políticas y objetivos deben abordar la competencia, la imparcialidad y la operación coherente.
- Toda la documentación, procesos, sistemas, registros se deben incluir referenciar o vincular al sistema de gestión.
- Todo el personal debe tener acceso a la documentación y a la información aplicable a sus responsabilidades.

Control de Documentos del Sistema de Gestión

- El laboratorio debe controlar los documentos internos y externos.
- El laboratorio debe asegurarse de que los documentos se aprueben; se revisen periódicamente; se actualicen; se identifiquen cambios; se identifique el estado de revisión; que las versiones pertinentes estén disponibles y se controlen su distribución; que los documentos estén identificados inequívocamente; Se previene el uso no intencionado de los documentos obsoletos.

Control de Requisitos

- El laboratorio debe establecer y conservar registros legibles.

- El laboratorio debe implementar los controles para identificación, almacenamiento, protección, copia de seguridad, archivo, recuperación, tiempos de conversación, disposición.

Acciones para Abordar Riesgos y Oportunidades: El requisito es completamente nuevo y reemplaza el concepto de acciones preventivas, entre ellas tenemos:

- El laboratorio debe considerar los riesgos y las oportunidades para lograr resultados previstos, el propósito, los objetivos, prevenir o reducir impactos y la mejora.
- El laboratorio debe planificar las acciones para abordar riesgos, oportunidades, integrar e implementar estas acciones y de evaluar la eficacia.
- Las acciones deben ser proporcionales al impacto potencial sobre la validez de los resultados.

Mejora

- Identificar y seleccionar oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria.
- Buscar la retroalimentación, tanto positiva como negativa, de sus clientes y analizarlas.

Acciones Correctivas

- Cuando ocurre una no conformidad el laboratorio debe reaccionar a la no conformidad, según sea aplicable; Evaluar la necesidad de acciones para eliminar la no conformidad, con el fin de que no vuelva a ocurrir, ni que ocurra en otra parte; implementar cualquier acción necesaria; revisar la eficacia de cualquier acción correctiva tomada; si fuera necesario, actualizar los riesgos y las oportunidades

determinados durante la planificación; si fuera necesario, realizar cambios al sistema de gestión.

- Las acciones correctivas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas
- El laboratorio debe conservar registros como evidencia de la naturaleza de las no conformidades, las causas y cualquier acción tomada posteriormente; de los resultados de cualquier acción correctiva.

Auditorías Internas: El requisito es más flexible, ahora se realizan a intervalos planificados, se elimina la nota que indicaba una frecuencia anual, además, se incluye la relevancia de las actividades a auditar, los cambios en el laboratorio y los resultados de auditorías previas. Entre sus apartados tenemos:

- Llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para verificar el SGC.
- El laboratorio debe planificar, establecer, mantener e implementar un programa de auditoría; definir criterios y alcance; asegurarse que los resultados se informan; implementar las correcciones y las acciones correctivas, sin demora indebida; Finalmente conservar los registros.

Revisiones por la Dirección: Se incluye la retroalimentación del personal y se detallan los resultados de la revisión. Entre otros apartados tenemos:

- Revisar el sistema de gestión a intervalos planificados

Recordemos que las revisiones son de gran importancia para la competitividad y el asegurar la eficacia del sistema de gestión de calidad.

6.2 Proceso de Acreditación

La acreditación es un proceso por el cual una entidad u organización de carácter público o privado, es capaz de medir la calidad de sus productos y/o servicios, además de medir el rendimiento de estos mismos frente a estándares nacionales o internacionales que son reconocidos públicamente. La acreditación es una actividad que, junto a la metrología y la normalización, desempeña un rol fundamental, para proteger los intereses de los consumidores en términos de seguridad y calidad.

La ONAC cumple con las actividades del Organismo Nacional de Acreditación en Colombia desde el 2008, también es una de las instituciones de la infraestructura nacional de calidad, que en nuestro país se denomina SICAL (Subsistema Nacional de la Calidad). SICAL es la articulación de un conjunto de instituciones públicas y privadas, que desempeñan actividades orientadas a asegurar que los bienes y servicios que se producen y circulan en el territorio nacional cumplan con requisitos de seguridad y calidad contenidos en estándares internacionales.

La ONAC tiene como objeto principal proveer los servicios de acreditación a los Organismos de Evaluación de la Conformidad (OEC) para acreditar su competencia, ejercer como autoridad de monitoreo en buenas prácticas de laboratorio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y desempeñar las funciones de Organismo Nacional de Acreditación de Colombia. Entre otras funciones la ONAC debe proveer sus servicios en condiciones no discriminatorias, asegurar la idoneidad del personal involucrado en sus actividades y obtener y mantener el reconocimiento internacional a través de la evaluación de sus actividades por parte de pares internacionales.

El servicio de acreditación abre oportunidades a los OEC y los productores que éstos certifican para demostrar la calidad de sus productos y servicios e, incluso, competir en mercados internacionales.

Acto seguido, se presentan los aspectos necesarios que la Escuela de Ingeniería de Petróleos como representante de la UIS, debe considerar para incluir dentro de su portafolio de servicios el estándar técnico ASTM D 473 como protocolo acreditado por parte de la ONAC.

6.2.1 Alcance de la Acreditación

Vale la pena mencionar que se deben contextualizar de forma clara, concisa y sin imprecisiones los objetivos del proceso de acreditación, de tal manera que proporcionen, tanto al cliente del OEC acreditado como a las demás partes interesadas, una información concreta y delimitada en torno a la competencia técnica demostrada. De la misma manera, el OEC deberá proponer el alcance para el cual solicita ser acreditado, el cual será examinado y de ser necesario ajustado o modificado por el ONAC.

El alcance de la acreditación se definirá en base a:

- El Objetivo de la Evaluación de la Conformidad (OEC).
- El tipo de Organismo de Evaluación de la Conformidad.
- Los documentos normativos con los que se realiza la evaluación de la conformidad ya sean normas nacionales e internacionales o reglamentos técnicos, u otros documentos validados.
- Sectores económicos o industriales o de disciplina técnica de ensayo o calibración aplicables.
- Tipos o sistemas de certificación, cuando sea el caso.

- Sitios donde se realizan las actividades de evaluación de la conformidad.

6.2.2 Criterios de Acreditación

Se establecen como aquellos requerimientos que debe cumplir cada uno de los organismos de evaluación de la conformidad (OEC), para ser acreditados por el ONAC. Estos criterios serán de orden general o de orden específico dependiendo de si son propias de las organizaciones o son complemento de aplicación específicos para un sector o actividad de evaluación de la conformidad respectivamente

Tabla 34

Esquemas de acreditación por parte de la ONAC

NORMA	ORGANISMO DE EVALUACION DE CONFORMIDAD	SIGLAS
ISO/IEC 17025	Laboratorios de Ensayo	LAB
ISO/IEC 17025	Laboratorios de Calibración	LAC

Nota: Los requisitos para acreditar el laboratorio seleccionado para implementar el estándar técnico ASTM D 473 se encuentran en la NTC ISO/IEC 17025, por lo tanto, se acude a el esquema de acreditación seleccionado. Datos tomados de Acredítate ONAC.

6.2.3 Reglas de Acreditación ONAC

Para facilitar la respuesta positiva al proceso de acreditación, y evitar complicaciones en el procedimiento de este se recomienda estudiar y seguir la siguiente lista de aspectos o elementos que hay que tener en cuenta para aplicar la prueba ASTM D473. Teniendo en cuenta que la Escuela de Ingeniería de Petróleos cuenta con un Sistema de Gestión Integral (SGI), conformado por los

Sistemas de Gestión Ambiental y el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, los cuales se encuentran certificados desde el año 2015 bajo los estándares internacionales ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 y la evaluación del SGI bajo el referencial de la industria petrolera NORSOK S-WA 006/2018 / GTC 310:2020. Todos estos mencionados se encuentran sintetizados en los siguientes logotipos:

Figura 14

normas Icontec



De acuerdo con la norma de acreditación de laboratorios NTC ISO/IEC 17025 estas son las pautas a tener en cuenta, por consiguiente, el siguiente listado se necesita para hacer la solicitud o para que se haga todo el proceso de llegar a acreditar esta prueba ASTM D473 una vez se pueda implementar en el laboratorio este debe tener lo siguiente:

1. Tener personal directivo y técnico que tenga, independientemente de toda otra responsabilidad, la autoridad y los recursos necesarios para desempeñar sus tareas, incluida la implementación, el mantenimiento y la mejora del sistema de gestión, y para identificar la ocurrencia de desvíos del sistema de gestión o de los procedimientos de

- ensayo y/o de calibración, e iniciar acciones destinadas a prevenir o minimizar dichos desvíos.
2. Tomar medidas para asegurarse de que su dirección y su personal están libres de cualquier presión o influencia indebida, interna o externa, comercial, financiera o de otro tipo, que pueda perjudicar la calidad de su trabajo.
 3. Tener políticas y procedimientos para asegurar la protección de la información confidencial y los derechos de propiedad de sus clientes, incluidos los procedimientos para la protección del almacenamiento y la transmisión electrónica de los resultados.
 4. Tener políticas y procedimientos para evitar intervenir en cualquier actividad que pueda disminuir la confianza en su competencia, imparcialidad, juicio o integridad operativa.
 5. Definir la organización y la estructura de gestión del laboratorio, su ubicación dentro de una organización madre, y las relaciones entre la gestión de la calidad, las operaciones técnicas y los servicios de apoyo.
 6. Especificar la responsabilidad, autoridad e interrelación de todo el personal que dirige, realiza o verifica el trabajo que afecta a la calidad de los ensayos y/o calibraciones.
 7. Proveer adecuada supervisión al personal encargado de los ensayos y calibraciones, incluidos los que están en formación, por personas familiarizadas con los métodos y procedimientos, el objetivo de cada ensayo y/o calibración y con la evaluación de los resultados de los ensayos o de las calibraciones.

8. Tener una dirección técnica con la responsabilidad total por las operaciones. técnicas y la provisión de los recursos necesarios para asegurar la calidad requerida de las operaciones del laboratorio.
9. Nombrar un miembro del personal como responsable de la calidad (o como se designe), quien, independientemente de otras obligaciones y responsabilidades, debe tener definidas la responsabilidad y la autoridad para asegurarse de que el sistema de gestión relativo a la calidad será implementado y respetado en todo momento; el responsable de la calidad debe tener acceso directo al más alto nivel directivo en el cual se toman decisiones sobre la política y los recursos del laboratorio.
10. Nombrar sustitutos para el personal directivo clave.
11. Asegurarse de que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y de la manera en que contribuyen al logro de los objetivos del sistema de gestión. (ICONTENC, NORMA TÉCNICA NTC-ISO/IEC COLOMBIANA 17025, 2005)

Para facilitar la respuesta positiva al proceso de acreditación, y evitar complicaciones en el procedimiento de este se recomienda estudiar y seguir el siguiente documento con la estructura de los laboratorios de la escuela de ingeniería de petróleos:

6.2.4 Kit Básico para la Acreditación

El kit básico este compuesto por los siguientes requisitos:

- Debe ser una empresa jurídica. La acreditación se otorga a una empresa legalmente constituida.
- En algunos esquemas de acreditación, es fundamental haber prestado al menos un servicio en la actividad de evaluación de la conformidad a acreditar.
- Debes conocer y haber implementado las normas técnicas correspondientes a tu evaluación de la conformidad a acreditar. Para este caso en particular la NTC ISO/IEC 17025.
- Al implementar la norma correspondiente, se deben cumplir con todas sus exigencias, siendo la más importante contar con un Sistema de Gestión implementado.
- Todos los procedimientos de la organización están formalizados y estandarizados dentro del Sistema de Gestión.
- Debes asegurar la imparcialidad con la que llevas tu actividad, lo que significa que garantizas la objetividad de tus servicios y por ende de tus resultados.
- Debes contar con los recursos necesarios para brindar resultados imparciales y de óptima calidad, esto incluye adecuadas condiciones ambientales y de infraestructura; equipos necesarios con sus controles metrológicas y sus calibraciones periódicas correspondientes; personal competente.

6.2.5 Ruta de Acreditación

Antes de comenzar el proceso, es de suma importancia que el solicitante conozca a detalle los documentos que debe tener en cuenta para cada una de las etapas. A continuación, la clasificación de los documentos:

- Documentos Generales: Aplican para todos los esquemas de acreditación y definen condiciones desde la presentación de la solicitud hasta el mantenimiento y renovación de la acreditación, forman parte de la relación contractual con ONAC.
- Criterios de acreditación: Requisitos que debe cumplir el solicitante que desea acreditarse de acuerdo con el esquema de evaluación de la conformidad y que son objeto de evaluación para determinar la competencia del organismo.
- Criterios de evaluación: Documentos adicionales o complementarios de la norma de acreditación, para algunos alcances específicos, que el solicitante debe cumplir y son objeto de evaluación por parte de ONAC para determinar su competencia como Organismo Evaluador de la conformidad. Los criterios de evaluación varían de acuerdo con el esquema seleccionado por el OEC.

6.2.6 Registro Inicial

Como primer paso, el solicitante debe registrarse en el Sistema de Información de Prestación del Servicio de ONAC, conocido por sus siglas SIPSO. SIPSO es la plataforma que permite interactuar con ONAC en el curso del proceso de acreditación. Se debe ingresar toda la información referente al organismo que vas a acreditar, para este proyecto, los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Petróleos UIS.

6.2.7 Presentación de la solicitud de acreditación

Para solicitar la acreditación, el OEC solicitante debe conocer los siguientes documentos:

- Los documentos de criterios generales y específicos que sean aplicables
- El presente documento Reglas de Acreditación (R-AC-01).
- El procedimiento de revisión de solicitudes y cotización de servicios del ONAC (P-SOL01).
- Las tarifas vigentes para el proceso de acreditación (R-AC-02).
- Los Estatutos del ONAC.

La solicitud de acreditación se realiza presentando el formulario de solicitud que corresponda al tipo de Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC). Con la presentación del formulario, el representante legal del OEC:

- Propone el alcance de la acreditación.
- Declara tener conocimiento de este procedimiento de acreditación del ONAC y de los derechos y obligaciones de los OEC acreditados definidos en el documento (R-AC-01).
- Efectúa la solicitud formal de la acreditación
- Se compromete a cumplir los requisitos generales y específicos de acreditación y las obligaciones establecidas en este procedimiento de acreditación.
- Recibir y prestar colaboración al equipo evaluador, permitiendo cualquier comprobación razonable para verificar el cumplimiento de los requisitos de acreditación.

- Declara que conoce y acepta las reglas de la acreditación contenidas en los estatutos del ONAC, y se obliga su cumplimiento.

En el caso de que un OEC solicite la acreditación para distintas actividades de evaluación de conformidad, éste debe presentar las solicitudes separadas para cada tipo de organismo que serán en ese caso gestionadas de manera independiente

El ONAC asume que el OEC que solicita la acreditación, suple a cabalidad todos los requerimientos legales aplicables a su organización. De no ser así, el ONAC procederá a la paralización del proceso hasta que el Organismo de Evaluación de Conformidad, aporte evidencias de que el problema detectado ha sido corregido.

6.2.8 Revisión de la solicitud y Elaboración de la cotización

El trámite de cotización inicia con una presentación por parte de un organismo de evaluación de la conformidad del formulario de solicitud de acreditación por medio físico, y la documentación adjunta correspondiente en medio magnético, aplicando el formulario previsto para cada tipo de organismo de evaluación de la conformidad.

Una vez recibida dicha solicitud de acreditación y verificado el pago por concepto de revisión inicial, el ONAC generara recibo de la solicitud y revisará la documentación con el fin de comprobar que la actividad sea apta de ser acreditada, o si existe algún motivo de carácter legal. Por otra parte, si la documentación de la solicitud no se encuentra completa, entonces no podrá seguir con el proceso hasta que tenga la suficiente información requerida por la ONAC y de ser necesario tendrá que realizar ajustes. Si la solicitud es factible, el valor cancelado por derechos de revisión estudio inicial de la solicitud se abonará al pago del precio de la evaluación, de no ser

viable dicha solicitud, el valor cancelado por derechos de revisión del formulario se causará a favor del ONAC, y no habrá devolución.

6.3 Cotización de la acreditación

En caso de presentarse la información de manera completa para poder iniciar la prestación del servicio, se asigna un código de archivo a la solicitud y se enviara al solicitante la cotización de los costos del proceso de evaluación inicial. A continuación, se exponen los criterios que integran esos costos:

- La revisión del plan de acción propuesto por el OEC para solucionar las no conformidades encontradas
- El tiempo empleado por el evaluador para la realización del informe.
- La tarifa día- evaluación no incluye tiquetes cuando dicha evaluación se realice en una ciudad distinta.
- El tiempo empleado por el equipo evaluador (la evaluación de la competencia técnica, del sistema de gestión)
- El tiempo empleado por el equipo evaluador en la revisión de documentos.

6.3.1 Designación del equipo evaluador y programación de la evaluación

En función del alcance de la acreditación solicitada, se establecerá el número de integrantes del comité evaluador, pero vale la pena resaltar que este equipo contará con un evaluador líder responsable final de la evaluación, como también de los evaluadores y expertos técnicos que se seleccionen y requieran para realizar la evaluación.

El solicitante será informado con anticipación de los miembros del equipo evaluador y las fechas en las que se realizará las etapas de evaluación.

6.3.2 Proceso de evaluación

El proceso de evaluación consiste en las siguientes etapas:

- Revisión de la documentación y los registros: Su objetivo es ejecutar una revisión de la documentación y registros proporcionados junto con la solicitud por el OEC, para evaluar la conformidad de su sistema, con las normas y demás requerimientos de acreditación.
- Evaluación in situ: Se realiza una visita de auditoría por parte del equipo evaluador designado a las instalaciones del OEC, teniendo como objetivo verificar el cumplimiento de los criterios de acreditación.
- Respuesta del OEC ante no conformidades detectadas en la evaluación: El evaluador líder presentará estas no conformidades al OEC antes de la reunión de cierre y una vez que estas se han aceptado, el OEC deberá analizar cada no conformidad.
- Verificación complementaria: Se realizará verificación complementaria cuando se requiera evidencia de a implementación eficaz de las acciones tomadas, o cuando se requiera realizar una evaluación in situ de seguimiento para verificar la implementación eficaz de las acciones correctivas.
- Informe de la evaluación: El evaluador líder efectuara un informe con los resultados e información recopilada durante todas las actividades de la evaluación, incluida la verificación complementaria, cuando haya habido lugar a ella.

6.3.3 Decisión sobre la acreditación

La decisión sobre otorgar o no la acreditación, es tomada por el Comité de Acreditación, quien evalúan y analizan la información generada durante las etapas de evaluación y demás información disponible, para confirmar que se han cumplido o no con los requisitos de acreditación. Basándose en lo descrito, tomara alguna de las siguientes decisiones:

- Denegar la concesión de la acreditación, comunicándolo por escrito al OEC
- Otorgar la acreditación disponiendo la emisión del certificado correspondiente
- Renovar la acreditación
- Mantener la acreditación
- Suspender la acreditación
- Retirar la acreditación
- Modificar, ampliar o reducir el alcance de la acreditación
- Proponer aplicar una medida al OEC

6.3.4 Cierre del proceso de acreditación

Una vez acreditado, se finalizará el proceso con firmas de contratos que registrará la acreditación por un representante legal del OEC y del ONAC, el primero tiene derecho a hacer uso del símbolo del ONAC de acreditación con referencia a su condición de acreditado como está expuesto en el documento R-AC-03, además se generan los certificados, se publicará en la página web y se actualiza el directorio oficial de acreditados del ONAC testificando la adjudicación de la acreditación a favor del OEC.

7. Anexo 1: GUIA DEL ESTUDIANTE EN EL LABORATORIO PARA LA

DETERMINACION DE SEDIMENTOS EN PETRÓLEO CRUDO.

EQUIPOS Y PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

Tabla 35

Equipos necesarios para la implementación de la norma ASTM D 473

EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	ESPECIFICACIONES
Matraz de extracción	De cuello ancho (Erlenmeyer) de 1 L de capacidad, con un diámetro de cuello externo mínimo de 50 mm.
Condensador	Forma de bobina de metal de aproximadamente 25 mm de diámetro y 50 mm de longitud, hecha de tubos de acero inoxidable, estaño, cobre o latón estañados con un diámetro exterior de 5 mm a 8 mm y un espesor de pared de 1,5 mm.
Dedal de extracción	Material poroso refractario, tamaño de poro de 20,0 μm a 30,0 μm , 25 mm de diámetro por 70 mm de altura, con un peso no inferior a 15 g y no superior a 17 g
Cesta del dedal	Resistente a la corrosión y hecha de platino, acero inoxidable, aleación de níquel-cromo o material similar.
Taza de agua	Debe ser de vidrio, de forma cónica, de aproximadamente 20 mm de diámetro y 25 mm de profundidad, y tendrá una capacidad de aproximadamente 3 mL.
Fuente de calor	Se recomienda una placa calefactora.
Balanza analítica	Precisión de 0,1 mg
Mezclador sin aireación	Se acepta un instrumento de vidrio tipo zanahoria.
Horno	Capaz de mantener una temperatura de 115 ° C a 120 ° C (240 ° F a 250 ° F).

Recipiente de enfriamiento	Desecador sin desecante como recipiente de enfriamiento.
Termómetro	Capaz de medir la temperatura de la muestra al 1 ° C (2 ° F) más cercano.

Procedimiento para la implementación de la norma ASTM D 473

Con cartucho de extracción nuevo:

1. Frote la superficie exterior con papel de lija fino y quite todo el material suelto con un cepillo rígido.
2. Practique con el cartucho una extracción preliminar con el tolueno, permitiendo que el solvente gotee del cartucho durante por lo menos 1 hora. Luego seque el cartucho durante 1 hora a una temperatura de entre 115 °C y 120 °C (de 240 °F a 250 °F); Enfríe en un recipiente durante 1 h, y pese con precisión de 0,1 mg.
3. Repita la extracción hasta que las masas del cartucho después de dos extracciones sucesivas no difieran en más de 0,2 mg.

Con un cartucho de extracción usado:

1. Retire la porción de combustible del sedimento acumulado calentando el cartucho durante 20 minutos a 750 °C (1380 °F). Someta el cartucho a una extracción preliminar, antes de utilizarlo para otra determinación.
2. Coloque una porción estimada de prueba de 10 g de la muestra en el cartucho inmediatamente después de mezclar la muestra. Pese el cartucho más la porción de prueba con precisión de 0,01 g. Agregue entre 150 ml a 200 ml de tolueno al matraz.

3. Ubique el cartucho en el aparato de extracción, sobre la fuente de calor y extraiga con el tolueno caliente durante 30 minutos, hasta que el solvente que gotea del cartucho se vuelva incoloro.
4. Una vez terminada la extracción, seque el cartucho durante 1 h a una temperatura de 115 °C a 120 °C (240 °F a 250 °F); enfríelo en el recipiente de enfriamiento, durante 1 hora; y pese con precisión de 0,1 mg.
5. Repita la extracción dejando que el solvente gotee el cartucho durante al menos 1 hora, pero no más de 1,25 horas; seque, enfríe y pese el cartucho como se describe anteriormente. Repita esta extracción durante períodos adicionales de 1 hora, si es necesario, hasta que las masas del cartucho deshidratado más el sedimento después de dos extracciones sucesivas, no difieran en más de 0,2 mg. (ASTM, 2017)

Cálculos para la implementación de la norma ASTM D 473

A continuación, se la ecuación empleada para calcular el contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en masa de la muestra original:

$$S = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

S=contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en masa

m1=masa, del cartucho, g

m2=masa, del cartucho más la porción de prueba, g

m3=masa del cartucho más el sedimento, g.

Resultados para la implementación de la norma ASTM D 473

Como se exhibe en los cálculos, el resultado obtenido en el método por extracción es dado como porcentaje en masa, pero como es habitual, los valores de sedimentos se describen como porcentaje en volumen. Ante ello la norma provee la ecuación mostrada a continuación, permitiendo así hacer la conversión. (ASTM, 2020).

$$S_v = \frac{S}{2.0} \times \text{densidad relativa del crudo}$$

Donde:

SV = el contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en volumen

S = el contenido de sedimento de la muestra como porcentaje en masa. (ASTM, 2017)

Es posible que la mayor parte del sedimento corresponda a arena (dióxido de silicio, que tiene una densidad de 2,32) y una pequeña cantidad de otros materiales naturales (con una densidad relativa menor que la de la arena), Se usara una densidad arbitraria de 2,0 para el sedimento resultante. (ASTM, 2020).

Recomendaciones generales para la implementación de la norma ASTM D 473

Para poder llevar a cabo el proceso de extracción de sedimentos por cualquiera de los métodos ya mencionados, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. No se prevé que estos métodos de prueba, se utilice en salas de prueba de campo o salas de prueba debido a las cuestiones de seguridad de ventilación y manipulación adecuada.

2. Un conocimiento sobre el contenido de sedimentos del petróleo crudo es importante tanto para las operaciones de refinería como para el comercio del petróleo crudo.

3. El laboratorio que se disponga para el desarrollo de la prueba debe estar libre de corrientes de aire y no sujeta a cambios de temperatura. Los rayos del sol no deben incidir en los equipos y las instalaciones deben ser adecuadas para el control de iluminación, calefacción y ventilación. (ICONTEC, 2017)

8. Conclusiones

- El mejor método para la determinación del contenido de sedimentos en petróleo crudo en laboratorio que se dispone de los métodos posibles, es el que implementa el método por extracción. Este tiene en laboratorio una precisión que se aplica a un rango de niveles de sedimento de 0,01 % a 0,40 % en masa, aunque se pueden determinar niveles más altos. Con la realización del estudio de prefactibilidad para implementar el protocolo ASTM D473 como uno de los servicios prestados por el laboratorio de fluidos de la EIP, se hizo posible la identificación de los requisitos técnicos, financieros, de calidad y de mercado, los cuales permiten evaluar la viabilidad y/o rentabilidad del proyecto en su fase previa, presentando las propuestas que más se ajustan a los objetivos de este durante el transcurso del tiempo.

- La creación e implementación de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma NTC ISO 17025:2017 para plantear recomendaciones que garanticen la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados del protocolo de prueba seleccionado, para ensayos de laboratorio; le permitiría a la UIS dar una garantía a la calidad de sus pruebas y confiabilidad en sus resultados con el fin de mantenerse en un escalón altamente competitivo en cuanto a la prestación de servicios. Por consiguiente, establecería precedentes para el proceso de acreditación del laboratorio, con el fin de dar cumplimiento a las políticas de la institución, que buscan fijar pautas de calidad para todos los procesos derivados a su funcionamiento.

- Por medio de la investigación y consultas realizadas, se estableció que es posible entrar en el mercado de prestación del servicio de determinación del contenido de sedimentos en petróleo crudo, dado que la oferta del mismo se encuentra limitada por las diferencia en protocolo usado y/o la falta de certificación que se necesita en cada empresa o laboratorio contactado; añadido a lo anterior, se logró la determinación del precio de la prueba base con el que la UIS podría entrar a competir en el mercado, es decir, \$161.096,25 por cada análisis.

- Se empieza estableciendo tres panoramas posibles los cuales son optimista, regular y pesimista, cada uno de estos propone un tiempo anual para cada uno de los dos escenarios evaluados. Teniendo en cuenta el académico y el comercial como los principales, lo que significa que la rentabilidad del proyecto se encuentra en cifras realistas y confiables, concluyendo una alta probabilidad que la inversión resulta económicamente viable. En el escenario comercial, la viabilidad del proyecto se evidencia a través del valor 0 del VPN. Lo anterior indica que es posible recuperar la inversión por completo y a partir de ese tiempo transcurrido o número de pruebas realizadas, obtener ganancias por el orden de los rangos mencionados; es decir a partir de 5 años al realizar 23 pruebas, siguiendo con 7 años realizando 17 pruebas y finalizando con 10 años si se realizan 13 pruebas.

9. Recomendaciones

- Realizar un análisis a nivel de factibilidad para la implementación del protocolo ASTM D473, basado en el estudio presentado en este proyecto, con el fin de corroborar su viabilidad en caso de ejecutarse.
- En la compra del equipo se puede evaluar la posibilidad de replantear la compra del equipo completo (set más placa) o comprar estos por separado actualizando la información y verificando la disponibilidad de todo lo correspondiente con los proveedores consultados, proyectando qué factores externos pueden alterar la evaluación de los costos planteada en el presente estudio.
- Situándose en el análisis del mercado, se utilizó como medida de filtro principal la omisión de aquellas empresas que no cumplieran con los certificados necesarios para los estándares de la UIS, sin embargo, es posible que estas organizaciones tengan la opción de conseguirlos con el tiempo, debiendo estas ser consideradas a futuro, creándose así la posibilidad de pruebas con menor costo en comparación con las empresas que al momento los tenían y fueron contactadas para el desarrollo de este proyecto.
- Efectuar un estudio más profundo de un proceso de acreditación especialmente en costos y estimaciones de esta, ya que en el presente trabajo solo se emite, grosso modo, un paso a paso basado en datos publicados por la ONAC en su página web.

Referencias Bibliográficas

ASTM. (2016). *Standard Test Method for Water and Sediment in Crude Oil by the Centrifuge Method (Laboratory Procedure)*. ASTM International. 10.1520/D4007-11R16E01

ASTM. (2017). *Standard Test Method for Sediment in Crude Oils and Fuel Oils by the Extraction Method*. ASTM International. 10.1520/D0473-07R17E01

ASTM. (2018). *Standard Guide for Sediment and Water Determination in Crude Oil*.

ASTM International. 10.1520/D7829-13R18

ASTM. (2020). *Standard Test Method for Sediment in Crude Oil by Membrane Filtration*.

ASTM International. 10.1520/d4807-05r20

BPp.l.c. *Who We Are*. <https://www.bp.com/>. <https://www.bp.com/en/global/corporate/who-we-are.html>

CENIT. *¿Qué hacemos?* <https://cenit-transporte.com>. <https://cenit-transporte.com/que-hacemos/>

DELVASTO Y ECHEVARRIA ASOCIADOS, & CONSEJEROS EN GAS Y ENERGÍA

LTDA. (2014). *ESTUDIO ACERCA DE LA METODOLOGÍA PARA LA FIJACIÓN DE TARIFAS DE TRANSPORTE DE CRUDO POR OLEODUCTOS*.

https://jurinfo.jep.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion_minminas_72146_2014.htm

DEMING, W. E. (1982). *Quality Productivity and Competitive Position*. Massachusetts Inst Technology.

ECOPETROL S.A. (2021). *MANUAL DEL TRANSPORTADOR ECOPETROL S.A.* New York: JPMorgan Chase & Company. Retrieved from Business Premium Collection
<https://search.proquest.com/docview/2590060710>

Gil Torrijos, M. (2018). *La selección de proveedores, elemento clave gestión de aprovisionamientos*. UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
<https://core.ac.uk/download/pdf/160244468.pdf>

Guvnor Group. *Who We Are*. <https://gunvorgroup.com/>. <https://gunvorgroup.com/who-we-are/>

Hernández Garnica, C., & Maubert Viveros Claudio Alfonso. (2009). *Fundamentos del Marketing* (Primera ed.). Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

ICONTEC. (2017). *NTC ISO/IEC-17025 REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABOTARIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN*

Joint Committee for Guides in Metrology. (2008). *Evaluation of measurement. data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. (Primera ed.).

https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6

Mankiw, N. G. (2017). *Principios de Economía* (Carril Villarreal, María del Pilar Trans.). (Séptima ed.). Cengage Learning Editores, S.A.

Oleoducto Bicentenario de Colombia, S. A. S. *El Oleoducto*.

<https://bto.bicentenario.com.co:4443/pdf/BIC%20-%20Manual%20de%20Transportador%20-%20Marzo%2017%202017.pdf>

OLEODUCTO DE COLOMBIA S.A.

https://www.ocensa.com.co/bto/Documents/MANUAL%20DEL%20TRANSPORTADOR%20ON%20ANEXOS%20Resoluci%C3%B3n%2072%20145%20de%202014%20rv9_secci%C3%B3n%20p%C3%Ablica.pdf

ONAC / *Organismo Nacional de Acreditación de Colombia*. ONAC. <https://onac.org.co/>

ONAC tiene como objeto principal proveer servicios de acreditación a los Organismos de Evaluación de la Conformidad - OEC

Pérez Montiel, H. (2015). *Física General* (Primera ed.). Grupo Editorial Patria.

Rojas Rojas, Y. (2014). *SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD SEGUN LOS LINEAMIENTOS DE LA NORMA NTC ISO 17025 PARA EL LABORATORIO DE MICROSCOPIA (LABMIC) DEL PTG* <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/151302.pdf>

Santos, E. (2002). *Guía del Estudio de Mercado para la Evaluación de Proyectos*

Schlumberger. (a). *BSW*. Schlumberger Oilfield Glossary.

<https://glossary.oilfield.slb.com/es/terms/b/bsw>

Schlumberger. (b). *Desemulsionante*. Schlumberger Oilfield Glossary.

<https://glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/d/demulsifier.aspx>

Stewart, I. M. (Tercera ed.). (2014). *SURFACE PRODUCTION OPERATIONS*. ELSEVIER.

Trafigura Group Pte. Ltd. *About Us*. <https://www.trafigura.com>.

<https://www.trafigura.com/about-us/>

Vírveda Gallego, L. (2011). *Revisión de los métodos, modelos y herramientas existentes para la selección de proveedores*

A.S.T.M. [ASTM]. (2018). *Guía Estándar Para La Determinación De Sedimentos Y Agua En Petróleo Crudo*. ANSI WEBSTORE.

<https://webstore.ansi.org/Standards/ASTM/astmd7829132018>

A.S.T.M. [ASTM]. (2016). *Método De Prueba Estándar Para Agua Y Sedimentos En Petróleo Crudo Por El Método De Centrífuga (Procedimiento De Laboratorio)*. ANSI WEBSTORE.

<https://webstore.ansi.org/Search/Find?in=1&st=d4007>

I.C.O.N.T.E.C. (2005). *NORMA TÉCNICA NTC-ISO/IEC COLOMBIANA 17025.*

ACUAVALLE.<https://www.acuavalle.gov.co/wp->

[content/uploads/2021/10/norma_tecnica_colombiana_ntc_iso_iec_1702.pdf](https://www.acuavalle.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/norma_tecnica_colombiana_ntc_iso_iec_1702.pdf)