



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

1

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR ESTÁNDAR ASTM D3230
PARA DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE SAL EN PETRÓLEO CRUDO POR EL
MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN EL LABORATORIO DE FLUIDOS DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

DANIEL SNEYDER GOMEZ FIGUEROA

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

2023

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR ESTÁNDAR ASTM D3230
PARA DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE SAL EN PETRÓLEO CRUDO POR EL
MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN EL LABORATORIO DE FLUIDOS DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS

DANIEL SNEYDER GOMEZ FIGUEROA

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

2023

Dedicatoria

Con alegría y mucho aprecio dedico este proyecto principalmente a mi familia y amigos, quienes a su acompañamiento durante toda mi etapa universitaria me enseñaron e inculcaron muchos aspectos como la perseverancia, disciplina, responsabilidad, fraternidad entre muchos otros más, que me ayudaron a superar cada obstáculo que la vida interpuso en mi camino y llegar a ser la persona que soy hoy en día.

Es para mí un gran orgullo poder dedicarle a mi madre Eufemia, quien ha sido el pilar fundamental en mi vida, a mis abuelas Carmen y Amalia por todo su amor brindado, a mi padre William y hermanos, este proyecto que representa el resultado de años de esfuerzo y dedicación, donde a pesar de todo por lo que he pasado, siempre los tuve apoyándome a veces desde cerca y otras desde la distancia, fueron mi principal motivación para seguir adelante y cumplir con todo lo que algún día me propuse.

Mis amigos de ingeniería metalúrgica, con quienes compartí momentos de alegrías, risas y tristeza en nuestros tiempos durante el ciclo básico, jugando al UNO, yendo a comedores juntos y los famosos combos saludables, fuimos testigos de nuestro de viaje, viendo el progreso del uno al otro. Solo me queda agradecerles por compartir esta parte de sus vidas conmigo, les deseo muchos éxitos y bendiciones en sus vidas tanto a nivel profesional como personal.

Por último, quiero dedicarle este proyecto a Dios, por ofrecerme un nuevo día cada amanecer, por hacerme coincidir con personas tan grandiosas y por darme una vida llena de infinitas bendiciones y sueños por cumplir.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander por contar con los espacios y el personal capacitado que hicieron posible todo este proceso de formación profesional y personal.

A la escuela de ingeniería de petróleos, por contar con profesores de alto grado de excelencia cuyos conocimientos extraordinarios en las diversas áreas promovieron el aprendizaje de los alumnos durante todo este viaje llamado carrera universitaria.

Al ingeniero Cesar Augusto Pineda por su apoyo, guía y conocimientos brindados durante la realización de este proyecto que no solo fueron útiles para la culminación del mismo sino también contribuyeron a mi desarrollo y crecimiento profesional.

Tabla de contenido

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. MARCO DE REFERENCIA	22
2.1 CONTENIDO DE SAL	22
2.2 PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS AL CONTENIDO DE SAL EN CRUDOS	23
2.4 MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN CRUDOS	24
2.4.1 <i>Métodos no Estandarizados</i>	25
2.4.1.1 Método Aruba- Mohr.....	25
2.4.2 <i>Métodos Estandarizados</i>	26
2.4.2.1 Ion de Cloruro en Agua ASTM D512.....	26
2.4.2.2 Método del Potenciómetro ASTM D6470.....	27
2.4.2.3 Contenido de Cloruro Orgánico en Petróleo Crudo ASTM D4929.....	28
2.4.2.4 Método Electrométrico ASTM D3230	30
2.4.2.4.1 <i>Instrumentos y Equipos</i>	30

2.4.2.4.2 <i>Reactivos y Materiales</i>	35
2.4.2.4.3 <i>Calibración</i>	36
2.4.2.4.4 <i>Procedimiento</i>	39
2.4.2.4.5 <i>Cálculo y Reporte de Resultados</i>	39
2.4.2.4.6 <i>Precisión</i>	40
2.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES MÉTODOS ESTANDARIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAL EN CRUDOS	42
3. ANÁLISIS DE MERCADO	44
3.1 OFERTA Y DEMANDA	45
3.1.1 <i>Oferta</i>	46
3.1.2 <i>Demanda</i>	49
3.2.1.1 Transportadores	54
3.2.1.2 Comercializadores	58
3.1.2.3 Clientes Potenciales	60
3.2 PRECIO DE LA PRUEBA	61
4. ANÁLISIS TÉCNICO	65
4.1 UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO	65
4.2 PERSONAL CAPACITADO	67

4.3 SELECCIÓN DE PROVEEDORES	67
4.3.1 <i>Evaluación de las Necesidades</i>	68
4.3.1.1 Equipos	68
4.3.1.2 Reactivos y Materiales	70
4.3.2 <i>Realización de una Lista de Proveedores</i>	71
4.3.3 <i>Análisis de Ofertas de los Proveedores</i>	73
4.3.4 <i>Establecimiento de los Criterios de Selección</i>	81
4.3.5 <i>Cálculos para la Selección del Proveedor del Equipo Electrométrico</i>	89
4.3.6 <i>Resultados Proceso de Selección de Proveedores</i>	90
5. ANÁLISIS FINANCIERO	92
5.1 PRESUPUESTO DE INVERSIONES	92
5.1.1 <i>Inversiones Fijas</i>	94
5.1.2 <i>Inversiones Diferidas</i>	94
5.1.3 <i>Capital de Trabajo</i>	94
5.3 COSTOS DE PRODUCCIÓN	96
5.3.1 <i>Costos de Fabricación</i>	96
5.3.2 <i>Costos de Administración</i>	97
5.3.3 <i>Costos de Ventas</i>	97

5.4 INGRESOS POR PRESTACIÓN DE SERVICIO	99
5.5 INDICADORES DE EVALUACIÓN FINANCIERA	101
5.5.1 Cálculos para los Valores del VPN de Cada Escenario.....	104
5.6 RESULTADOS ANÁLISIS FINANCIERO	105
6. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD BASADO EN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA ISO/IEC 17025:2017	106
6.1 NORMA TÉCNICA COLOMBIANA ISO/IEC 17025:2017	108
6.1.1 Antecedentes	108
6.1.2 Objetivo.....	108
6.1.3 Requisitos para la Acreditación de Alta Calidad	108
6.2 PROCESO DE ACREDITACIÓN	111
6.2.1 Alcance de la Acreditación	113
6.2.2 Criterios de Acreditación.....	114
6.2.3 Elementos Claves para la Acreditación ONAC	115
6.2.4 Aspectos básicos para la Acreditación.....	121
6.3 RUTA DE ACREDITACIÓN	122
6.3.1 Registro Inicial.....	123
6.3.2 Presentación de la Solicitud de Acreditación.....	123

<i>6.3.3 Revisión de la Solicitud.....</i>	<i>124</i>
<i>6.3.4 Elaboración de la Cotización de Acreditación.....</i>	<i>125</i>
<i>6.3.5 Designación del Equipo Evaluador y Programación de la Evaluación.....</i>	<i>126</i>
<i>6.3.6 Proceso de Evaluación</i>	<i>127</i>
<i>6.3.7 Decisión Sobre la Acreditación</i>	<i>129</i>
<i>6.3.8 Cierre del Proceso de Acreditación.....</i>	<i>129</i>
CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES.....	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	134
APÉNDICES	140

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Calidades del crudo en Colombia</i>	23
Tabla 2 <i>Muestras estándar</i>	38
Tabla 3 <i>Cuadro comparativo de los métodos estándar para la determinación del contenido de sal</i>	42
Tabla 4 <i>Instituciones que prestan el servicio que se quiere implementar</i>	47
Tabla 5 <i>Número de estudiantes matriculados</i>	50
Tabla 6 <i>Producción fiscalizada por campos en Santander</i>	52
Tabla 7 <i>Operadoras de Petróleo en Santander</i>	54
Tabla 8 <i>Distribución en Km de los oleoductos de las empresas transportadoras de crudo</i>	56
Tabla 9 <i>Transportadoras consideradas como clientes potenciales</i>	57
Tabla 10 <i>Principales comercializadores de crudo en Santander y Colombia</i>	59
Tabla 11 <i>Precio de la prueba en base del tercer mejor competidor</i>	64
Tabla 12 <i>Precio de la prueba en base del mejor competidor</i>	64
Tabla 13 <i>Equipos necesarios para la implementación del estándar ASTM D3230</i> ...	69
Tabla 14 <i>Reactivos y materiales necesarios para implementación el estándar ASTM D3230</i>	70
Tabla 15 <i>Proveedores del equipo electrométrico ASTM D3230 (salinometro)</i>	72
Tabla 16 <i>Proveedores de los reactivos y materiales</i>	73

Tabla	17	<i>Especificaciones de los equipos electrométricos ofrecidos</i>	74
Tabla	18	<i>Precios de los proveedores del equipo principal en pesos colombianos</i>	77
Tabla	19	<i>Proveedores xileno</i>	78
Tabla	20	<i>Proveedores pipeta 10 ml entrega total</i>	78
Tabla	21	<i>Proveedores vaso de precipitado 100 ml</i>	79
Tabla	22	<i>Proveedores probeta 100 ml con tapón</i>	79
Tabla	23	<i>Proveedores probeta 10 ml</i>	80
Tabla	24	<i>Proveedores Butanol-1</i>	80
Tabla	25	<i>Proveedores alcohol metílico</i>	81
Tabla	26	<i>Puntuaciones para el Precio</i>	84
Tabla	27	<i>Puntuaciones para el servicio posventa</i>	84
Tabla	28	<i>Puntuaciones para las especificaciones técnicas</i>	85
Tabla	29	<i>Puntuaciones para la facilidad de mantenimiento</i>	86
Tabla	30	<i>Puntuaciones para la confianza en la fecha de entrega prometida</i>	87
Tabla	31	<i>Precio reactivos y materiales</i>	88
Tabla	32	<i>Puntuaciones de los proveedores del equipo electrométrico</i>	89
Tabla	33	<i>Presupuesto de inversiones</i>	95
Tabla	34	<i>Costos de producción</i>	98
Tabla	35	<i>Costos totales</i>	99
Tabla	36	<i>Escenario académico</i>	100
Tabla	37	<i>Escenario comercial</i>	101
Tabla	38	<i>Resultados de cada escenario comercial</i>	105



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

12

Tabla	39 <i>Requisitos de la NTC ISO/IEC 17025:2017</i>	109
Tabla	40 <i>Criterios Generales por Esquema de Acreditación</i>	114
Tabla	41 <i>Lista de chequeo de requisitos NTC ISO/IEC 17025:2017</i>	118

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Esquema método de Mohr</i>	26
Figura 2 <i>Equipo potenciométrico ASTM D6470</i>	28
Figura 3 <i>Equipo ASTM D4929</i>	29
Figura 4 <i>Equipo de cloruro electrométrico marca Normalab</i>	31
Figura 5 <i>Celda de prueba ASTM D3230</i>	32
Figura 6 <i>Vaso de precipitado de 100 ml sin pico</i>	33
Figura 7 <i>Pipeta de 10 ml entrega total</i>	33
Figura 8 <i>Probeta de 10 ml</i>	34
Figura 9 <i>Probeta de 100 ml con tapón</i>	34
Figura 10 <i>Conjunto de electrodos ASTM D3230</i>	35
Figura 11 <i>Comportamiento de la oferta y la demanda</i>	45
Figura 12 <i>Tendencia estudiantes matriculados</i>	51
Figura 13 <i>Estrategias de fijación de precios</i>	62
Figura 14 <i>Ubicación Parque Tecnológico Guatiguará</i>	66
Figura 15 <i>Proceso de selección de proveedores</i>	68
Figura 16 <i>Criterios de selección globales Lehman y O'Shaughnessy</i>	82
Figura 17 <i>Etapas del horizonte de un proyecto</i>	93
Figura 18 <i>Ciclo de mejora continua</i>	107

Figura 19 *Estándares de Certificación de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS*..... 115

Lista de Apéndices

	Pág.
APÉNDICE A. MÉTODO ARUBA-MOHR.....	140
APÉNDICE B. MÉTODO DEL POTENCIÓMETRO ASTM D6470.....	144
APÉNDICE C. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CLORURO ORGÁNICO EN PETRÓLEO CRUDO ASTM D4929	153
APÉNDICE D. GUIA DEL ESTUDIANTE EN EL LABORATORIO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE SAL METODO ELECTROMETRICO ASTM D3230 EN PETRÓLEO CRUDO.....	182

Glosario

ASTM: la ASTM International (American Society for Testing and Materials) es una de las organizaciones más grandes del mundo que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una variedad de materiales, productos, sistemas y servicios.

Estándar: el concepto se utiliza para nombrar a aquello que puede tomarse como referencia, patrón o modelo.

Norma: principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad.

Prefactibilidad: es un análisis preliminar de un proyecto que permite estudiar los diferentes factores y escenarios que se pueden presentar a la hora de realizarse.

Repetibilidad: Es la variación causada por el dispositivo de medición; es la variación que se observa cuando el mismo operador mide la misma parte muchas veces, usando el mismo sistema de medición bajo las mismas condiciones.

Reproducibilidad: Es la variación causada por el sistema de medición; es la variación que se observa cuando diferentes operadores miden la misma parte muchas veces, usando el mismo sistema de medición bajo las mismas condiciones.

Salinidad: La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en un cuerpo de agua.

Resumen

Título: Estudio de prefactibilidad para implementar estándar ASTM D3230 para determinación de contenido de sal en petróleo crudo por el método electrométrico en el laboratorio de fluidos de la escuela de ingeniería de petróleos*

Autor: Daniel Sneyder Gómez Figueroa**

Palabras claves: ASTM D3230, Salinidad, Prefactibilidad, Pruebas de laboratorio, Análisis técnico, Análisis financiero, Análisis de mercado.

Descripción:

El presente análisis de prefactibilidad está enfocado en la implementación de la prueba de laboratorio para determinar el contenido de sal en petróleo crudo mediante el método electrométrico descrito en el estándar técnico ASTM D3230 con el objetivo de plantear los diferentes factores involucrados en ella, tales como recursos físicos, recursos financieros y de calidad, que permitan un posible desarrollo y escalamiento de esta propuesta con el propósito de sumarla al portafolio de servicios de la Escuela de Ingeniería de Petróleos en la Universidad Industrial de Santander.

Se abordan las características más importantes del estándar ASTM D3230 y sus requerimientos necesarios para su implementación, así como de los demás estándares técnicos y/o normas disponibles para determinar el contenido de sal en petróleo crudo en laboratorio que existen actualmente. Inicialmente se realiza un análisis de mercado con el fin de identificar los posibles competidores y clientes potenciales del servicio, para así establecer un margen de precios del costo de la prueba que permita entrar en el mercado de este servicio. Adicionalmente se realiza un análisis técnico, cuyo objetivo es seleccionar las mejores ofertas en cuanto a equipos e insumos, que se ajusten a las necesidades establecidas para el proyecto, selección basada en las cotizaciones e información suministrada por los diversos proveedores contactados. Posteriormente se lleva a cabo un análisis financiero, enfocado en la estimación de los costos totales del proyecto y las utilidades que se derivarían de la prestación del servicio, variando las condiciones a futuro a través del planteamiento de escenarios comerciales diferentes al académico con el fin de establecer la viabilidad del proyecto en cada caso a través de indicadores de evaluación financiera.

Por último, se documentan los controles requeridos para la implementación del sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO/IEC 17025: 2017 para ensayos de laboratorio, así como de también los elementos claves para la acreditación ONAC.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: César Augusto Pineda Gómez, Ingeniero de Petróleos

Abstract

Title: Pre-feasibility study to implement the ASTM D3230 standard to determine the salt content in crude oil by the electrometric method in the fluids laboratory of the petroleum engineering school*

Author: Daniel Sneyder Gómez Figueroa**

Keywords: ASTM D3230, Salinity, Pre-feasibility, Laboratory tests, Technical analysis, Financial analysis, Market study.

Description:

This pre-feasibility analysis is focused on the implementation of the laboratory test to determine the salt content in crude oil using the electrometric method described in the ASTM D3230 technical standard with the objective of considering the different factors involved in it, such as resources physical, financial and quality resources, which allow a possible development and scaling of this proposal with the purpose of adding it to the portfolio of services of the School of Petroleum Engineering at the Industrial University of Santander.

The most important characteristics of the ASTM D3230 standard and its necessary requirements for its implementation are addressed, as well as the other technical standards and/or standards currently available to determine the salt content in crude oil in the laboratory. Initially, a market analysis is carried out in order to identify possible competitors and potential customers of the service, in order to establish a price margin for the cost of the test that allows entering the market for this service. Additionally, a technical analysis is carried out, the objective of which is to select the best offers in terms of equipment and supplies, which adjust to the needs established for the project, selection based on quotes and information provided by the various suppliers contacted. Subsequently, a financial analysis is carried out, focused on the estimation of the total costs of the project and the profits that would be derived from the provision of the service, varying the future conditions through the approach of commercial scenarios different from the academic one in order to establish the feasibility of the project in each case through financial evaluation indicators.

Finally, the controls required for the implementation of the quality management system based on the NTC ISO/IEC 17025: 2017 standard for laboratory tests are documented, as well as the key elements for ONAC accreditation.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Petroleum Engineering. Director: César Augusto Pineda Gómez, Petroleum Engineer

Introducción

El crudo obtenido por los diversos métodos de producción existentes en la industria de los hidrocarburos suele estar acompañado por agua de formación, sales disueltas en el agua, y otros contaminantes que afectan su calidad lo que deriva en un impacto en su valor comercial. Debido a estos componentes, el crudo debe ser sometido rutinariamente a distintos métodos de análisis y tratamiento para cumplir con normativas estandarizadas por la industria, siendo el contenido de sal una de las variables más representativas a cuantificar.

El laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS actualmente sólo tiene implementado un método de prueba para la determinación de contenido de sales en petróleo crudo, denominado Método de Mohr, el cual no es estandarizado y no se ajusta a los lineamientos establecidos en la regulación nacional sobre las especificaciones de calidad de hidrocarburos producidos y en los manuales de los transportadores de crudo en Colombia por oleoductos, los cuales, tienen como estándar aceptado el método ASTM D3230.

La implementación de este protocolo de laboratorio permitiría preparar a los estudiantes del programa para que desarrollen competencias técnicas en la determinación de propiedades de fluidos siguiendo procedimientos estandarizados que se exigen en la industria, así como ampliar el portafolio de servicios de extensión de la escuela.

Siendo así, el desarrollo de este estudio se presenta en cinco capítulos; en el primero se realiza una descripción y comparación detallada de los diversos estándares técnicos ASTM y/o métodos para determinar el contenido de sal del petróleo crudo incluyendo sus equipos e insumos así como de sus procedimientos y cálculos, posteriormente en el segundo capítulo se realiza el

análisis de mercado que incluye lo referente al comportamiento de la oferta y demanda de este proyecto y finaliza con la determinación del precio de la prueba UIS, en el tercer capítulo se presentan todos los factores relacionados con el aspecto técnico de la prueba para dar paso al cuarto capítulo donde se realiza un análisis financiero con el fin de verificar la viabilidad económica del proyecto, por último, en el quinto capítulo se documentan los controles para que el desarrollo de la prueba cumpla con los requisitos del sistema de gestión de calidad basado en la norma técnica colombiana ISO/IEC 17025:2017 además de describir los factores claves para la acreditación ONAC.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Elaborar un estudio de prefactibilidad orientado a la implementación del método ASTM D3230 para la determinación del contenido de sal de hidrocarburos líquidos en el laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos.

1.2 Objetivos Específicos

- Comparar las aplicaciones, requerimientos y limitaciones de los métodos de laboratorio empleados para determinar el contenido de sal en hidrocarburos líquidos.
- Cuantificar los recursos físicos y financieros necesarios para implementar la prueba de contenido de sal de acuerdo a la norma ASTM D3230 y los posibles proveedores en lo referente a instrumentación, equipos, insumos, reactivos y demás elementos requeridos.
- Identificar empresas y laboratorios a nivel nacional que oferten servicios relacionados con la determinación de contenido de sal en crudos mediante un sondeo de mercado y establecer un margen de costos de referencia para prestar el servicio.
- Documentar los controles y requisitos necesarios para que la implementación de la prueba ASTM D3230 cumpla con los lineamientos del sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO 17025:2017.

2. Marco de Referencia

2.1 Contenido de Sal

El agua presente en los fluidos producidos de un yacimiento de hidrocarburos normalmente contiene sal, siendo el cloruro de sodio la sal más predominante, por tanto, la salinidad de un crudo se determina en base a este compuesto y se expresa en la industria petrolera como libras de sal por cada mil barriles de crudo (PTB).

Determinar esta propiedad es importante para cumplir con los requerimientos de transporte y venta establecidos por la normatividad de la industria petrolera que dictan que el contenido de sal de un crudo debe ser menor o igual a 20 libras de sal por cada 1000 barriles de crudo (Ministerio de minas y energía, 7 JUL 2022), además permitirá:

- La planeación del mejor esquema de operación
- Evitar problemas como los descritos en la siguiente sección
- Y servirá como factor de evaluación del proceso de tratamiento en las facilidades de superficie.

Las principales variables a tener en cuenta para el diseño del esquema de operación están en función de los crudos que se van a transportar, entre ellas la más importante es la calidad del crudo, la cual es representada en su gravedad API, viscosidad, BS&W, salinidad y acidez

(DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA, 2021). En la tabla 1 se observa la caracterización de los crudos que son producidos en Colombia.

Tabla 1

Calidades del crudo en Colombia

CALIDADES DEL CRUDO												
PARÁMETRO	Unidad	Vasconia Blend	Vasconia Norte Blend	Magdalena Blend	Caño Limón	Liviana	South Blend	Castilla Blend				
								Monterrey-Araguaney	Coveñas-Cartagena	Apiay-Monterrey-Altos	Vasconia-GRB	Galán-Coveñas-Castilla
API	°API @ 60°F min	24	21.1	17	28	28	28	18	18	15	15	17
	°API @ 60°F max	28	28	23	31	50	30	21	21	21	21	21
VISCOSIDAD	Mínimo en cSt @ 30°C											
	Máximo en cSt @ 30°C	100	100	250	30	30	20	300	600	600	600	400
%BSW	Máximo en %vol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5	0.8	0.5	0.5
SAL	Máximo en PTB	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ACIDEZ	Máximo en mg KOH/g	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1
TEMPERATURA DE RECIBO	Máximo en °F	120										
PRESIÓN DE VAPOR	Máximo en PSIA	11										
PUNTO DE FLUIDEZ	Máximo en °C	12										

Nota. Tabla adaptada por el autor. Fuente (DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA, 2021).

2.2 Principales Problemas Asociados al Contenido de Sal en Crudos

- **Formación de Hidratos:** Los sólidos presentes y iones de sales disueltos pueden llegar a depositarse, debido a una disminución de temperatura, o por las excesivas caídas de presión que ocurren a lo largo de la línea de transporte del crudo desde el yacimiento a medida que asciende y llega a las facilidades de producción, esta disminución en la temperatura es la causa de que se formen hidratos (Arnold, 2014).

- **Corrosión:** Las sales pueden depositarse en las tuberías aumentando la velocidad de erosión en las líneas, y debido a que los cloruros de calcio y magnesio son conocidos por hidrolizar fácilmente para formar ácido clorhídrico se cree causa el daño excesivo en las tuberías en materia de corrosión (Egloff, Nelson, Maxutov, & Charles Wirth, 1938).
- **Taponamientos:** se pueden ocasionar serios taponamientos y obstrucciones debido a la presencia de los sólidos inorgánicos en el crudo, a través del sistema de tuberías como por ejemplo en los tubos de los intercambiadores, disminuyendo la transferencia de calor o el requerimiento del mismo (duty) necesario en el proceso, y en los tubos de los hornos, produciendo puntos calientes favoreciendo así a la deposición de coque, aumentando costos operacionales (Wauquier, 2004).

2.4 Métodos para la Determinación del Contenido de Sal en Crudos

Por lo general en la industria del petróleo en Colombia se acepta una salinidad máxima en el crudo de 20 lb sal / mil barriles (PTB) (Ministerio de minas y energía, 7 JUL 2022), sin embargo este valor puede variar dependiendo de las especificaciones que el cliente exija, si no se cumple con los requerimientos el crudo puede ser rechazado comercialmente además de los problemas operacionales descritos anteriormente, por ello es de gran importancia cuantificar la cantidad de sal presente en el crudo. Actualmente existen diversas normas que establecen los procedimientos para la determinación de dicha propiedad dentro de ellas el estándar ASTM D3230 es el aceptado oficialmente (Ecopetrol, 2021) y el cual es la base de este proyecto.

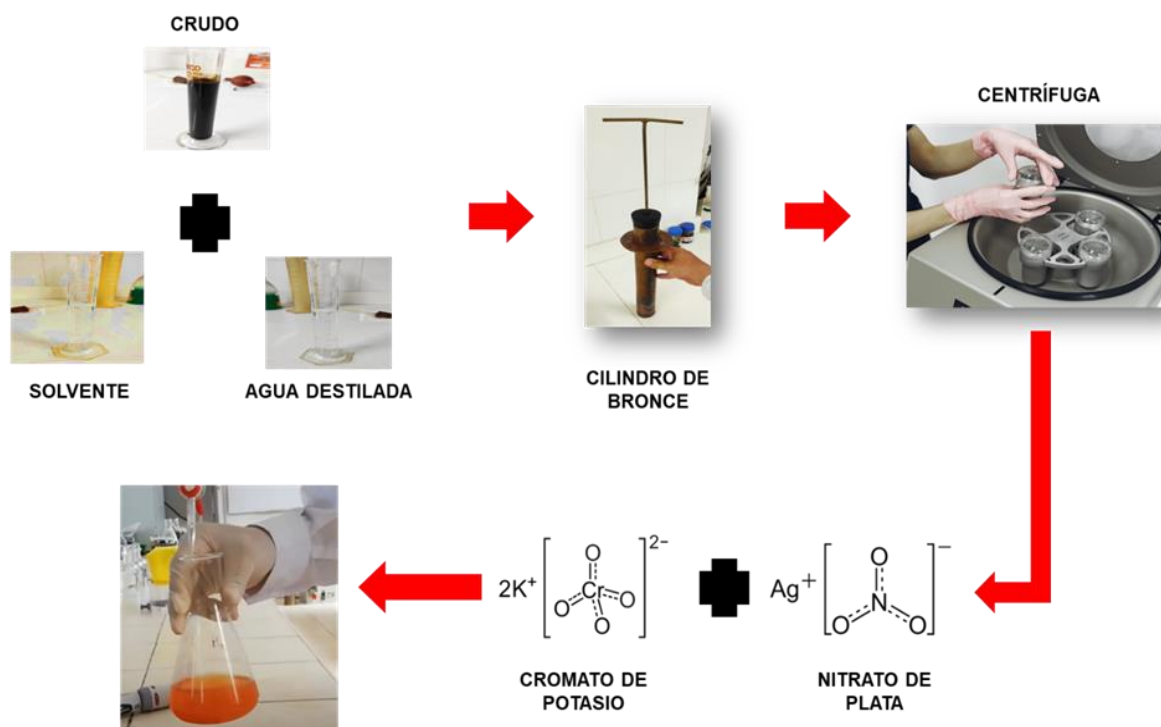
2.4.1 Métodos no Estandarizados

2.4.1.1 Método Aruba- Mohr. El método de Mohr es una de las técnicas volumétricas más antiguas, e involucra la titulación de cloruros y/o bromuros con una solución valorada de nitrato de plata, empleando como indicador cromato de potasio (1). El Método en general es utilizado para la determinación de cloruros no sólo en cantidades relativamente grandes sino también en cantidades pequeñas, como las contenidas en el agua, en cuyo análisis se utiliza profusamente (Chávez Cury, 2006).

En la figura 1 se muestra un breve esquema del proceso. El método consiste en forma una emulsión entre un volumen de crudo determinado y un volumen determinado de agua destilada (también se añade un solvente como por ejemplo el benceno), con el fin que exista una transferencia del contenido de sal del crudo a esta última. Para ello se utiliza un cilindro de bronce provisto con un émbolo. Mediante agitación y calentamiento continuo se logra crear la emulsión. Posteriormente el contenido del cilindro es llevado a los tubos de una centrífuga donde se busca retirar por medios físicos las fases que intervienen en la emulsión, obteniendo así una solución acuosa con el contenido de sal. Finalmente, por medio de una titulación se busca calcular la cantidad de sal presente en dicha solución (el pH de la solución debe estar entre 7 y 10), esta titulación se hace mediante el uso de cromato de potasio como indicador y nitrato de plata como titulador. El punto final se alcanza cuando se observe un color rojizo suave (color ladrillo) (Vinasco, Jaramillo, & Betancour, 2007). Véase Apéndice A. Método Aruba- Mohr. (Vinasco, Jaramillo, & Betancour, 2007) donde se describe más a detalle este método.

Figura 1

Esquema método de Mohr



2.4.2 Métodos Estandarizados

2.4.2.1 Ion de Cloruro en Agua ASTM D512. Esta norma fue retirada en el 2021; en resumen, especificaba tres métodos de prueba para la titulación del agua con el fin de cuantificar la cantidad de iones cloruro los cuales son: la titulación con mercurio, valoración de nitrato de plata y electrodo de ion selectivo. Pero el enfoque se daba solamente al último método de electrodo de ion selectivo. El ion cloruro era medido mediante la aplicación de un diferencial de potencial usando un electrodo de ion selectivo al cloruro, en conjunción con un electrodo de referencia de tipo manga o una combinación con un electrodo de cloruro. Los potenciales se median usando un medidor de pH teniendo una escala ampliada en milivoltios o un medidor de ion selectivo teniendo una capacidad

de lectura directa de concentración. Los electrodos eran calibrados en concentraciones de cloruro conocidas, y las concentraciones que se requerían hallar eran determinadas en soluciones con el mismo fondo. Las muestras y los estándares debían estar a la misma temperatura (ASTM, 2012).

2.4.2.2 Método del Potenciómetro ASTM D6470. En el estándar ASTM D6470 (ASTM, 2020) se describe que este método cubre la determinación de la sal en crudos y su contenido es expresado como % (m/m) NaCl (cloruro de sodio) y abarca un rango desde 0.0005% a 0.15% (m/m), aunque es posible que se detecte un 0.0002% (m/m) para NaCl.

El método de prueba es aplicable a casi todos los productos derivados del petróleo más pesados, como petróleo crudo, residuos y aceites combustibles. También se puede aplicar al aceite de turbina usado y al combustible Diesel marino para estimar la contaminación del agua de mar.

Después de homogenizar el crudo con un mezclador, una alícuota pesada es disuelta en xileno a 65°C y extraída con volúmenes específicos de alcohol, acetona, y agua en un equipo de extracción calentado eléctricamente. Una muestra del extracto acuoso es analizada para obtener los haluros totales por titulación potenciométrica, en la figura 2 se puede observar un ejemplo del equipo utilizado en este método. Véase Apéndice B. Método del Potenciómetro ASTM D6470 (ASTM, 2020) donde se describe más a detalle este método.

Figura 2

Equipo potenciométrico ASTM D6470



Nota. Probador de contenido de sal de aceite crudo/combustible ASTM D6470. Tomado de (Chongqing Top Oil Purifier Co., Ltd, s.f.)

2.4.2.3 Contenido de Cloruro Orgánico en Petróleo Crudo ASTM D4929. Los procedimientos de este método de prueba (ASTM, 2022), cubren la determinación de cloruro orgánico (por encima de 1 $\mu\text{g/g}$ de cloro ligado orgánicamente) en petróleos crudos, mediante destilación y reducción de bifenilo de sodio, destilación y micro coulombimetría, o destilación y espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF); un ejemplo de un equipo utilizado en este método se muestra en la figura 3.

Previamente se realiza una destilación de petróleo crudo para obtener la fracción de nafta a 204 °C (400 °F). El método de destilación se adaptó del Método de prueba D86 para la destilación

de productos derivados del petróleo. La fracción de nafta se lava con soda cáustica, repetidamente cuanto sea necesario, hasta eliminar todo el sulfuro de hidrógeno. La fracción de nafta, libre de sulfuro de hidrógeno, se lava luego con agua, repetidamente cuanto sea necesario, para eliminar los haluros inorgánicos (cloruros). Véase Apéndice C. Determinación del Contenido de Cloruro Orgánico en Petróleo Crudo ASTM D4929 (ASTM, 2022).

Figura 3

Equipo ASTM D4929



Nota. PILODIST PD 4929 S. Tomado de (PILODIST, s.f.)

Hay tres procedimientos alternativos para la determinación del cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada:

- El procedimiento A cubre la determinación de cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada del petróleo crudo por reducción con bifenilo de sodio seguida de titulación potenciométrica.

- El procedimiento B cubre la determinación de cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada del petróleo crudo mediante combustión oxidativa seguida de titulación micro coulombimetría.
- El procedimiento C cubre la determinación de cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada del petróleo crudo mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X.

2.4.2.4 Método Electrométrico ASTM D3230. El estándar ASTM D3230 (ASTM, 2019) el cual es la base de este proyecto describe un método de prueba que cubre la determinación de la concentración aproximada de cloruro (sales) en el petróleo crudo. El rango de concentración cubierto es de 3.5 mg /kg a 500 mg /kg o 1.0 lb /1000 bbl a 150 lb /1000 bbl (PTB) como concentración de cloruro/volumen de petróleo crudo.

El método propuesto en este estándar mide la conductividad de una solución de petróleo crudo en un solvente de alcohol mixto cuando se somete a tensión eléctrica. Este método de prueba mide la conductividad debido a la presencia de cloruros inorgánicos y otros materiales conductores en el petróleo crudo. Su principal característica es que proporciona un medio rápido y conveniente para determinar el contenido aproximado de cloruros en el petróleo crudo y es útil para los procesadores de petróleo crudo.

2.4.2.4.1 Instrumentos y Equipos. En la figura 4 se puede observar un ejemplo de un equipo de cloruro electrométrico que incluye todos los componentes que serán mencionados.

Figura 4

Equipo de cloruro electrométrico marca Normalab



Nota. El NSB TECH ofrece una prueba precisa de la concentración de sal en el petróleo crudo.

Tomado de NSB TECH sales en aceite crudo (método electrométrico) (Normalab, s.f.)

El equipo de cloruro electrométrico contiene:

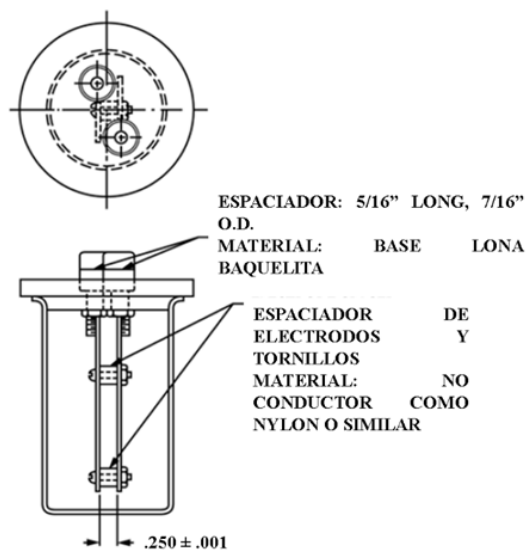
- Miliamperímetro, 0 mA a 1 mA CC con escala de 0 mA a 1 mA CA, resistencia interna de 88 Ω .
- Puente rectificador, onda completa, capacidad de 0.75 A a 60 Hz, temperatura ambiente; mínimo de 400 PRV (pico de voltaje inverso).
- Voltímetro de CA, tipo rectificador, 2000 Ω/V , rango de 0 V a 300 V.
- Autotransformador de Voltaje Variable, con entrada 105 V a 117 V, 50/60 Hz, salida 0 V a 132 V, 1.75 A de capacidad.
- Transformador, suministro de placa 240 V, derivación central, 50/60 Hz, capacidad de 250 mA dc.

- Potenciómetro, 25 Ω , diez vueltas.
- Potenciómetro, 50 ohm, diez vueltas.

El equipo anterior muestra adicionalmente la celda de prueba descrita en la norma ASTM D3230 y que se puede observar en la figura 5.

Figura 5

Celda de prueba ASTM D3230



Nota. Celda de prueba ASTM D3230. Tomado de (ASTM, 2019).

Dentro de los componentes de la celda de prueba se tienen:

- Vaso de precipitado (beaker), 100 ml de forma completa sin pico.

Figura 6

Vaso de precipitado de 100 ml sin pico

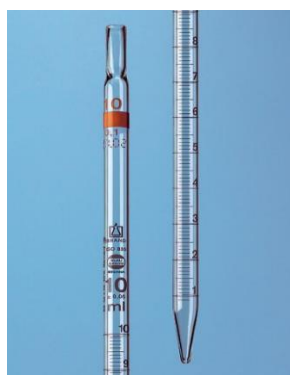


Nota. Vaso de precipitado de 100 ml marca KIMAX. Tomado de (Prolaquim, s.f.)

- Pipeta, 10 ml (entrega total).

Figura 7

Pipeta de 10 ml entrega total



Nota. Pipeta de 10 ml de entrega total marca BRAND. Tomado de (Avantika, s.f.)

- Probeta de 10 ml (crudos viscosos).

Figura 8

Probeta de 10 ml



Nota. Probeta de 10 ml usada para el caso de crudos viscosos de marca LABESSA. Tomado de (Laboratorio Escolar Express, s.f.)

- Probeta de 100 ml con tapón.

Figura 9

Probeta de 100 ml con tapón

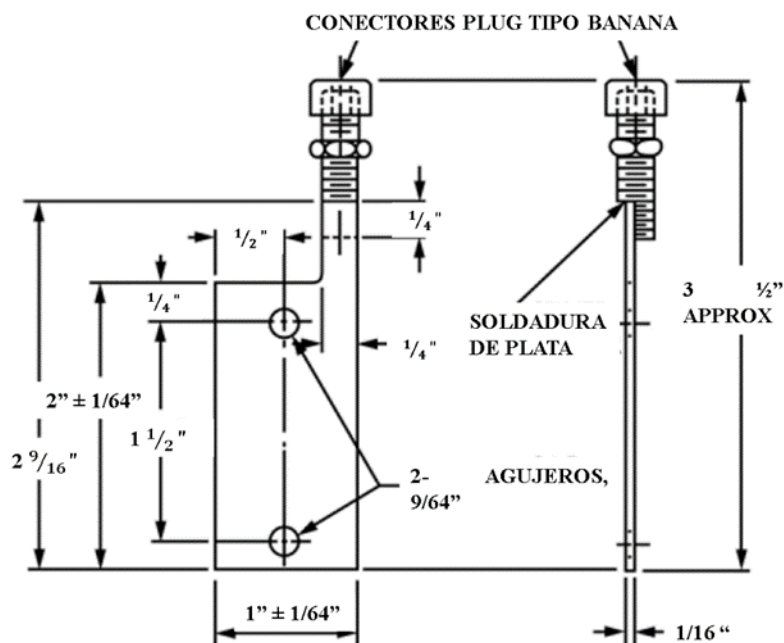


Nota. Probeta de 100 ml con tapón de vidrio marca BRAND. Tomado de (Avantika, s.f.)

- Conjunto de electrodo. Los electrodos montados en paralelo, exactamente opuestos y distanciados 6.4 ± 0.1 mm, y eléctricamente separados por un nylon o espaciador de fluorocarbono (TFE).

Figura 10

Conjunto de electrodos ASTM D3230



Nota. Disposición del conjunto de electrodos según la norma ASTM D3230. Adaptado de (ASTM, 2019)

2.4.2.4.2 Reactivos y Materiales.

- Solvente mixto de alcohol (63% de 1-butanol y 37% alcohol metílico en volumen), agregar 3 ml de agua por cada litro de la mezcla.

- Solvente hexano (nafta de petróleo, éter de petróleo, entre otros).
- Solución de cloruro de calcio (CaCl_2) (10 g/l): se transfiere 1.00 g \pm 0.01 g de CaCl_2 , o el peso equivalente de una sal hidratada, a un matraz volumétrico de 100 ml y se disuelven en 25 ml de agua. Diluir hasta la marca con disolvente de alcohol mixto.
- Solución de cloruro de magnesio (MgCl_2) (10 g/l): se transfiere 1.00 g \pm 0.01 g de MgCl_2 , o el peso equivalente de una sal hidratada, a un matraz volumétrico de 100 ml, y se disuelven 25 ml de agua. Diluir hasta la marca con disolvente de alcohol mixto.
- Solución de cloruro de sodio (NaCl) (10 g/l): transfiera 1.00 g \pm 0.01 g de NaCl a un matraz volumétrico de 100 ml y se disuelven en 25 ml de agua. Diluir hasta la marca con disolvente de alcohol mixto.
- Crudo libre de sal y libre de aditivos. Aproximadamente de 20 cSt de viscosidad a 40 °C
- Sales, solución mixta (solución concentrada): combinar 10.0 ml de la solución de CaCl_2 , 20.0 ml de la solución de MgCl_2 y 70.0 ml de la solución de NaCl y mezclar bien.
- Sales, solución mixta (solución diluida): se transfiere 10 ml de la solución concentrada de cloruros mixtos a un matraz volumétrico de 1000 ml y se diluye hasta la marca con disolvente de alcohol mixto.
- Xileno, pureza mínima.

2.4.2.4.3 Calibración.

Parte 1: Establezca una medición en blanco siguiendo el procedimiento de la parte 2 y de la parte 3, omitiendo la solución de sales mixtas. Cuando la corriente del electrodo indicada es superior a 0.25 mA a 125 V CA, hay agua u otra impureza conductora y se debe encontrar y

eliminar su fuente antes de que se pueda completar la calibración. Determine una medida en blanco cada vez que se utilice xileno nuevo o disolvente mixto.

Parte 2: En un cilindro de mezcla seco, graduado de 100 ml, con tapón de vidrio, agregue 15 ml de xileno. De una pipeta de 10 ml (entrega total), o probeta graduada de 10 ml cuando corresponda, agregar 10 ml de aceite neutro. Enjuague la pipeta de 10 ml o el cilindro graduado de 10 ml con xileno hasta que no quede aceite. Completar hasta 50 ml con xileno. Tape y agite vigorosamente el cilindro durante aproximadamente 60 s para lograr la solución. Agregue una cantidad de solución de sales mixta diluida, de acuerdo con la tabla 2, que sea apropiada para el rango de contenido de sal a medir. Diluir a 100 ml con disolvente de alcohol mixto. Nuevamente agite vigorosamente el cilindro durante aproximadamente 30 s para lograr la solución y deje reposar la solución durante aproximadamente 5 min. Vierta la solución en un vaso de ensayo seco.

Parte 3: Coloque inmediatamente los electrodos en la solución del vaso de precipitados, asegurándose de que el borde superior de las placas de los electrodos quede por debajo de la superficie de la solución. Ajuste el voltaje del electrodo indicado a una serie de valores, por ejemplo, 25 V, 50 V, 125 V, 200 V y 250 V CA. En cada voltaje, anote la lectura actual y registre el voltaje mostrado y la corriente con una aproximación de 0.01 mA. Retire los electrodos de la solución, enjuague con xileno seguido de nafta y déjelos secar.

Tabla 2

Muestras estándar

Sal, g/m ³ de petróleo crudo	Sal, lb/1000 bbl de petróleo crudo	Solucion de Sales Mixta (ml)
3	1	0.3
9	3	1
15	5	1.5
30	10	3
45	16	4.5
60	21	6
75	26	8
90	31	9.5
115	40	12
145	51	15
190	66	20
215	75	22.5
245	86	25.5
290	101	30.5
430	151	45

Nota. Tabla modificada por el autor. Fuente (ASTM, 2019).

Parte 4: Repita el procedimiento de la parte 3, usando otros volúmenes de solución de sales mixtas (solución diluida) según sea necesario para cubrir el rango de contenido de cloruro de interés.

Parte 5: Reste el valor obtenido para la medición en blanco de las lecturas de corriente indicadas de cada muestra estándar y grafique el contenido de cloruro (ordenada) contra las

lecturas de corriente neta (mA) (abscisa) para cada voltaje en papel log-log de 3 por 3 ciclos u otro formato adecuado.

2.4.2.4.4 Procedimiento.

Paso 1: A un cilindro seco, graduado de 100 ml, con tapón de vidrio, se agregan 15 ml de xileno y, utilizando una pipeta de 10 ml (entrega total), o Cilindro graduado de 10 ml, se transfiere 10 ml de la muestra de petróleo crudo al cilindro graduado de 100 ml con tapón de vidrio.

Paso 2: Se enjuaga la pipeta de 10 ml o el cilindro graduado de 10 ml con xileno hasta que no quede aceite. Completar hasta 50 ml con xileno. Se tape y agita vigorosamente el cilindro durante aproximadamente 60 s. Diluir a 100 ml con una mezcla de alcoholes y nuevamente agitar vigorosamente durante aproximadamente 30 s.

Paso 3: Después de dejar reposar la solución durante aproximadamente 5 minutos, se vierte en el vaso de precipitados seco.

Paso 4: Siga el procedimiento de la parte 3 de la calibración para obtener lecturas de voltaje y corriente. Registre la corriente del electrodo indicada con una precisión de 0.01 mA y el voltaje más cercano.

Paso 5: Retire los electrodos de la solución de muestra y limpie el equipo.

2.4.2.4.5 Cálculo y Reporte de Resultados. Reste el valor obtenido para la medición en blanco del valor obtenido de la medición de la muestra para obtener la lectura de corriente neta. En el gráfico de calibración, lea la concentración de sal indicada correspondiente a la lectura de corriente neta (mA) de la muestra.

Calcular la concentración en mg/kg utilizando la ecuación según corresponda:

$$\text{Salt } \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = \frac{1000 X}{d} \quad (1)$$

$$\text{Salt } \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = 2853 \frac{Y}{d} \quad (2)$$

donde:

X = concentración de sal medida en g/m³,

Y = concentración de sal medida en PTB, y

d = densidad del espécimen a 15 °C en kg/m³.

Reporte de resultados debe constatar: La concentración en mg/kg como cloruro electrométrico en petróleo crudo según el Método de prueba D3230. Alternativamente, reporte la concentración directamente en g/m³ o lb/1000 bbl, si es requerido.

2.4.2.4.6 Precisión. la precisión de este método de prueba determinada por el examen estadístico de los resultados de la prueba entre laboratorios de 1997 es la siguiente:

- Repetibilidad: la diferencia entre resultados sucesivos, obtenidos por el mismo operador con el mismo aparato en condiciones de operación constantes en material de prueba idéntico, a la larga, en el funcionamiento normal y correcto del método de prueba, excedería los siguientes valores en un caso de cada veinte.

$$r (\text{mg/Kg}) = 0.3401 X^{0.75} \quad (3)$$

$$r \text{ (lb/1000 bbl)} = 0.2531 Y^{0.75} \quad (4)$$

dónde:

X = el promedio de los resultados de dos pruebas en mg/kg, y

Y = el promedio de los resultados de dos pruebas en lb/1000 bbl (PTB).

- Reproducibilidad: la diferencia entre dos resultados únicos e independientes, obtenidos por diferentes operadores que trabajan en diferentes laboratorios con material idéntico, excedería a la larga los siguientes valores en solo un caso en veinte.

$$R \text{ (mg/Kg)} = 2.7803 X^{0.75} \quad (5)$$

$$R \text{ (lb/1000 bbl)} = 2.069 Y^{0.75} \quad (6)$$

dónde:

X = el promedio de los resultados de dos pruebas en mg/kg, y

Y = el promedio de los resultados de dos pruebas en lb/1000 bbl (PTB).

Como mención final este método electrométrico ha demostrado ser mucho más eficiente y preciso con respecto al método de Aruba-Mohr como se evidenció en el proyecto “*Desarrollo de una herramienta electrométrica para determinar el contenido de sal en crudos*” (Valbuena & Hernandez, 2010).

2.5 Análisis Comparativo de los Diferentes Métodos Estandarizados para la Determinación del Contenido de Sal en Crudos

En la tabla 3 se muestran los parámetros principales de cada método estandarizado descritos para la determinación del contenido de sal en petróleo crudo con el fin de observar de manera práctica las diferencias encontradas para cada método.

Tabla 3

Cuadro comparativo de los métodos estándar para la determinación del contenido de sal

Parámetro	ASTM D3230	ASTM D6470	ASTM D4929
Rango de aplicación	3,5 mg/kg a 500 mg/kg o 1,0 lb/1000 bbl a 150 lb /1000 bbl (PTB) como cloruro concentración/volumen de crudo.	0.0005% m/m a 0.0015 % m/m de NaCl	Valores por encima de 1 µg/g de cloruro orgánico de petróleo crudo
Tamaño de la muestra	10 ml crudo	40 g crudo	500 ml de crudo para la destilación. Procedimiento A:30g crudo Procedimiento B:40 µl crudo Procedimiento C: No especificado
Uso de reactivos	si	si	si
Valor mínimo de detección	1 lb/1000 bbl (PTB)	0.0002 %m/m NaCl	1 µg/g

Reporte	mg/kg NaCl en crudo	%m/m NaCl en crudo	µg/g Cloruro orgánico en crudo
Riesgos y limitaciones	La conductividad de las soluciones se ve afectada por la temperatura de la muestra, dicha temperatura debe estar dentro de los 3 °C de la temperatura a la que se realizaron las curvas de calibración.	Algunos crudos no pueden contener una emulsión de agua estable para los 15 min y 30 min descritos en el proceso de homogenización.	En el proceso de destilación las muestras que se recolectan a temperaturas por debajo de la temperatura ambiente pueden experimentar expansión y ruptura, se debe dejar suficiente espacio de aire sobre la muestra.

3. Análisis de Mercado

El análisis de mercado representa una parte fundamental dentro de la evaluación de proyectos, siendo el punto de partida, debido a que detecta situaciones que condicionan los demás estudios, en este estudio se analiza el entorno del proyecto o el mercado definido desde el punto de vista de la economía como el lugar donde se reúnen oferentes y demandantes y es ahí donde se determinan los precios de los bienes y servicios a través del comportamiento de la oferta y la demanda, siendo conformado así por los consumidores reales y potenciales de un producto o servicio (Fischer & Espejo , 2011).

Según Fischer y Espejo (2011) los tres elementos claves para que exista el mercado son:

- Uno o varios individuos con necesidades y deseos por satisfacer.
- Un producto que pueda satisfacer esas necesidades.
- Personas que ponen los productos a disposición de los individuos con necesidades a cambio de una remuneración.

El objetivo del análisis de mercado es obtener una idea clara y concisa del servicio y/o producto ofrecido, a qué público se ofrece y quien más está ofreciendo un servicio y/o producto similar al ofrecido a ese público, todo esto siempre desde el punto de vista del evaluador, es decir, en cuanto al costo/beneficio que cada una de estas variables pudiesen tener sobre la rentabilidad del proyecto (Orjuela Córdova & Sandoval Medina, 2002).

En la siguiente sección se conocerá el entorno del mercado relacionado con la implementación del estándar ASTM D3230 para la determinación del contenido de sal en petróleo crudo por medio del método electrométrico.

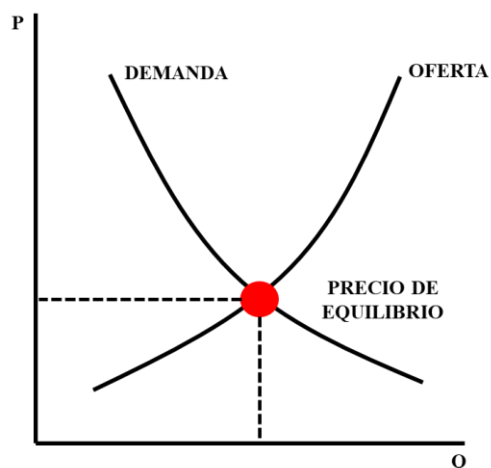
3.1 Oferta y Demanda

La oferta y la demanda son las fuerzas que, al interactuar, hacen que las economías de mercado o capitalistas funcionen, esa interacción determina la cantidad que se produce de cada bien y servicio, como así también el precio al que debe venderse (Mochón Morcillo, 2008).

En la figura 11 se puede ver el comportamiento de la oferta y la demanda, se observa como a medida que la oferta incrementa debido al aumento de las cantidades (Q) de un bien o servicio, la demanda disminuye debido a una disminución en el precio (P) del bien o servicio que se encuentra en el mercado.

Figura 11

Comportamiento de la oferta y la demanda



Por consiguiente, se comenzará con el análisis de la oferta y la demanda con respecto al estándar a implementar para así lograr determinar el costo total del servicio siendo un nuevo competidor.

3.1.1 Oferta

En esta sección se analizará la oferta del mercado relacionado con la prestación del servicio para la determinación del contenido de sal en petróleo crudo por medio del método electrométrico ASTM D3230, para ello la idea es buscar, identificar y caracterizar cada empresa prestadora del servicio a nivel regional, departamental y nacional, mediante la adquisición de información acerca de los protocolos que siguen, las acreditaciones con las que cuentan y el precio de venta de la prueba, con el fin de determinar un rango de costo necesario para lograr posicionamiento como nuevo competidor en el mercado.

Para la obtención de información de las diferentes empresas que participan en el mercado como prestadoras del servicio que se quiere ofrecer, se decidió como estrategia el solicitar cotizaciones para la prueba específica contenido de sal por Método electrométrico ASTM D3230 a través de un medio virtual (correo electrónico), en total se contactaron 15 compañías, la gran mayoría de estas cuentan con acreditación y respaldo por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), brindando así un grado de confianza respecto a la seguridad y calidad de los bienes o servicios que ofrecen. La ONAC fue designada por el gobierno para que ejerza como autoridad nacional de monitoreo de Buenas Prácticas de Laboratorio BPL de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, s.f.).

Dentro de las compañías contactadas, 7 de estas no respondieron dentro de un lapso de tiempo prudente, mientras que los 8 restantes si lo hicieron, por lo tanto, se obtuvo un 53% de respuesta; de estas 8 compañías algunas expresaron el valor de la prueba por escrito sin generar una cotización, 2 de las 8 expresaron no prestar el servicio para la prueba solicitada, y las que no lo hicieron simplemente dejaron en espera la solicitud realizada. En el caso de PSL Proanálisis S.A.S BIC y Bureau Veritas expresaron que realizan la prueba, pero no ofrecieron información acerca de sus precios (ND= No Disponible), dicho esto a continuación en la tabla 4 se representa la síntesis de la información obtenida a través de correo electrónico.

Tabla 4

Instituciones que prestan el servicio que se quiere implementar

Empresa	Ubicación	Costo Prueba (COP)	Costo Total (COP)	Acreditada por ONAC	Información	Contacto
PSL Proanálisis S.A.S BIC	Floridablanca, Santander	ND	ND	SI	Es una empresa constituida en Bucaramanga, que ofrece soluciones a las necesidades de los sectores de: hidrocarburos, minero, eléctrico, energético, infraestructura, ambiental y sanitario.	aux.comercial@pslproanalisis.com
Bureau Veritas	Barranquilla	ND	ND	SI	Presentan una amplia gama de servicios que incluyen ensayos de petróleo crudo, inspección, desmantelamiento de instalaciones, análisis de biocombustibles entre otros.	elisa.davila-tejada@bureauveritas.com

Cooperativa De Tecnólogos e Ingenieros de la Industria del Petróleo y Afines TIP	Girón, Santander	\$ 150,000	\$ 178,500	SI	Cooperativa dedicada a la prestación de servicios técnicos especializados en laboratorios de hidrocarburos, asesorías, consultoría, ingeniería conceptual, básica y de detalle.	soporte.comercial.tip@gmail.com
QAQC SERVICES	Piedecuesta, Santander	\$ 187,000	\$ 222,530	NO	Ofrece una amplia gama de soluciones innovadoras y confiables para la industria Oil & Gas. A través de sus 6 líneas de servicios acompañan a sus clientes desde yacimiento hasta transporte.	lady.rodriguez@qaqcservices.com.co
Profesionales Contables en Asesoría Empresarial y de Ingeniería SAS Sigla: PROASEM SAS	Bogotá	\$ 254,000	\$ 302,260	SI	Empresa especializada en la inspección, medición de cantidad y calidad para productos refinados y gas. ofrece capacitación y asesoría en el control de pérdidas en oleoductos, poliductos, y laboratorios.	ginna.salazar@intertek.com
CORELAB	Bogotá	\$ 650,000	\$ 773,500	NO	Entre sus servicios a la industria se encuentran análisis de laboratorio, tecnologías para la optimización de la recuperación de hidrocarburos, inspección y monitoreo de campos.	Uriel.sanchez@corelab.com

Nota. El costo de cada prueba está dado solo para una muestra a analizar, algunas de estas compañías expresaron su valor sin IVA, por lo cual el costo total fue calculado usando un valor del 19%. Los costos están dados en pesos colombianos (COP)

A partir de la información obtenida se puede evidenciar que en el país existen pocos laboratorios que prestan el servicio para determinar el contenido de sal mediante el método electrométrico ASTM D3230, lo cual indica que hay una posibilidad interesante de irrumpir en el mercado especificado.

3.1.2 Demanda

En este apartado se tendrá en cuenta los compradores, es decir los beneficiarios de la prestación del servicio, el estándar que se busca implementar. Se debe recordar que la demanda es señalada como la cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a adquirir a un precio dado y en un lugar establecido, con cuyo uso pueda satisfacer parcial o totalmente las necesidades particulares o pueda tener acceso a una utilidad intrínseca (Andrade, 2005).

Es importante aclarar que los estudiantes matriculados en la materia laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander son los más importantes en adquirir este estándar dentro del portafolio de pruebas ofrecidas por el laboratorio, para poderla realizar con fines académicos y así lograr ampliar su conocimiento teniendo en cuenta que el primordial objetivo de la escuela es *“la formación integral de profesionales para responder a los retos planteados por la Industria Petrolera propiciando el mejoramiento continuo de la calidad mediante la implementación de contenidos actualizados en los planes de estudio dentro del programa de ingeniería de petróleo”*.

Habiendo mencionado esto, el proyecto aquí presente se alinea al cumplimiento de este objetivo, en la medida que sus alcances promueven el desarrollo de competencias técnicas para la

determinación de las propiedades de fluidos hidrocarburos mediante la implementación de un contenido estándar requerido por la normatividad de la industria petrolera en Colombia.

En la tabla 5 se observa la cantidad de estudiantes matriculados en la asignatura *Laboratorio de Fluidos (código 23183)* y *Propiedades de los fluidos (código 231789 y 28046)* del pensum de Ingeniería de Petróleos durante los semestres comprendidos desde 2017-1 a 2022-2 (información suministrada por la Dirección de Admisiones y Registro Académico).

Tabla 5

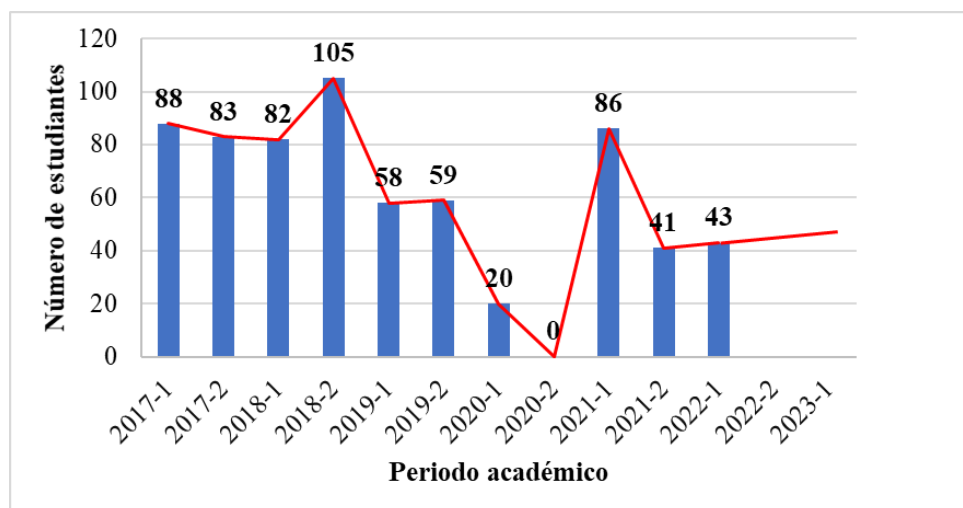
Número de estudiantes matriculados

Periodo académico	231789 propiedades de los fluidos	28046 propiedades de los 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	0
2021-1		28	86
2021-2		49	41
2022-1		49	43

Con base en la información de la tabla 5 se realiza una gráfica (figura 12) para observar el comportamiento del número de estudiantes matriculados y estimar en los próximos semestres la población que podría beneficiarse con el conocimiento teórico y práctico si se consigue poner en funcionamiento esta prueba en el laboratorio.

Figura 12

Tendencia estudiantes matriculados



En base a lo anterior se puede estimar que para los próximos semestres habrá una cantidad promedio de 45 estudiantes debido a que esta es la variación que existe entre el periodo 2017-1 a 2022-1, iniciando con un numero de 88 estudiantes en el 2017-1 hasta llegar a la cifra de 43 del 2022-1 de los estudiantes matriculados en la asignatura 23183 laboratorio de fluidos, teniendo en cuenta que en 2020-2 se tiene un dato perdido y se asumió como 0.

Adicionalmente la implementación de esta prueba abriría puertas no solo para el personal estudiantil en general, sino también para los futuros investigadores, que requieran determinar el contenido de sal en petróleo crudo mediante el método electrométrico, situando así a la universidad en el portafolio de los laboratorios regionales que participan en el mercado a la hora de determinar esta característica, arrojando resultados bajo lineamientos de alto grado de confianza de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

Entre los posibles clientes que podrían estar interesados en adquirir el servicio ya se han mencionado a los estudiantes del programa de ingeniería de petróleos, pero la importancia que tiene la determinación del contenido de sal en el petróleo crudo en la industria del transporte y comercialización del crudo es bastante significativa, pues hace parte de las variables a tener en cuenta para establecer la tarifa del crudo, dada por la fórmula $T = ((k + CF + A) / Q) + CV$, la salinidad junto con la acidez intervienen en el valor de Q (DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA, 2021). Razón por la cual, la prestación del servicio mencionado por parte del laboratorio de fluidos de la Universidad Industrial de Santander no pasaría inadvertido por las compañías presentes en el mercado del transporte y comercio de crudo en Colombia, especialmente en la región de Santander donde, como se observa en la tabla 6, hay gran variedad de empresas productoras de crudo que a su vez suelen ser comercializadoras. Además, el rango de clientes potenciales se incrementa si se plantea la posibilidad de que otras universidades colombianas requieran el servicio con el fin de desarrollar proyectos académicos o investigaciones y en la tabla 7 se puede observar la descripción de 3 compañías operadoras de la región de Santander.

Tabla 6

Producción fiscalizada por campos en Santander

Municipio	Operadora	Campo	Contrato	Producción (BPDC)
SIMACOTA	PAREX RESOURCES COLOMBIA LTD	AGUAS BLANCAS	AGUAS BLANCAS	235.36
CIMITARRA	SAINT AUBIN INTERNATIONAL SAS	ANGIE	OPÓN	36.75
SABANA DE TORRES	ECOPETROL S.A.	AULLADOR	PLAYON	352.23

RIONEGRO	ECOPETROL S.A.	BONANZA	PROVINCIA P NORTE	1,510.81
RIONEGRO	PAREX RESOURCES COLOMBIA LTD	BORANDA	BORANDA	412.56
RIONEGRO	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA, LLC	COLÓN	LA PALOMA	162.82
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	COLORADO	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	2.37
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER INC.	CORAZÓN	CARARE LAS MONAS	27.23
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER INC.	CORAZÓN WEST	CARARE LAS MONAS	160.00
SABANA DE TORRES	ECOPETROL S.A.	CRISTALINA	MAGDALENA MEDIO-CRISTALINA	158.01
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	FLAMENCOS	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	458.31
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	GARZAS	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-GARZAS	246.55
BARRANCABERMEJA	ECOPETROL S.A.	INFANTAS	LA CIRA INFANTAS	8,046.74
RIONEGRO	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA, LLC	JUGLAR	LA PALOMA	210.88
BARRANCABERMEJA	ECOPETROL S.A.	LA CIRA	LA CIRA INFANTAS	19,170.60
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	LISAMA	LISAMA-NUTRIA	561.66
BARRANCABERMEJA	ECOPETROL S.A.	LLANITO UNIFICADO	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	5,760.67
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	NUTRIA	LISAMA-NUTRIA	837.16
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER INC.	PAYOA	CARARE LAS MONAS	414.48
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER INC.	PAYOA WEST	CARARE LAS MONAS	5.54
SABANA DE TORRES	ECOPETROL S.A.	PROVINCIA	PROVINCIA P SUR	1,664.89
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER INC.	SALINA	CARARE LAS MONAS	964.58
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	TESORO	LISAMA-NUTRIA	174.95
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	YARIGUÍ-CANTAGALLO	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	2,985.92
TOTAL				44,561

Nota. La producción es un promedio calculado de enero a octubre de 2022, las unidades están dadas en barriles por día calendario (BPDC). Fuente (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2022).

Tabla 7

Operadoras de Petróleo en Santander

Productoras	Procedencia/ Ubicación	Información
Parex	Canadá- Colombia	Es un productor sostenible de petróleo y gas que desarrolla responsablemente los recursos necesarios para impulsar el desarrollo social y económico en las áreas donde operamos (PAREX, s.f.).
Gran Tierra Energy	Colombia- Ecuador	Junto con sus filiales (“Gran Tierra”), es una empresa centrada en la exploración y producción de petróleo y gas en Colombia y Ecuador. Las acciones ordinarias de la Empresa cotizan en la Bolsa de Nueva York (NYSE American), la Bolsa de Valores de Londres y de Toronto bajo el símbolo bursátil GTE (Gran Tierra Energy, s.f.).
Petrosantander	Estados Unidos- Colombia	Pertenece al grupo Petrosantander de Estados Unidos. Tiene como objeto social todos los negocios y actividades relacionadas con la explotación de petróleo, gas y otros hidrocarburos (EMIS, s.f.).

3.2.1.1 Transportadores. Para transportar el hidrocarburo de un punto inicial a un punto final para sus diferentes disposiciones, hay dos formas que son las más eficientes, buques y tuberías (oleoductos), permitiendo así transportar grandes volúmenes, la implementación de una forma u otra dependerá entre qué puntos se requiere transportar.

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. La red de oleoductos en Colombia es un ensamblaje de tubos de acero con diámetros externos que suelen oscilar entre las 4 y 42 pulgadas, con diferentes distancias, siendo el más largo de 836 Kilómetros, dicha red supera los 6,100 kilómetros. Las compañías encargadas de garantizar el funcionamiento adecuado y bajo condiciones de seguridad de estas redes de oleoductos siguiendo los lineamientos dentro del marco legal descrito por el Ministerio de Minas y Energía reciben el nombre de transportadores, estas compañías en Colombia poseen una red de 55 oleoductos, que a la vez están conformados por 77 tramos que permiten el transporte por oleoducto del crudo producido en el país y que opera las 24 horas del día, en todas las estaciones y bajo casi todas las condiciones climáticas, a un determinado costo de operación y mantenimiento de acuerdo a esas mismas condiciones. Más que un sistema de transporte de hidrocarburos, el oleoducto se ha convertido en el eslabón maestro de la industria petrolera entre la producción y sus diferentes usos finales, estableciéndose como la forma más rápida, rentable y segura de transportar crudo a través de grandes distancias (DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA, 2021).

En la tabla 8 se compara las empresas transportadoras de crudo en Colombia, indicando las zonas en la cual opera como transportadora, además de la longitud de redes de oleoducto total en kilómetros, que usa para el transporte del crudo, y su capacidad efectiva en miles de barriles por día (KBD).

Tabla 8

Distribución en Km de los oleoductos de las empresas transportadoras de crudo

Empresa	Zonas (Km)						Total (Kms)	Capacidad efectiva KBD
	Centro oriente	Nororiente	Llanos orientales	Sur	Centro	Troncal		
CENIT	733.64	711.64	370.69	89.78	68.65	816.08	2790.48	2662.5
OCENSA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	836.00	836	1808
HOCOL S.A.	0.00	0.00	54.10	0.00	35.90	396.48	486.48	466.48
Oleoducto de Colombia S.A.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	483.00	483	413.2
Perenco Colombia Limited	0.00	0.00	276.50	0.00	59.10	0.00	335.6	39
Oleoducto de los Llanos Orientales S.A.	0.00	0.00	286.00	0.00	0.00	0.00	286	901.5
Oleoducto Bicentenario de Colombia S.A.S.	0.00	0.00	230.00	0.00	0.00	0.00	230	150
Mansarovar Energy LTD	209.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	209.19	234
ECOPETROL	66.06	16.49	15.18	0.00	25.27	0.00	123	466.48
Gran Tierra Energy Colombia	0.00	0.00	0.00	85.40	0.00	0.00	85.4	100.51
CEPSA	0.00	0.00	78.87	0.00	0.00	0.00	78.87	0
Frontera Energy Corporation LTD	0.00	0.00	0.00	0.00	63.70	0.00	63.7	25
GEOPARK	0.00	0.00	42.00	0.00	0.00	0.00	42	0
Occidental de Colombia LLC	0.00	0.00	36.60	0.00	0.00	0.00	36.6	35.405
EQUION	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	26.3	0

Nota. Las diferentes zonas del país expuestas en la tabla corresponden a: Centro oriente (Tolima, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Cesar y Antioquia), Nororiente (Norte de Santander, Cesar

y Boyacá), Llanos orientales (Meta, Casanare y Arauca), Centro (Huila, Tolima, Antioquia y Cundinamarca y Troncal. Fuente (DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA, 2021).

En la tabla 9 se describe a los transportadores de petróleo que se consideran clientes potenciales, que por su operación y ubicación geográfica hacen presencia en el departamento de Santander y áreas cercanas como Norte de Santander y parte del Magdalena medio, lo anterior con el fin de posicionar el laboratorio de fluidos de la Universidad de Santander como eje central de la región en el servicio de la prueba de estudio de este proyecto. Además, se tendrán en cuenta también las compañías transportadoras que prestan su servicio mediante troncales conectando diversos puntos de salida y recibo de crudo.

Tabla 9

Transportadoras consideradas como clientes potenciales

Cientes Potenciales	Información
Cenit	Cenit es una compañía que lidera dentro del Grupo Empresarial Ecopetrol el segmento de transporte y logística de hidrocarburos, derivados y afines (Midstream), el cual está integrado por una red de sistemas de oleoductos y poliductos, además de una infraestructura de almacenamiento de cinco descargaderos. 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. (Cenit, s.f.).
Ocensa	Afirman ser 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, contamos 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, s.f.).

<p>Hocol S.A.</p>	<p>Hocol es una empresa nacida en Colombia, que a lo largo de su historia de más de seis décadas ha extendido sus operaciones desde el Valle Superior del Magdalena a la zona norte de Colombia y los Llanos. Es parte del Grupo Ecopetrol, y cuentan con amplia experiencia en la exploración y desarrollo de hidrocarburos, con un portafolio equilibrado comprendido por campos de crudos convencionales y gas (Hocol, s.f.).</p>
<p>Oleoducto de Colombia S.A.</p>	<p>Es una empresa líder en el transporte de petróleo en el país. Prestan servicios de traslado de crudos pesados y medios, mezclas y servicios especializados. Su sistema de oleoducto atraviesa el país con un recorrido de 483 kilómetros desde el Magdalena Medio hasta Coveñas (Oleoducto de Colombia, s.f.).</p>
<p>Mansarovar Energy Ltda.</p>	<p>Es una 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, s.f.).</p>
<p>Ecopetrol S.A.</p>	<p>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, s.f.).</p>

3.2.1.2 Comercializadores. Son parte esencial del mercado de los hidrocarburos, debido a que son los agentes que negocian el crudo y su transporte, son llamados Remitentes y Comercializadores, persona(s) natural(es) o jurídica(s) a la(s) cual(es) un transportador le presta el servicio para el transporte de Hidrocarburos por el Oleoducto desde un punto de entrada hasta un punto de salida, a la vez éste tiene propiedad sobre el crudo o lo compra a otro. Por tanto, se da a entender que el Remitente y Comercializador actúan como dueños del crudo a transportar a menos que se especifique lo contrario. Entre los Remitentes se encuentra la ANH y el Propietario, pero también existen otros remitentes que son los comercializadores netos. Por otra parte, los Terceros, entre ellos los comercializadores y la ANH adquieren la calidad de Remitentes cuando suscriben un Contrato de Transporte. Es decir, 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 negocia un servicio de transporte a través de una tarifa (DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA, 2021).

En la tabla 10 se puede ver la información acerca de los principales comercializadores de petróleo crudo tanto los presentes a nivel de la región de Santander como del país, los cuales, por su experiencia de primera mano y conocimiento, mantienen relaciones comerciales a mediano y largo plazo con participantes claves del mercado (productores, refinadores, entre otros) a nivel nacional y por supuesto internacional (exportaciones) mediante la participación activa en el desarrollo de proyectos relacionados con el flujo de crudo.

Tabla 10

Principales comercializadores de crudo en Santander y Colombia

Comercializadoras	Procedencia/ Ubicación	Información
BP Latín América LLC-Sucursal Colombia y Goam 1 C.I S.A.S	Reino Unido - Bogotá D.C.	Esta empresa fue constituida como sociedad extranjera y se dedica a extracción de petróleo crudo. Tiene como objetivo reinventar la energía para las personas y nuestro planeta. Apuntan a reducir drásticamente el carbono en sus operaciones y producción, desarrollar nuevos negocios, productos y servicios bajos en carbono (British Petroleum, s.f.).
Chevron Petroleum Company Colombia	USA - Bogotá D.C.	Chevron es una petrolera estadounidense que se dedica a la exploración, producción, fabricación, transporte, refinación, almacenamiento y comercialización de petróleo crudo, gas y sus derivados (Chevron , s.f.).

Trafigura de Colombia PTY S.A.S	Singapur - Bogotá D.C.	Es uno de los mayores comercializadores independientes de productos petrolero en el mundo, dentro de sus socios hay empresas de servicios públicos, refinerías, grandes petroleras nacionales e internacionales (Trafigura, s.f.).
GUNVOR Colombia C.I. S.A.S	Nederland - Suiza - Bogotá D.C.	Es una compañía colombiana que opera en el sector de venta al por mayor. Su línea de negocios principal es la comercialización al por mayor de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y productos conexos (Gunvor, s.f.).
Vitol Colombia C.I S.A.S	Nederland - Suiza - Bogotá D.C.	Es una empresa de energía y materias primas, comercializan y distribuyen petróleo y productos derivados de manera segura y responsable en todo el mundo, poseen más de 40 oficinas a nivel mundial (Vitol, s.f.).
Frontera Energy	Canadá- Bogotá D.C.	Es una compañía pública de Canadá que está involucrada en la exploración, desarrollo, producción, transporte, almacenamiento y venta de petróleo y gas natural en Suramérica (Frontera Energy, s.f.).

3.1.2.3 Clientes Potenciales. A continuación, se enlistan las entidades operadoras, trasportadoras y comercializadoras que se consideran como clientes potenciales:

1. BP Latín América LLC-Sucursal Colombia y Goam 1 C.I S.A.S
2. Chevron Petroleum Company Colombia
3. Trafigura de Colombia PTY S.A.S
4. GUNVOR Colombia C.I. S.A.S
5. Vitol Colombia C.I S.A.S
6. Frontera Energy
7. Cenit
8. Ocesa
9. Hocol S.A.
10. Oleoducto de Colombia S.A.
11. Mansarovar Energy Ltda.
12. Ecopetrol S.A.

13. Parex
14. Petrosantander
15. Gran Tierra Energy

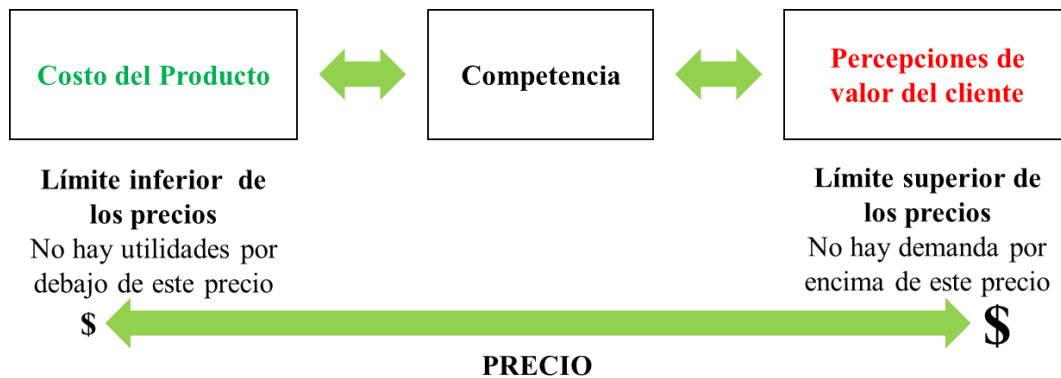
Es importante resaltar que en el listado anterior no incluye todas las compañías que pudiesen ser clientes potenciales lo cual no indica una desaprobación por parte del laboratorio de fluidos de la UIS como futuro cliente, debido a que lo ideal a largo plazo es que el servicio que se quiere implementar se dé a conocer y sea referente a nivel nacional.

3.2 Precio de la Prueba

La determinación del precio de venta de un producto o servicio es un instrumento de enorme importancia en la compañía puesto que determinará el nivel de ingresos de la compañía y, por tanto, su rentabilidad (Pérez & Pérez Martínez de Ubago, 2006). El precio tiene como objetivo satisfacer las necesidades de un mercado objetivo, en este caso el relacionado con los laboratorios o compañías que prestan el servicio de determinación del contenido de sal por medio del método electrométrico ASTM D3230. En la figura 13 se puede observar las tres principales estrategias de precios: fijación de precios basada en el valor para el consumidor, fijación de precios basada en el costo y precio basado en la competencia.

Figura 13

Estrategias de fijación de precios



Nota. Si los clientes perciben que el precio del producto es mayor que su valor, no lo comprarán. Si la empresa fija los precios del producto por debajo de sus costos, se pierden utilidades. Entre los dos extremos, la estrategia de precios “correcta” es una que ofrezca tanto valor para el cliente como utilidades para la empresa. Fuente (Armstrong & Kotler, 2013).

La estrategia para la fijación de precio que se eligió para el servicio que se quiere implementar es la en basada en la competencia la cual establece que el precio sea similar al de la competencia, esta estrategia en combinación con del precio de penetración, aplican especialmente a productos para mercados masivos de alta elasticidad, consumidor muy sensible al precio, lo que asegura que al sacar el producto con precios bajos la demanda incrementará considerablemente en otras palabras se usa para desincentivar o bloquear a la competencia de sacar servicios copias o sustitutos y de una manera muy rápida posicionar el producto como marca líder del mercado, condición que de alguna manera le da ventajas cuando aparezcan los servicios copia de la competencia (Lozada, 2017).

En base a lo anterior el precio para la prueba a implementar, el estándar técnico para determinación del contenido de sal en petróleo crudo mediante el método electrométrico ASTM D3230 debe posicionarse dentro del rango de precios que ofrecen las demás empresas colombianas prestadoras del servicio. Véase tabla 4 en el apartado de oferta.

Como primera instancia se descartan las ofertas correspondientes a PSL Proanálisis S.A.S BIC y Bureau Veritas debido a su falta de información con respecto al precio de la prueba, también se descarta la oferta de CORELAB debido a su precio elevado (más de un 400% con respecto al menor precio).

Por tanto, las tres opciones restantes son la de la *Cooperativa De Tecnólogos e Ingenieros de la Industria del Petróleo y Afines TIP*, la de *Profesionales Contables en Asesoría Empresarial y de Ingeniería SAS Sigla: PROASEM SAS y QAQC SERVICES*, las cuales poseen un precio similar, siendo la primera la opción más económica con un precio de prueba de \$ 178,500 COP. Para establecer el valor de nuestra prueba, se toma dicho valor como referencia menos un 5%, con el fin de poder entrar en el mercado de manera competitiva. Al hacer la operación respectiva se obtiene el valor de \$169,575 COP, a manera de facilitar el análisis se plantea un rango que va desde los \$169,000 COP a los \$171,000 COP, con valor intermedio de \$170,000 COP.

En la tabla 12 se muestra el precio por cada prueba al implementar el estándar técnico ASTM D3230 para determinar el contenido de sal en petróleo crudo mediante el método electrométrico en el laboratorio de fluidos en la escuela de ingeniería de petróleos. Sin embargo, para el precio de la prueba se tomará un rango que abarca desde la opción elegida en relación a los competidores hasta la selección del tercer mejor competidor (tabla 11); por lo cual se obtendrá dos

tablas diferentes del precio de la prueba, dando como resultado un rango desde los \$169,575 COP a los \$287,147 COP, concluyendo que la mejor opción es la primera con una diferencia de \$117,572 COP.

Tabla 11

Precio de la prueba en base del tercer mejor competidor

Precio base de la prueba/ PROASEM SAS	\$302,260 COP
-5% del precio base	\$15,113 COP
Precio final de la prueba/ UIS	\$287,147 COP

Tabla 12

Precio de la prueba en base del mejor competidor

Precio base de la prueba/ TIP	\$178,500 COP
-5% del precio base	\$8,925 COP
Precio final de la prueba/ UIS	\$169,575 COP

Es importante mencionar que, a mayor cantidad de pruebas a realizar, el costo disminuye. Por lo cual se le brinda la posibilidad de ofrecer descuentos a los clientes, los cuales dependen del número de muestras a analizar.

4. Análisis Técnico

El principal enfoque de este capítulo es asegurar que la prueba de determinación de contenido de sal en hidrocarburos líquidos mediante el método electrométrico ASTM D3230 se desarrolle bajo unas condiciones óptimas, eficientes, confiables siguiendo los lineamientos y controles exigidos por los entes de control y calidad así como también establecer las condiciones necesarias y los parámetros que puedan influir en la funcionalidad y buen desarrollo del proyecto, por lo cual dentro de esta sección tenemos los siguientes criterios.

4.1 Ubicación y Dimensionamiento

Para el desarrollo y montaje de la prueba se requiere aproximadamente de 1 m², estimación basada en las dimensiones especificadas por los proveedores del equipo salinometro (dimensiones máximas de 25cmx37cm x20cm), espacio en el cual se podrá ubicar de manera adecuada el equipo principal, reactivos y materiales de medición. Por tanto, se requiere de un lugar que cuente con una infraestructura y condiciones que garantice el óptimo funcionamiento del proyecto, que minimice la posibilidad de que se genere algún tipo de riesgo y que esté disponible de una manera rápida para los usuarios y el personal.

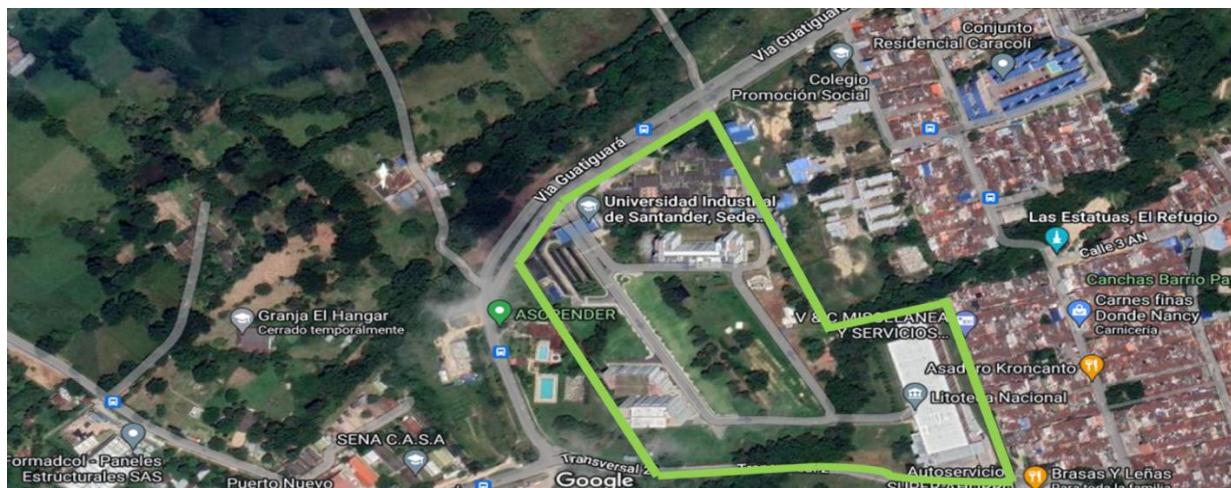
El principal lugar a tener en cuenta es el laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander, debido a que la idea principal de este proyecto es implementar el estándar dentro de este laboratorio, permitiendo que los estudiantes

tengan la oportunidad de complementar los conocimientos teóricos vistos en las aulas con el acompañamiento de profesores y auxiliares, quienes están capacitados y tiene experiencia en el manejo de equipos de laboratorio y conocimientos enfocados en el área de fluidos.

Como segunda opción se considera el Parque Tecnológico de Guatiguará (PTG), el cual está ubicado como se muestra en la figura 14, en el Área Metropolitana de Bucaramanga, más exactamente 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). Dentro de sus principales ventajas están sus instalaciones las cuales están completamente modernizadas y se actualizan cada vez más en el ámbito tecnológico e investigativo brindando altos índices de calidad y asegurando la garantía de todos los procesos que allí se realizan.

Figura 14

Ubicación Parque Tecnológico Guatiguará



Nota. Imagen modificada por el autor. Fuente (Google Maps, s.f.).

4.2 Personal Capacitado

Es necesario personal que cuente con experiencia y que esté familiarizado con el trabajo en laboratorio, además es indispensable contar con conocimiento básico en el estándar técnico ASTM D3230. No es obligatorio el tener algún tipo de certificación o acreditación para el manejo de la prueba, puesto que cada proveedor suele suministrar el manual de operación del equipo además de que como requerimiento se les solicitará la capacitación en el manejo de este.

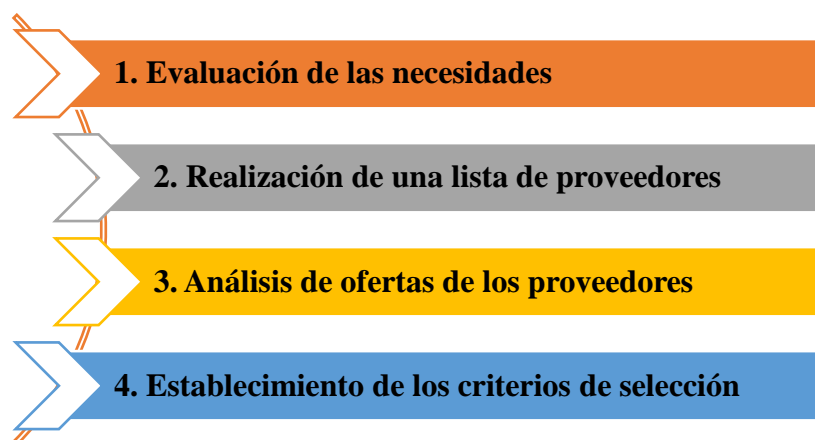
4.3 Selección de Proveedores

En la presente sección se realiza la recolección de datos (principalmente costos) y posterior selección de proveedores que ofertan los implementos de laboratorio como equipos e insumos necesarios para la implementación de la prueba de determinación del contenido de sal en petróleo crudo bajo el estándar técnico ASTM D3230.

Para la búsqueda de proveedores, principalmente se usó la comunicación telefónica para los proveedores de insumos y el uso de la red de internet (correo electrónico), fue usada para el contacto con proveedores del equipo (salinometro) tanto nacionales como extranjeros. En cuanto a la selección de los ya mencionados, se utilizó como guía el modelo que se presenta a continuación en la figura 15.

Figura 15

Proceso de selección de proveedores



Nota. Adaptado del esquema de proceso de selección de proveedores. Fuente (Mc Graw Hill Education).

4.3.1 Evaluación de las Necesidades

Las necesidades de este proyecto son representadas por los equipos, reactivos y materiales requeridos para la implementación del estándar técnico ASTM D3230.

4.3.1.1 Equipos. En la tabla 13 se enlistan los equipos necesarios para implementar el estándar técnico ASTM D3230 descritos con anterioridad en la sección 2.4.2.4.1 de este proyecto.

Tabla 13

Equipos necesarios para la implementación del estándar ASTM D3230

	Equipo	Especificaciones
Equipo de cloruro electrométrico	Miliamperímetro	0 mA a 1 mA dc con escala de 0 mA a 1 mA ac, resistencia interna de 88 Ω
	Puente rectificador	De onda completa, capacidad de 0,75 A a 60 Hz, temperatura ambiente; mínimo de 400 PRV (pico de voltaje inverso)
	Voltímetro de AC	Tipo rectificador, 2000 Ω/V , rango de 0 V a 300 V
	Autotransformador de Voltaje Variable	Con entrada 105 V a 117 V, 50/60 Hz, salida 0 V a 132 V, 1.75 A de capacidad
	Transformador	Suministro de placa 240 V, derivación central, 50/60 Hz, capacidad de 250 mA dc
	Potenciómetro	25 Ω , diez vueltas
	Potenciómetro	50 ohm, diez vueltas
Componentes de la celda de prueba	Vaso de precipitado (Beaker)	De 100 ml, de forma completa sin pico
	Pipeta	De 10 ml, de entrega total
	Probeta	De 10 ml, para crudos viscosos
	Probeta	De 100 ml con tapón
	Conjunto de electrodos	Los electrodos montados en paralelo, exactamente opuestos y distanciados 6.4 ± 0.1 mm, y eléctricamente separados por un nylon o espaciador de fluorocarbono (TFE)

Dentro de los equipos mencionados, en el mercado se encuentran en conjunto los correspondientes al equipo de cloruro electrométrico, los diversos proveedores venden el equipo completo compuesto de estas partes, además de que algunos ofrecen algunos de los componentes

de la celda de prueba como adicionales o incluidos por la compra del equipo completo, más adelante se ahondará en dichos proveedores.

4.3.1.2 Reactivos y Materiales. En la tabla 14 se enlistan los reactivos necesarios para implementar el estándar técnico ASTM D3230 descritos con anterioridad en la sección 2.4.2.4.2 de este proyecto.

Tabla 14

Reactivos y materiales necesarios para implementación el estándar ASTM D3230

Reactivos y Materiales	Descripción
Solvente mixto de alcohol	63% de 1-butanol y 37% alcohol metílico en volumen), agregar 3 ml de agua por cada litro de la mezcla
Solución de cloruro de calcio	Se transfiere 1.00 g \pm 0.01 g de CaCl ₂ , o el peso equivalente de una sal hidratada, a un matraz volumétrico de 100 ml y se disuelven en 25 ml de agua. Diluir hasta la marca con solvente de alcohol mixto
Solución de cloruro de magnesio	Se transfiere 1.00 g \pm 0.01 g de MgCl ₂ , o el peso equivalente de una sal hidratada, a un matraz volumétrico de 100 ml, y se disuelven 25 ml de agua. Diluir hasta la marca con solvente de alcohol mixto
Solución de cloruro de sodio	Se transfiere 1.00 g \pm 0.01 g de NaCl a un matraz volumétrico de 100 ml y se disuelven en 25 ml de agua. Diluir hasta la marca con solvente de alcohol mixto
Crudo (calibración)	Libre de sal y libre de aditivos. Aproximadamente de 20 cSt de viscosidad a 40 °C
Sales, solución mixta (solución concentrada)	Combinar 10.0 ml de la solución de CaCl ₂ , 20.0 ml de la solución de MgCl ₂ y 70.0 ml de la solución de NaCl y mezclar bien

Sales, solución mixta (solución diluida)

Se transfiere 10 ml de la solución concentrada de cloruros mixtos a un matraz volumétrico de 1000 ml y se diluye hasta la marca con solvente de alcohol mixto

Xileno	Pureza mínima
--------	---------------

Recordemos que estos reactivos son usados para el proceso de calibración del equipo y como tal para el desarrollo de la prueba ASTM D3230, para ser más específicos las soluciones de cloruro de calcio, cloruro de magnesio, cloruro de sodio son usadas para obtener la solución mixta concentrada de sales adicionando también la solución mixta de alcohol, y posteriormente la solución mixta diluida de sales, la cual es utilizada en el proceso de calibración; el xileno junto con la solución mixta de alcoholes es usada para la determinación del contenido de sal. Sin embargo, los diversos proveedores del equipo electrométrico aseguran que el equipo que proveen ya está calibrado según la norma ASTM D3230, por tanto, los reactivos a cotizar son el xileno y la solución mixta de alcoholes.

4.3.2 Realización de una Lista de Proveedores

El objetivo de esta sección es tener un registro de proveedores que en principio puedan satisfacer nuestras necesidades en cuanto equipos y reactivos, la idea es incluir la información más relevante de cada proveedor, básicamente datos de identificación y contacto.

Para el equipo electrométrico se contactaron diversas empresas internacionales y nacionales que tenían dentro de su catálogo la comercialización de este equipo, las empresas extranjeras compartieron con sus distribuidoras nacionales la solicitud de cotización para el

equipo, excepto para el caso de Normalab (España) la cual no posee distribuidor nacional, por lo cual en la tabla 15 se enlistan las empresas colombianas encargadas de la distribución del equipo, junto con la marca del equipo correspondiente y su correo de contacto.

Tabla 15

Proveedores del equipo electrométrico ASTM D3230 (salinometro)

Empresa	Marca	Contacto
J-ROHI Ingeniería S.A.S.	Petrolab	comercialjrohi@gmail.com
SYZ Colombia S.A.S	Kohler	natalia.barragan@grupo-syz.com
Normalab	Normalab	sales@normalab.com
CECOLTEC	STANHOPE SETA	rsosa@cecoltec.com
S&S ingeniería	Linetronic	patricia.pacheco@syingeneria.co

Para los reactivos y materiales, las solicitudes de cotización se realizaron únicamente a empresas nacionales con el fin de obtener una respuesta rápida y evitar costos de envíos innecesarios puesto que los reactivos y materiales necesarios son comúnmente usados en la industria de los laboratorios, dichas empresas se enlistan en la tabla 16.

Tabla 16

Proveedores de los reactivos y materiales

Empresa	Ubicación	Contacto
Químicos F.G S.A.S	Bogotá D.C	vladimir.guerrero@quimicosfg.com
Avantika	Bogotá D.C	Cotizaciones@avantika.com.co
Wacol	Bogotá D.C	ventas7@wacol.com.co
Archo lab supplies	Bogotá D.C	team@arho.science
Dibikos	Bucaramanga, Santander	dibikos@gmail.com
Blamis	Bogotá D.C	asesorventas4@blamis.com.co
Artilab	Bogotá D.C	ventasbucaramanga@artilab.com.co

4.3.3 Análisis de Ofertas de los Proveedores

Habiendo establecido las necesidades de la implementación del estándar ASTM D3230 e identificado a los proveedores de los equipos, reactivos y materiales que cumplirían dichas necesidades, en esta sección se describen las propuestas u oferta de los proveedores obtenidas a través de la previa realización de una solicitud de cotización.

A continuación, en la tabla 17 se presentan las propuestas enviadas por parte de los diversos proveedores de equipos electrométricos ASTM D3230 (salinometro), relacionando el producto ofrecido, sus características y precio.

Tabla 17

Especificaciones de los equipos electrométricos ofrecidos

Empresa	Marca/ Referencia	Especificaciones	Precio (USD)
J-ROHI Ingeniería S.A.S.	Petrolab/salinometro digital según norma ASTM D3230 con maniobra segura	Dimensiones 23 x 23 x 20 cm Peso de embalaje 4,2Kg Temperatura de operación 5°C a 40°C Tiempo de ciclo 7 segundos Rango en PTB (0-150) o (0 -500) mg/kg Rango de voltaje (20-260) VAC Precisión +/- 1 V AC Resolución +/- 1 V AC Medición en corriente (0.07-10.00) mA AC Precisión +/- 0.07 mA Resolución 0.001 Ma Repetibilidad +/- 2% de la escala Rango de Conductividad (0-100) uS/cm Rango de Temperatura (0-100) °C Precisión +/- 0.1°C	\$ 2,706
SYZ Colombia S.A.S	Kohler/K23060	Dimensiones: 23 cm x 10.8 cm x 6.5 cm Peso: 1kg Variables de medición: contenido de sal, conductancia y temperatura de las muestras de crudo. también mide pH de muestras acuosas Rango de concentración de sales: 0 a 150 PTB Rango de conductividad: 0-2, 2-20, 20-200, y 200-1500 ms con selección de rango automático Rango de temperatura: -5 a 55 °C Rango de pH: 0-14 pH Alimentación: 115/230v. hasta 8 horas de operación continua. baterías en ni-cd internas recargables Pantalla: fácil lectura. Memoria RAM: 256kb dedicada para almacenamiento de datos Los datos se pueden cargar a un pc vía rs232 Precisión: ± 0.02°C; ±0.5% del rango en conductividad (±0.2% del rango más alto); 0.01 pH	\$4,930

Normalab	Normalab/NSB Tech 942800	<p>Fuente de alimentación: CA 100 a 240 V, 50 y 60 Hz - 2 A Dimensión: 250 x 370 x 200 mm Peso: 6 kg Medición de temperatura 17°C a 33°C Rango de voltaje: 25 a 250 V Resolución de resultados 1 V / 0,01 mA Exporta datos a través de un puerto USB Calibración preestablecida a 3 temperaturas diferentes Visualización directa de la concentración de sal Tiempo de medición de 30 segundos Resultados en PTB, g/m³, mg/kg</p>	\$ 4,888
CECOLTEC	STANHOPE SETA/ The Seta Salt-in-Crude Analyser 99700-5	<p>Rango de concentración: 0.0 a 151 lbs/1000bbl Resolución: 0.1 lbs/1000bbl 0,0 a 430,0 g/m³ Resolución: 0,1 g/m³ Rango de temperatura -20° a 150°C (res: 0,1°C) Alimentación: Batería de 9 voltios CC o adaptador de red (adaptador de 110/120/220/240 V, 50/60 Hz suministrado) Dimensiones: 20 x 7 x 3,5 cm Peso: 1,6 kg</p> <ul style="list-style-type: none"> · No es necesario mezclar los estándares de sal · Precalibrado para uso inmediato para ASTM D3230 · Los modos de calibración del usuario permiten la verificación utilizando los estándares del usuario · Tiempo de prueba típico de menos de 30 segundos · Pantalla táctil de membrana a prueba de humedad con teclas grandes · Totalmente portátil, todos los artículos contenidos en un estuche de aluminio · Suministrado con soportes para vaso de precipitados y sensor · Sensor enchufable intercambiable · Batería o fuente de alimentación de red 	\$ 9,913

S&S ingeniería	Linetronic/ LT/SIC- 323000/M	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad de control de sobremesa con pantalla TFT a color de 6" de alto brillo - El software Linetronic Technologies muestra la concentración de sal en g/m³ o PTB, la temperatura de la solución, el proceso de calibración y el navegador de resultados - Resolución de temperatura 0,1°C - Tiempo de prueba de menos de 30 segundos - Capaz de detectar Sales en concentración entre 0 y 430 g/m³ – 0 y 151 PTB - Teclado virtual para insertar operador y nombre de muestra - Suministrado con vasos de precipitados, soportes para sensores, electrodos de acero inoxidable - Precalibrado para uso inmediato para ASTM D3230 - Espacio de mesa necesario: 30 X 20 cm - Conexión: 2 x USB, 1 x RJ45 para ethernet - 220/115 VAC, Cable de alimentación con enchufe shuko y manual de usuario incluido 	\$ 7,128
-------------------	---------------------------------	--	----------

Los precios en la anterior tabla están dados en dólares americanos (USD) e incluyen el impuesto sobre las ventas (IVA) y envío, el cual es \$0 para todos los proveedores debido a que son distribuidores nacionales y dentro de su información se menciona que el envío es gratis exceptuando a Normalab que no posee distribuidor nacional. Para calcular el valor total en su caso se calculó el precio del envío desde España a Colombia por un medio de transporte como ejemplo se usó FedEx que tiene como tarifa el valor de \$230 USD para un paquete de 6 Kg de peso.

En la tabla 18 se puede observar la conversión de los precios de los diversos proveedores a pesos colombianos (COP), para ello se utilizó una Tasa Representativa del Mercado promedio para el año 2022 en Colombia de \$4,419.97 COP (Banco de la República, 2023).

Tabla 18

Precios de los proveedores del equipo principal en pesos colombianos

Empresa	Marca/ Referencia	Precio (COP)
J-ROHI Ingeniería S.A.S.	Petrolab/salinometro digital según norma ASTM D3230 con maniobra segura	\$ 11,960,438
SYZ Colombia S.A.S	Kohler/K23060	\$21,790,452
Normalab	Normalab/NSB Tech 942800	\$ 21,604,813
CECOLTEC	STANHOPE SETA/ The Seta Salt-in-Crude Analyser 99700-5	\$ 43,815,162
S&S ingeniería	Linetronic/ LT/SIC-323000/M	\$ 31,505,546

Además, como ya se había mencionado, algunos proveedores incluyen elementos adicionales incluidos en el precio total como por ejemplo los vasos de precipitado lo cual presenta un ahorro frente a la necesidad de equipos u instrumentos requeridos para la implementación del estándar ASTM D3230. Igualmente, a los diversos proveedores de equipos de laboratorio se le solicito una cotización para los materiales y reactivos necesarios tales como la pipeta de entrega, xileno y demás, puesto que en la siguiente sección se realizará una evaluación para la selección del proveedor del equipo principal, el equipo electrométrico, permitiendo así cuantificar que elementos se obtendrán de dicho proveedor para determinar el número faltante a través de los proveedores de equipos de laboratorio consultados y mostrados en la siguientes tablas.

Tabla 19

Proveedores xileno

Empresa	Marca	Cantidad	Precio por litro (COP)	Precio Total (COP)
Químicos F.G S.A.S	BIOPHARCHEM	1 l	\$ 79,730	\$ 79,730
Avantika	JT BAKER	4 l	\$ 133,221	\$ 532,882
Wacol	JT BAKER	4 l	\$ 138,933	\$ 555,730
Archo lab supplies	LOBA CHEMIE	2.5 l	\$ 101,864	\$ 254,660
Dibikos	MERCK	2 l	\$ 279,650	\$ 559,300
Blamis	MERCK	2.5 l	\$ 191,623	\$ 479,058
Artilab	PANREAC	2.5 l	\$ 147,084	\$ 367,710

Tabla 20

Proveedores pipeta 10 ml entrega total

Empresa	Marca	Cantidad	Precio (COP)
Químicos F.G S.A.S	KIMAX	1	\$ 15,470
Avantika	BRAND	1	\$ 28,322
Wacol		No disponible	
Archo lab supplies	RAJAS	1	\$ 9,639
Dibikos	NORMAX	1	\$ 14,280
Blamis	BRAND	1	\$ 23,491
Artilab	MARIENFELD	1	\$ 26,754

Tabla 21

Proveedores vaso de precipitado 100 ml

Empresa	Marca	Cantidad	Precio (COP)
Químicos F.G S.A.S	RAJAS	1	\$ 9,520
Avantika	KIMAX	1	\$ 18,564
Wacol	PYREX	1	\$ 5,950
Archo lab supplies	RAJAS	1	\$ 8,449
Dibikos	GLASSCO	1	\$ 41,650
Blamis	KIMAX	1	\$ 11,121
Artilab	MARIENFELD	1	\$ 10,420

Tabla 22

Proveedores probeta 100 ml con tapón

Empresa	Marca	Cantidad	Precio (COP)
Químicos F.G S.A.S	RAJAS	1	\$ 41,650
Avantika	BRAND	2	\$ 128,996
Wacol		No disponible	
Archo lab supplies	RAJAS	1	\$ 34,629
Dibikos	GLASSCO	1	\$ 52,360
Blamis	BRAND	1	\$ 53,479
Artilab	MARIENFELD	1	\$ 50,345

Tabla 23

Proveedores probeta 10 ml

Empresa	Marca	Cantidad	Precio (COP)
Químicos F.G S.A.S	KIMAX	1	\$ 33,320
Avantika	BRAND	1	\$ 52,003
Wacol	RAJAS	1	\$ 7,497
Archo lab supplies	RAJAS	1	\$ 27,251
Dibikos	GLASSCO	1	\$ 14,280
Blamis	BRAND	1	\$ 43,483
Artilab	MARIENFELD	1	\$ 43,779

Tabla 24

Proveedores Butanol-1

Empresa	Marca	Cantidad	Precio por litro (COP)	Precio Total (COP)
Químicos F.G S.A.S			No disponible	
Avantika	JT BAKER	4 l	\$ 145,240	\$ 580,958
Wacol			No disponible	
Archo lab supplies	LOBA CHEMIE	2.5 l	\$ 95,676	\$ 239,190
Dibikos			No disponible	
Blamis	MERCK	2 l	\$ 229,075	\$ 458,150
Artilab	PANREAC	2.5 l	\$ 147,084	\$ 367,710

Tabla 25

Proveedores alcohol metílico

Empresa	Marca	Cantidad	Precio por litro (COP)	Precio Total (COP)
Químicos F.G S.A.S			No disponible	
Avantika	JT BAKER	4 l	\$ 42,424	\$ 169,694
Wacol			No disponible	
Archo lab supplies	LOBA CHEMIE	2.5 l	\$ 39,908	\$ 99,770
Dibikos			No disponible	
Blamis	MERCK	2 l	\$ 77,469	\$ 154,938
Artilab	PANREAC	2 l	\$ 86,870	\$ 173,740

Nota. Los precios de las anteriores tablas están dados en pesos colombianos (COP). Los espacios que contienen el dato No disponible representan que la compañía proveedora no dispone del reactivo o material que se les solicitó. Las cantidades para el caso del xileno, Butanol-1 y el alcohol metílico corresponden a la presentación de la que disponen los diferentes proveedores.

4.3.4 Establecimiento de los Criterios de Selección

El paso previo para elección correcta de proveedores es definir con claridad los criterios claves de evaluación, o aquellos factores dominantes que van a determinar el resultado del proceso de evaluación. Dependiendo de la situación y estrategia competitiva, pueden ser criterios parciales (el precio, plazo de entrega, calidad) o criterios de selección globales (conjunto de criterios parciales) (Mc Graw Hill Education) .

Como criterio de selección global se utilizará el modelo de selección de Lehman y O'Shaughnessy, el cual se basa en el cálculo de la media ponderada de 17 atributos (véase figura 16) que tienen una importancia distinta según el tipo de producto y la actividad de la empresa.

Figura 16

Criterios de selección globales Lehman y O'Shaughnessy

1. Reputación general del proveedor	9. Precio
2. Condiciones financieras	10. Especificaciones técnicas
3. Flexibilidad del suministrador para ajustarse a las necesidades de la empresa	11. Facilidad de uso
4. Experiencia con el suministrador en situaciones análogas	12. Preferencias del usuario principal del producto
5. Servicio técnico ofrecido	13. Formación ofrecida por el suministrador
6. Confianza con el vendedor	14. Tiempo de formación requerido
7. Comodidad en el suministro del pedido	15. Confianza en la fecha de entrega prometida
8. Datos sobre la adecuación del pedido	16. Facilidad de mantenimiento
	17. Servicio postventa

De los criterios anteriores se deben elegir únicamente aquellos que se adapten al tipo de proveedor y de producto ofrecido, por lo cual, en este proyecto se utilizarán criterios globales para la selección del proveedor del equipo electrométrico y los criterios parciales para los proveedores de insumos.

- Equipo electrométrico (salinometro)

Los criterios globales seleccionados para los proveedores del equipo electrométrico fueron los siguientes:

- Precio
- Servicio posventa
- Especificaciones técnicas
- Facilidad de mantenimiento
- Confianza en la fecha de entrega prometida

El objetivo a través de este método es asignarle un coeficiente de peso a cada criterio de tal forma que la sumatoria de los 5 criterios anteriores sea igual a 1.

Posteriormente se evalúa cada parámetro por separado asignándoles valores de 0 a 5 de acuerdo a su cumplimiento con los requisitos del proyecto.

Como último paso se realizan las sumatorias de las puntuaciones multiplicadas por su respectivo coeficiente (peso), dando como resultado valores entre 5 el más alto y 0 el más bajo.

Siendo así se presentan a continuación los criterios de evaluación con su respectiva puntuación, de acuerdo al juicio del autor:

- **Precio:** Tendrá un peso de 0.3 con respecto a los demás ítems pues se considera un parámetro importante en este proyecto de prefactibilidad, además se toma ciertos rangos de precios donde entre más bajo sea el precio mayor puntuación se le otorgará.

Tabla 26

Puntuaciones para el Precio

Precio (COP)	Puntuación
10,000,000 a 20,000,000	5
20,000,000 a 30,000,000	4
30,000,000 a 40,000,000	3
> a 40,000,000	2

- **Servicio posventa:** Tendrá un peso de 0.15 debido a que contar con la garantía del equipo es importante en caso de presentarse algún defecto de fábrica. Los proveedores que posean garantía del equipo tendrán una puntuación de 5 y los que no tengan o no expresen ninguna información a través de su oferta su puntuación será de 1.

Tabla 27

Puntuaciones para el servicio posventa

Garantía	Puntuación
SI	5
NO	1

- **Especificaciones técnicas:** El peso asignado a este criterio fue de 0.3, puesto es esencial valorar las características principales de funcionamiento del equipo con el fin de seleccionar el que se más se adapte a nuestras necesidades.

Primero se tuvo en cuenta si el equipo estaba calibrado bajo los lineamientos de la norma ASTM D3230 obteniendo un valor 1 si la respuesta era afirmativa más un valor adicional de 1 si contaba con el certificado de dicha calibración.

Como segundo aspecto se tuvo en cuenta si disponía de alguna característica sobresaliente con respecto a los demás equipos es decir que lo destaque sobre los demás, dando como puntaje un valor de 1 adicional.

Como último aspecto se analizó el número de elementos adicionales (tales como beakers, pipeta) que se incluyen por la adquisición del equipo, siendo un valor de 1 para 1-2 elementos y un valor 2 para 3 o más elementos.

Tabla 28

Puntuaciones para las especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	Puntuación
Calibrado	1
Certificado de calibración	1
Aspecto adicional	1
Número de elementos adicionales	1 (para 1-2) y 2 (para >3)

- Facilidad de mantenimiento:** Este criterio se le asignó un peso de 0.15. debido a que el mantenimiento del equipo es de suma importancia siendo ideal que se realizara en la mayor brevedad posible y por la misma empresa encargada de distribuirlo, por lo tanto, se considera que si el proveedor es nacional obtiene una mayor puntuación, en caso contrario si el proveedor es internacional tendrá menor puntuación.

Tabla 29

Puntuaciones para la facilidad de mantenimiento

Ubicación del proveedor	Puntuación
Nacional	5
Internacional	1

- Confianza en la fecha de entrega prometida:** este criterio tendrá un peso de 0.1. la confianza de entrega en la fecha prometida fue elegida como criterio a tener en cuenta porque cuando se realiza la orden del equipo se espera que sea entregado en el lapso de tiempo suministrado por el proveedor con el fin de tener a certeza de cuándo se pueden empezar las labores de preparación del área para la prueba y empezar a generar ingresos. En el caso de un proveedor internacional las fechas de entrega tienen más incertidumbre debido a toda la logística que representa el envío de un país a otro así como de poder presentarse daños o afectaciones al equipo durante su envío aumentando el posible tiempo de entrega o iniciar las actividades, por tanto un proveedor nacional el cual también posee

una logística para el envío siendo de menor medida con respecto al proveedor internacional, siendo así a mayor tiempo de entrega menor puntuación.

Tabla 30

Puntuaciones para la confianza en la fecha de entrega prometida

Tiempo de entrega	Puntuación
De 1 a 5 semanas	5
De 6 a 10 semanas	3
Mayor a 10 semanas	1

- Reactivos y materiales

Como se mencionó para los proveedores de reactivos y materiales de laboratorio se utilizarán dos criterios de selección parcial, específicamente el precio de venta y su disponibilidad de los insumos mostrados en la tabla 31.

Para el Xileno, Butanol-1 y el Metanol el precio está dado por litro, calculado a partir del precio total suministrado por el proveedor dividido en la cantidad en litros de la presentación que ofrecen del reactivo y para los otros materiales (beaker, pipeta y demás) su precio es por unidad, para el caso de Avantika que indicó que la cantidad mínima de probeta de 100 ml que venden es 2, se calculó el valor de una sola probeta.

Tabla 31

Precio reactivos y materiales

Empresa	Precios (COP)						
	Xileno	Pipeta	Probeta 100 ml	Probeta 10 ml	Beaker 100 ml	Butanol-1	Metanol
Químicos F.G S.A.S	\$ 79,730	\$ 15,470	\$ 41,650	\$ 33,320	\$ 9,520	-	-
Avantika	\$ 133,221	\$ 28,322	\$ 64,498	\$ 52,003	\$ 18,564	\$ 145,240	\$ 42,424
Wacol	\$ 138,933	-	-	\$ 7,497	\$ 5,950	-	-
Archo lab supplies	\$ 101,864	\$ 9,639	\$ 34,629	\$ 27,251	\$ 8,449	\$ 95,676	\$ 39,908
Dibikos	\$ 279,650	\$ 14,280	\$ 52,360	\$ 41,650	\$ 14,280	-	-
Blamis	\$ 191,623	\$ 23,491	\$ 53,479	\$ 43,483	\$ 11,121	\$ 229,075	\$ 77,469
Artilab	\$ 147,084	\$ 26,754	\$ 50,345	\$ 43,779	\$ 10,420	\$ 147,084	\$ 86,870

A partir de la información mostrada en la anterior tabla, se descarta en primera instancia el caso de Wacol, a pesar de que sus precios para la probeta de 10 ml y Beaker son los más económicos con respecto a los demás, pues solo dispone de tres de los insumos necesarios. Posteriormente se descarta la opción de Dibikos debido a su alto precio por litro del Xileno que sobrepasa por más del doble con respecto al más económico además no dispone del butanol y el metanol, otra opción descartada se tiene el caso de Blamis que tiene el precio más elevado para el Butanol-1 (también sobrepasa por el doble a la opción más económica) siendo este reactivo el más usado en la solución de alcoholes solventes debido a su mayor porcentaje en volumen con respecto al Metanol y como última opción descartada es Químicos F.G S.A.S ya que no disponen de los alcoholes. De las dos opciones restantes la que más sobresale es la de Archo lab supplies sobre Avantika pues la diferencia del precio (teniendo en cuenta un precio por litro para los reactivos)

es de \$ 201,484 COP, si se tiene en cuenta el precio total de la cotización la diferencia será de \$ 837,831 COP.

4.3.5 Cálculos para la Selección del Proveedor del Equipo Electrométrico

Los resultados mediante los criterios de selección globales Lehman y O'Shaughnessy se encuentran tabulados en la tabla 32 y el cálculo para cada proveedor se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Puntuación final J-ROHI} = (5 \cdot 0.3) + (5 \cdot 0.15) + (3 \cdot 0.3) + (5 \cdot 0.15) + (5 \cdot 0.1) = 3.55 \quad (7)$$

Tabla 32

Puntuaciones de los proveedores del equipo electrométrico

Proveedor	Criterios					Total
	Precio (0.3)	Servicio posventa (0.15)	Especificaciones técnicas (0.3)	Facilidad de mantenimiento (0.15)	Confianza en la fecha de entrega prometida (0.1)	
J-ROHI Ingeniería S.A.S.	5	5	3	5	5	3.55
SYZ Colombia S.A.S	4	5	3	5	3	3.22
Normalab	4	1	3	1	1	1.82
CECOLTEC	2	5	2	5	1	2.46
S&S ingeniería	3	5	2	5	1	2.59

4.3.6 Resultados Proceso de Selección de Proveedores

En base a su puntuación final para el equipo electrométrico los candidatos que más se adecuan a las necesidades con una diferencia de precio entre ellos de \$ 9,667,530 COP son:

- J-ROHI Ingeniería S.A.S.
- SYZ Colombia S.A.S.

Es importante mencionar que a pesar de que según los resultados de J-ROHI Ingeniería S.A.S. tiene mejor puntuación que SYZ Colombia S.A.S, ambas son muy buenas opciones, de hecho SYZ destaca sobre los demás proveedores debido a que su equipo es capaz de medir también el pH de soluciones acuosa, y sobre J-ROHI sobresale por el dimensionamiento del equipo, siendo el de SYZ de menor tamaño, más compacto que beneficiaría a reducir el espacio necesario para la realización de la prueba, también se podría decir que SYZ podría ser mejor opción debido que en el criterio de la confianza en la fecha de entrega prometida tiene un puntuación de 3 debido a que al momento de la cotización habían 3 equipos disponibles pero se tomó la decisión de tomar el peor de los casos y es que dejara de estar disponible y por ello su puntuación disminuyó, de estar disponible indicaría una entrega en menor tiempo que J-ROHI, igualmente siendo la Universidad Industrial de Santander un ente de carácter público se deja al criterio de esta la selección del proveedor más idóneo de estos dos, teniendo en cuenta que son las dos mejor empresas calificadas, y que cumplen con los requerimientos necesarios para el proyecto.

Para el caso de los reactivos y materiales las opciones luego del proceso de selección a través de su precio de venta y disponibilidad de los insumos requeridos son:

- Archo lab supplies.
- Avantika.

Destacando principalmente Archo lab supplies sobre Avantika por su diferencia de precio tanto a nivel de reactivos por litro como materiales de vidrio; igualmente también se deja a criterio de la universidad como institución pública que tiene un proceso de contratación específico, en el cual establece los criterios de selección e invita a proveedores previamente identificados a presentar sus ofertas para la posterior selección del proveedor más adecuado (Universidad Industrial de Santander, 2023).

5. Análisis Financiero

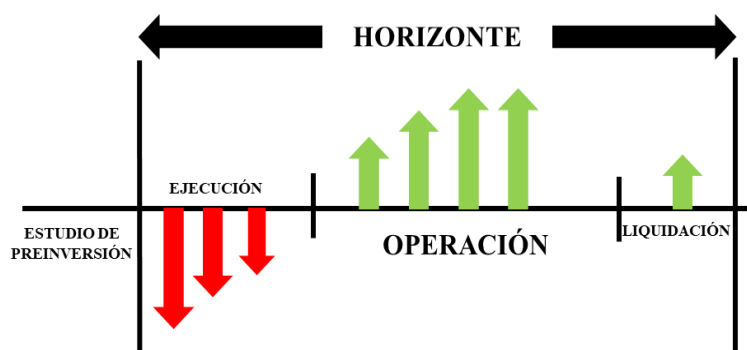
La etapa final en la evaluación de un proyecto es el análisis financiero, donde se cuantifican y comparan las inversiones a realizar con los beneficios que se esperan obtener, mediante el planteamiento de los aspectos relacionados con la estructura financiera del proyecto, incluyendo las inversiones que se requieren para su puesta en funcionamiento, los costos de fabricación o elaboración, venta y financiación de los servicios, y los ingresos derivados de la prestación del mismo, para ello se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

5.1 Presupuesto de Inversiones

Miranda (2002) menciona que durante el lapso de tiempo para el cual se estima que el proyecto debe cumplir cabalmente sus objetivos (Horizonte del proyecto) el análisis financiero se subdivide en tres etapas (véase figura 17): la primera de ellas es la etapa de instalación o ejecución, donde 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 obtienen los ingresos derivados de la prestación del servicio; y la tercera etapa, en la que procede a la liquidación del proyecto porque este no alcanza a generar los beneficios que se requieren.

Figura 17

Etapas del horizonte de un proyecto



Nota. Adaptado de horizonte del proyecto. Fuente (Miranda Miranda, 2002)

En base a lo anterior la construcción de un flujo de caja depende de los eventos financieros previstos para el horizonte del proyecto, lo cual deriva que para la fase de ejecución se precisa contemplar inversiones, las cuales suponen salida de dinero (flechas hacia abajo). Por otra parte, durante la etapa de operación se generan gastos derivados del pago de los factores utilizados, pero a su vez, se evidencian los ingresos provenientes de la venta del servicio (flechas hacia abajo y flechas hacia arriba). Por último, cuando el proyecto se liquida (desinversión) porque deja de cumplir los objetivos financieros del mismo, se supone que la venta de los activos que poseen algún valor comercial genera algunos ingresos (flechas hacia arriba). En base a lo mencionado, las inversiones se hacen principalmente durante el período de instalación o ejecución, las cuales se pueden clasificar en inversiones fijas, inversiones diferidas y el capital de trabajo (Miranda Miranda, 2002).

5.1.1 Inversiones Fijas

Son aquellas que son inalterables durante la operación de la empresa y corresponden a los bienes tangibles, los cuales generalmente son adquiridos al inicio del proyecto y por única vez. Si bien el gasto ocasionado por la compra de dichos bienes tangibles se produce inmediatamente, su gasto físico se produce a lo largo de su vida útil, siendo así se debe considerar que su precio es un gasto que se reparte en cada uno de los periodos de su utilización; en este caso las inversiones fijas serían, los equipos y materiales necesarios para prestar el servicio (Miranda Miranda, 2002).

5.1.2 Inversiones Diferidas

Son activos intangibles, se denominan así porque su recuperación es en el largo plazo, defiriéndose año con año en los gastos de operación y están sujetas a amortización, son indispensables para la iniciación del proyecto, pero que no intervienen directamente en la producción (López Martínez, 2021).

Para este proyecto son los gastos de montaje y puesta en marcha; los gastos por capacitación y entrenamiento de personal no se tienen en cuenta dado que el proveedor del equipo electrométrico acarreará dicho costo.

5.1.3 Capital de Trabajo

Corresponde al conjunto de recursos necesarios, en forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, es decir es la parte de la inversión enfocada a financiar los desfases entre el momento donde se producen los egresos correspondientes

a la adquisición de los insumos y cuando se perciben los ingresos por la venta del servicio (Miranda Miranda, 2002).

Para el caso de este proyecto, el capital de trabajo no es contemplado, debido a que la compra del equipo electrométrico e insumos se realiza principalmente por razones académicas. Además, la implementación de la prueba no requiere inversiones grandes de dinero durante su desarrollo, y los ingresos obtenidos a razón de la prestación del servicio a terceros serán el valor agregado que presenta el proyecto con el fin de mostrar la factibilidad de implementar la prueba en cuestión.

A continuación, se presenta la tabla 33 a manera de resumen que indica el valor de cada una de las inversiones a realizar.

Tabla 33

Presupuesto de inversiones

TIPO DE INVERSIÓN	COSTOS (COP)
INVERSIONES FIJAS	
Equipo electrométrico	\$11,960,438
Pipeta 10 ml	\$ 9,639
Probeta 100 ml	\$ 34,629
Probeta 10 ml	\$ 27,251
INVERSIONES DIFERIDAS	
Gastos de montaje	\$ 0
Gastos de capacitación	\$ 0
CAPITAL DE TRABAJO	
Activos corrientes	\$ 0
FLUJO DE INVERSIÓN	\$ 12,031,687

Nota. El valor del equipo electrométrico corresponde a J-ROHI Ingeniería S.A.S quien incluye dentro de su valor dos beaker y para los materiales pipeta y las dos probetas corresponden a Archo lab supplies.

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 costos que se vinculan directamente con la prestación del servicio y se suelen clasificar en tres tipos:

- El primero son los costos directos, que en el caso de este proyecto incluyen las materias primas, como son las muestras de crudo a analizar para aplicar la prueba como práctica académica e insumos y químicos, como lo son el xileno, el butanol-1 y el metanol.
- El segundo de ellos son los gastos de fabricación, que incluyen todas aquellas herramientas que intervienen indirectamente en el desarrollo de la prueba y/o prestación del servicio como lo son la papelería (para entregar informes) y elementos de protección personal (gafas y guantes).
- En tercer lugar, se encuentran otros gastos, en los cuales se incluye el mantenimiento o reparación de los equipos necesarios para la realización de la prueba además de los servicios como energía eléctrica y demás servicios públicos, así como de también incluir el personal responsable de la práctica académica (Miranda Miranda, 2002).

5.3.2 Costos de Administración

Se incluyen todos los gastos relacionados con la prestación del servicio a través de la mano de obra por lo tanto hacen parte de estos el salario y prestaciones del personal, los seguros e impuestos (Miranda Miranda, 2002). Sin embargo, en el caso de este proyecto no se tienen contemplados, dado que el equipo para la prueba específica del Método electrométrico ASTM D3230 entraría en el laboratorio de fluidos como parte del portafolio de servicios, y sería operado por el personal ya contratado. Siendo así no es necesario contar con nuevo personal que esté enfocado únicamente en dicha prueba, por lo cual estos gastos hacen referencia a costos no desembolsables de la universidad.

5.3.3 Costos de Ventas

Incluyen los gastos relacionados con la comercialización y distribución del servicio, sin embargo, en los alcances del presente proyecto no son contemplados, debido que no tiene planteado contratar personal especial para vender el servicio, lo cual no descarta hacer algún tipo de publicidad para las empresas interesadas en realizar esta prueba. La idea principal es incluir en el portafolio de servicios prestados por la escuela este servicio con el fin de darlo a conocer a los posibles interesados.

A continuación, se presenta la tabla 34 a manera de resumen de los costos de producción relacionados a la prueba:

Tabla 34

Costos de producción

COSTOS DE FABRICACIÓN	PRECIO (COP)
COSTOS DIRECTOS	
Petróleo crudo	\$ 0
Insumos	
Xileno	\$ 4,075
Butanol-1	\$ 3,014
Metanol	\$ 738
GASTOS DE FABRICACIÓN	
Papelería (paquete hojas resma 500)	\$ 20,990
Elementos de protección personal	
Gafas	\$ 8,000
Guantes de nitrilo (caja 100 unidades)	\$ 44,900
COSTOS DE VENTAS	
Comercialización y distribución	\$ 0
COSTOS DE ADMINISTRACION	
Sueldos y prestaciones	\$ 0
COSTOS DE OPERACIÓN TOTALES	\$ 81,717

Nota. El precio para los reactivos es el valor para la realización de un solo medición del contenido de sal por medio del método electrométrico, específicamente se necesitan 40 ml de xileno, y aproximadamente 31.5 ml de Butanol-1 y 18.5 ml de metanol (volúmenes que variaría muy mínimo debido a que se agregan 3 ml de agua a la mezcla de 1 l de estos dos solventes), dicho precio fue calculado a partir del precio ofrecido por Archo lab supplies dividido en 2500 ml (2.5 L presentación que ofrece el proveedor) y multiplicado por el volumen requerido.

Se resalta que los valores presentados para los gastos de fabricación (papelería, gafas y guantes) en la anterior tabla fueron consultados a través de internet para productos comercializados

a la fecha del 24 de enero de 2023, con el fin de presentar un estimado del total de los costos de operación. En la tabla 35 se muestran los costos totales por concepto de inversiones y producción.

Tabla 35

Costos totales

COSTO	VALOR (COP)
Inversiones	\$ 12,031,687
Costos de producción	\$ 81,717
TOTAL	\$ 12,113,404

5.4 Ingresos por Prestación de Servicio

El comportamiento de los mercados a futuro posee una gran incertidumbre por lo cual en esta parte del estudio se plantean dos posibles escenarios: el académico y el comercial (que presentara tres posibles casos), a través de los cuales se buscar identificar de manera más clara a quiénes y cómo se les prestaría el servicio para la prueba específica del método electrométrico para determinación del contenido de sal ASTM D3230 a través del laboratorio de fluidos de la EIP.

El escenario académico está enfocado netamente al aprendizaje y adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes acerca del método electrométrico para determinación del contenido de sal en petróleo crudo ASTM D3230 (objetivo central de este proyecto), este escenario se basa en la cantidad de estudiantes matriculados en la materia laboratorio de los fluidos y en los posibles investigadores/tesistas que requerían esta prueba dentro de sus trabajos de grado, quienes serían los demandantes de este servicio y por ende su costo no se tendría en cuenta por funciones misionales del programa de Ingeniería de petróleos.

Se plantea que en cada semestre el número total de estudiantes matriculados en la materia de laboratorio de fluidos sea aproximadamente de 45, los cuales serán divididos en 10 grupos de trabajo dentro del laboratorio, con el fin de realizar las pruebas correspondientes de la materia, por lo cual serían necesarias 10 pruebas ASTM D3230 por semestre y un total de 20 pruebas al año. El costo de realizar estas 20 pruebas sería de \$3,391,500 COP, teniendo en cuenta un valor de prueba de \$169,575 COP calculado en el apartado del análisis de mercado en base al mejor competidor.

Tabla 36

Escenario académico

Demanda	Grupos de Trabajo de Estudiantes	Total por semestre	Total al año
Cantidad de pruebas a realizar	10	10	20

El escenario comercial se considera que además de utilizar los equipos para realización de la prueba con fines académicos, se plantea también la venta del servicio de determinación del contenido de sal a terceros (empresas enlistadas anteriormente como clientes potenciales). Este escenario se basa en la información de que actualmente las empresas tanto transportadoras como comercializadoras crudo en Colombia, bajo reglamentación del país el contenido de sal (utilizado como parámetro de calidad) debe ser evaluado por el método presente en este proyecto. Por lo cual se establece bajo la premisa del requerimiento de este servicio en el país, las empresas privadas y públicas reconocerían al laboratorio de fluidos de la EIP como institución prestadora del ensayo

bajo el método ASTM D3230. Dentro de este escenario comercial se tienen 2 consideraciones importantes:

1. Al menos 6 de las empresas enlistadas como clientes potenciales requerirán el servicio de la determinación del contenido de sal de petróleo crudo por medio del método electrométrico ASTM D3230 y contratarán a la UIS para la realización de dicha prueba en el laboratorio de la EIP.
2. Para cada empresa se venderán 1 servicio mensual, por lo cual un total de 12 servicios al año y un total de 72 servicios (12*6 empresas) a terceros, al semestre serian un total de 36.

Tabla 37

Escenario comercial

Demanda	Academia	Terceros	Total por semestre	Total por año
Cantidad de pruebas a realizar	10	36	46	92

Nota. El costo de realizar los 72 servicios a terceros tendría un valor de \$12,209,400 COP, para un total junto con los 20 académicos de \$15,600,900 COP. Además, se considera que, por su ubicación geográfica de la UIS las compañías presentes en la región optarían por el servicio, con lo cual si sería posible la realización de la cantidad total anterior de servicios.

5.5 Indicadores de Evaluación Financiera

Para realizar la evaluación financiera de este proyecto a nivel de prefactibilidad se usa el indicador de Valor Presente Neto (VPN), definido como la diferencia entre el valor presente de los

flujos futuros del proyecto y la inversión inicial necesaria para ejecutar el mismo. Es un indicador que mide el beneficio económico de un proyecto dado su flujo de fondos y su tasa de descuento (Virreira Avila, 2020). El VPN es calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (8)$$

Donde:

FNE_n : Flujo neto de efectivo en el período n

P: Inversión inicial en el año cero

i: Tasa de descuento

De acuerdo a 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.

En nuestro proyecto se considera que el VPN es igual a cero con el fin de que inversión en la adquisición del equipo se recupere durante un periodo inicial que variará en tres diferentes casos para el escenario comercial (pues es donde se generarían ingresos por la venta del servicio), además de permitir a la universidad tomar la decisión si invertir o no.

Habiendo mencionado lo anterior, la tasa de descuento que al ser el $VPN=0$ se convierte en la tasa interna de retorno (TIR), se podría considerar diferente para cada periodo, pero para este proyecto se asumirá que es igual en todos los periodos para ser más exactos será del 5%.

A continuación, se presentan los cálculos realizados para el escenario comercial en donde se establece que el proyecto tendrá una TIR de 5% y recuperará la inversión en tres diferentes escenarios, los cuales son:

- El optimista donde la UIS se ha posicionado de manera competitiva y participativa dentro del mercado de compañías que prestan este servicio de determinación del contenido de sal por medio del método electrométrico ASTM D3230, lo cual permitiría que se recuperará la inversión en 5 años.
- El intermedio donde la aceptación de la UIS como compañía que presta el servicio de determinación del contenido de sal por medio del método electrométrico ASTM D3230 dentro del mercado no fue considerablemente alta dando lugar a que la inversión se recuperará en 7 años
- El pesimista donde la UIS como compañía que presta el servicio de determinación del contenido de sal por medio del método electrométrico ASTM D3230, no se posicionó de manera adecuada y tuvo poco reconocimiento generando que la inversión se recuperará en 10 años.

5.5.1 Cálculos para los Valores del VPN de Cada Escenario

Para los cálculos realizados como se mencionó anteriormente se igualo el valor del VPN a cero, luego se mantuvo un valor de TIR=%5 constante en cada periodo de tiempo y escenario, lo cual permitió hallar el valor del flujo en cada periodo de tiempo y a su vez el número mínimo de pruebas que se debían realizar por año para recuperar la inversión.

- Calculo Escenario Comercial Optimista

$$= -\$12,113,404 + \frac{\$ 2,882,775}{(1+0.05)^1} + \frac{\$ 2,882,775}{(1+0.05)^2} + \frac{\$ 2,882,775}{(1+0.05)^3} + \frac{\$ 2,882,775}{(1+0.05)^4} + \dots \quad (9)$$

$$\dots + \frac{\$ 2,882,775}{(1+0.05)^5} \approx 0$$

- Calculo Escenario Comercial Intermedio

$$= -\$12,113,404 + \frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^1} + \frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^2} + \frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^3} + \frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^4} + \dots \quad (10)$$

$$\frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^5} + \frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^6} + \frac{\$ 2,204,475}{(1+0.05)^7} \approx 0$$

- Calculo Escenario Comercial Pesimista

$$= -\$12,113,404 + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^1} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^2} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^3} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^4} + \dots \quad (11)$$

$$\frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^5} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^6} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^7} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^8} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^9} + \frac{\$ 1,695,750}{(1+0.05)^{10}} \approx 0$$

Los valores de flujo neto efectivos de \$2,882,775 COP, \$2,204,475 COP y \$1,695,570 COP son los valores mínimos de ingresos por año de la venta del servicio para cada caso del escenario comercial, puesto a un número menor de flujo neto el valor del VPN sería negativo (menor a cero).

5.6 Resultados Análisis Financiero

En la tabla 38 se presenta el número mínimo de pruebas que se debe realizar para el escenario comercial optimista, intermedio y pesimista con el fin de recuperar la inversión en los periodos de tiempo de 5,7 y 10 años respectivamente.

Tabla 38

Resultados de cada escenario comercial

Escenario	Tiempo	Cantidad de pruebas mínimas anuales	Valor anual (COP)
Optimista	5 años	17	\$ 2,882,775
Intermedio	7 años	13	\$ 2,204,475
Pesimista	10 años	10	\$ 1,695,750

6. Sistema de Gestión de Calidad Basado en la Norma Técnica Colombiana

ISO/IEC 17025:2017

El sistema de gestión de calidad (SGC) es un conjunto de elementos que permiten a las organizaciones planear, ejecutar, monitorear y mejorar continuamente las actividades necesarias para el cumplimiento de su misión y objetivos a través del establecimiento de políticas y procesos que permitan ofrecer productos y servicios que cumplan con los requisitos, así como también proporcionar confianza a sus clientes y sostenibilidad a las organizaciones.

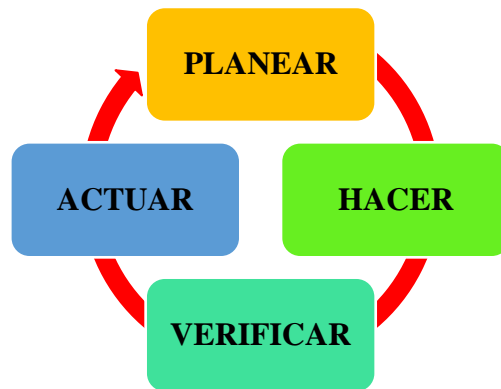
En este capítulo se documentan los controles requeridos para la implementación del sistema de gestión de calidad basado en la NTC-ISO/IEC 17025:2017 para ensayos de laboratorio, con el propósito de garantizar la calidad de las pruebas y la veracidad de sus resultados. Cabe resaltar que el SGC está basado en el Ciclo de Mejora Continua representado en la figura 18, el cual consta de cuatro etapas: Planear; Hacer, Verificar, Actuar (PHVA), por lo tanto, ayuda a las organizaciones a crecer y desarrollarse de forma fluida y constante (Cantú Delgado, 2011).

- Planear: es establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: es la implementación de los procesos.
- Verificar: aquí se comparan los resultados planeados con los obtenidos realmente,

- **Actuar:** Con esta etapa se concluye el ciclo de calidad, pues se toman las acciones correctivas, preventivas o de mejora dependiendo de los resultados obtenidos con el fin de optimizar continuamente el desarrollo de los procesos.

Figura 18

Ciclo de mejora continua



La implementación del SGC permitirá a la universidad posicionarse en un campo altamente competitivo en cuanto a la prestación de un servicio o producto en específico que cumple con todos los parámetros y lineamientos para asegurar la confiabilidad, calidad y eficacia en todos los procesos que se desarrollan en sus instalaciones; contribuyendo así a el proceso de acreditación de la UIS para obtener por parte de un organismo con autoridad (ONAC), el reconocimiento de poseer la competencia técnica necesaria para realizar sus determinadas labores. Es importante mencionar que el proceso de acreditación del laboratorio se requiere una considerable inversión económica y un periodo de tiempo considerablemente extenso.

6.1 Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), es el Organismo Nacional de Normalización de Colombia, dentro de 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 NTC ISO/IEC 17025 fue establecida gracias a la integración de dos normas, la guía ISO/IEC 25 publicada en 1978, revisada posteriormente en 1990, la cual hace referencia a los Requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de análisis y la norma europea EN 4500 con referencia a los Criterios generales para el funcionamiento de los laboratorios de análisis.

6.1.2 Objetivo

El principal objetivo que persigue la NTC ISO/IEC 17025 es garantizar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos. Esta norma ha sido diseñada para que se utilice en los laboratorios de ensayo y calibración cuando se llevan a cabo los sistemas de gestión para sus actividades de calidad, administrativas y técnicas.

6.1.3 Requisitos para la Acreditación de Alta Calidad

La norma técnica colombiana ISO/IEC 17025:2017 contiene un gran número de requisitos que deben cumplir los laboratorios con el fin de mantener la calidad de los mismos, estos están

agrupados en cinco componentes principales que corresponden a: requisitos generales, requisitos relativos a la estructura, requisitos relativos a los recursos, requisitos del proceso y requisitos del sistema de gestión. En la tabla 39 se enlistan los temas principales de estos 5 componentes.

Tabla 39

Requisitos de la NTC ISO/IEC 17025:2017

Requisitos Generales	Imparcialidad Confidencialidad
Requisitos Relativos a la Estructura	Requisitos legales Requisitos de los clientes y partes interesadas
Requisitos Relativos a los Recursos	Personal Instalaciones y condiciones Equipamiento Trazabilidad metrológica Productos y servicios suministrados externamente
Requisitos del Proceso	Revisión de solicitudes, ofertas y contratos Selección, verificación y validación de métodos Muestreo Manipulación de los ítems de ensayo o calibración Registros técnicos Evaluación de la incertidumbre de medición Aseguramiento de la validez de los resultados Informe de resultados Quejas Trabajo no conforme Control de los datos y gestión de la información
Requisitos del Sistema de Gestión	Opción A: Requisitos de gestión Opción B: ISO 9001

Nota. Tabla elaborada por el autor, adaptada en base al contenido de la NTC ISO/IEC 17025:2017.

Fuente (Organización Internacional para la normalización, 2017).

De acuerdo a la norma de acreditación de laboratorios NTC ISO/IEC 17025:2017, el siguiente listado son los aspectos o elementos claves que se necesita para realizar la solicitud o el proceso de acreditación de la prueba del estándar ASTM D3230 descrito en la siguiente sección, una vez se decida implementar en el laboratorio:

1. Contar con un procedimiento para la selección del personal competente donde se evidencie como se supervisa, se autoriza, se capacita dicho personal, además de garantizar que el personal o las actividades del laboratorio se realicen sin presiones indebidas (comerciales, financieras u otras), sin conflictos de interés.
2. Tener un procedimiento para la manipulación, transporte, almacenamiento, uso y mantenimiento de los equipos y materiales de referencia idóneos.
3. Tener un procedimiento para la selección de proveedores y subcontratistas, donde se identifique qué necesita el laboratorio, bajo qué especificaciones, se verifique que se recibió y se evalúe el desempeño de dichos proveedores.
4. Tener un procedimiento que evalúe, revise y garantice que el laboratorio cuente con la competencia y recursos para la actividad o servicio que se quiere ofrecer, para ello se debe definir qué quiere el cliente, bajo qué métodos se hará el ensayo.
5. Tener procedimientos para la calibración, ensayo, muestreo, así como de también uno para la evaluación de la incertidumbre. Además, también tener procedimiento de análisis de los datos obtenidos con el fin de analizar si el laboratorio es o no competente evitando así trabajo no conforme.

6. Conservar los registros técnicos originales donde se evidencie la fecha y responsable, que sean mantenidos y fácilmente recuperables.
7. Garantizar la validez de sus resultados mediante la participación en ensayos de aptitud o comparaciones inter-laboratorio.
8. Presentar los resultados en informes de calibración, ensayo, muestreo y sobre declaraciones de no conformidad según corresponda, deben ser de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva. Además, asegurarse que solo el personal experto autorizado sea el responsable de expresar opiniones e interpretaciones.
9. Tener un procedimiento para las quejas, que sea práctico y funcional, así como de estar disponible para el cliente.
10. Validar que sus sistemas de información tanto manuales como digitales, estén salvaguardados contra acceso no autorizado, manipulación indebida y pérdida.
11. Definir las autoridades y responsabilidades para la gestión del trabajo no conforme, además de identificar, valorar, tomar decisiones y acciones correctivas sobre el trabajo no conforme.

6.2 Proceso de Acreditación

La acreditación es una evaluación independiente de los Organismos Evaluadores de la Conformidad (OEC) de acuerdo a estándares reconocidos globalmente, es decir es un proceso por el cual una determinada organización (en este caso el laboratorio de fluidos) es capaz de medir la calidad de sus productos y/o servicios ofrecidos y el rendimiento de los mismos frente a estándares nacionales o internacionales.

Dentro de sus ventajas está que permite a los Organismos Evaluadores de la Conformidad (OEC) asegurarles a sus clientes, que los servicios de pruebas, calibración, inspección o certificación acreditados que les ofrecen, contribuyen significativamente a reducir los riesgos asociados a la calidad o seguridad de los bienes o servicios sujetos a evaluación. Además, 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 (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, s.f.).

El objetivo principal de la ONAC es proveer los servicios de acreditación a los organismos de evaluación de la conformidad 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, funciones que viene desempeñando desde el año 2008.

La ONAC también es una de las instituciones de la infraestructura nacional de calidad, denominada SICAL (Subsistema Nacional de la Calidad), subsistema contiene un arreglo de instituciones que conforman la infraestructura de la Calidad en Colombia. Desde los ámbitos público y privado lideran actividades y políticas en materia de normalización, reglamentación técnica, acreditación, evaluación de la conformidad, metrología y vigilancia y control (Subsistema Nacional de la Calidad, s.f.).

A continuación, en base a la información disponible en el sitio web de la ONAC y en el documento de la ONAC “Reglas de Servicio de Acreditación RAC-3.0-01 Versión 08”, se presentan los aspectos requeridos que la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad

Industrial de Santander, debe establecer para incluir el estándar técnico ASTM D3230 dentro de su portafolio de servicios como protocolo acreditado por parte de la ONAC.

6.2.1 Alcance de la Acreditación

Los alcances de la acreditación deben estar definidos de forma clara, precisa y sin ambigüedades, de forma que se proporcione una información concreta y delimitada sobre la competencia técnica demostrada al cliente del OEC acreditado como a las demás partes interesadas. Con la solicitud de acreditación el OEC deberá proponer el alcance para el que solicita ser acreditado, el cual será revisado y de ser necesario la ONAC solicitará que sea ajustado o modificado para que esté acorde con las reglas de la acreditación.

El alcance se definirá en función a:

- El tipo de Organismo de Evaluación de la Conformidad.
- El objeto de evaluación de la conformidad.
- Los documentos normativos con los que se realiza la evaluación de la conformidad, ya sean normas nacionales o 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 definen como aquellos requisitos que deben cumplir los OEC para ser acreditados por ONAC y para mantener el estado vigente de su acreditación. Dentro de los criterios generales de la acreditación, ONAC adopta y aplica los requisitos establecidos en los documentos mandatorios establecidos por las organizaciones:

- International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
- International Accreditation Forum (IAF).
- Interamerican Accreditation Cooperation (IAAC).

Los criterios generales para obtener la acreditación definidos de acuerdo al esquema de acreditación en nuestro caso se pueden observar en la tabla 40.

Tabla 40

Criterios Generales por Esquema de Acreditación

Norma	Organismo de Evaluación de la Conformidad	Siglas
ISO/IEC 17025	Laboratorios de Ensayo	LAB
ISO/IEC 17025	Laboratorios de Calibración	LAC

Nota. Los requisitos para acreditar el laboratorio en el estándar técnico ASTM D3230 se encuentran en la NTC ISO/IEC 17025:2017, los cuales fueron descritos en la anterior sección de este proyecto, por consiguiente, el esquema de acreditación seleccionado fue en base a dicha norma. Fuente (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia, s.f.).

6.2.3 Elementos Claves para la Acreditación ONAC

Hay que tener en cuenta que la Escuela de Ingeniería de Petróleos cuenta actualmente con un Sistema de Gestión Integral (SGI), compuesto por los Sistemas de Gestión Ambiental y el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, 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. En la figura 19 se observan los logotipos de estos estándares.

Figura 19

Estándares de Certificación de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la UIS



Además de los procedimientos enlistados en la sección 6.1 de este proyecto, se recomienda estudiar y seguir el siguiente documento guía con la estructura de los laboratorios de la escuela de ingeniería de petróleo con el fin de facilitar el proceso de acreditación y evitar complicaciones durante el mismo:

GUÍA DEL ESTUDIANTE EN EL LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAL MÉTODO ELECTROMÉTRICO ASTM D3230 EN PETRÓLEO CRUDO. Véase Apéndice D.

Adicionalmente también se plantea la realización de la siguiente lista de chequeo o cuadro diagnóstico (tabla 41) con el fin de revisar los requisitos de la NTC ISO/IEC 17025:2017 que el laboratorio de fluidos de la escuela de ingeniería de petróleos cumple o no, todo esto antes de iniciar el proceso de acreditación. Para ellos se establece 5 estados de cumplimiento de dichos requisitos, Los cuales fueron basados en el trabajo realizado por (Gonzalez Ortegón & Torrado Carvajal, 2009)::

- Estado 1: el requisito no posee ningún desarrollo.
- Estado 2: el requisito ha sido desarrollado, pero no está documentado.
- Estado 3: el requisito se encuentra documentado, pero no implementado.
- Estado 4: el requisito se encuentra en alguno de estos procesos: análisis, revisión, aprobación, auditoría interna o en acciones correctivas.
- Estado 5: el requisito es cumplido en su totalidad.

Tabla 41

Lista de chequeo de requisitos NTC ISO/IEC 17025:2017

Requisitos	Estado					Descripción
	1	2	3	4	5	
Requisitos Generales	Imparcialidad					Se garantiza que el personal o las actividades del laboratorio se realicen sin presiones indebidas (comerciales, financieras u otras), sin conflictos de interés.
	Confidencialidad					Se garantiza que la información del cliente, la información técnica del laboratorio este salvaguardada, para ellos se establecen unos acuerdos legalmente ejecutables para garantizar la confidencialidad de la información
Requisitos Relativos a la Estructura	Requisitos legales					Se identifica los requisitos legales que el laboratorio debe cumplir.
	Requisitos de los clientes y partes interesadas					Se define las funciones y las autoridades del personal que tienen que ver con las actividades críticas del sistema de gestión.
Requisitos Relativos a los Recursos	Personal					Se garantiza que el personal cuenta y mantiene la competencia necesaria para el desarrollo de las actividades que afectan la confiabilidad de los resultados.
	Instalaciones y condiciones					Las instalaciones y las condiciones ambientales del laboratorio son las adecuadas para las actividades que se desarrollan dentro de él y no afectan adversamente la validez de los resultados.
	Equipamiento					Se tiene acceso al equipamiento idóneo, incluidos, pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles y aparatos auxiliares que se requieran para el desarrollo de las actividades y puedan influir en sus resultados.

Trazabilidad metrológica	Se establece y mantiene la trazabilidad metrológica de los resultados de las 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.
Productos y servicios suministrados externamente	<p>Se asegurará de que los productos y servicios suministrados externamente ya sea por parte de proveedores o subcontratistas, que afectan a las actividades del laboratorio, son adecuados y utilizados únicamente cuando estos productos y servicios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Están previstos para la incorporación a las actividades propias de laboratorio. • Son suministrados, parcial o totalmente, directamente al cliente por el laboratorio, como se reciben del proveedor externo. • Son usados para apoyar la operación del laboratorio.
Revisión de solicitudes, ofertas y contratos	Antes de comprometerse con un servicio el laboratorio evalúa revisa y garantiza que cuenta con la competencia necesaria y recursos para aplicar correctamente el procedimiento a ofertar
Selección, verificación y validación de métodos	Se cuenta con los siguientes tres procedimientos: Un procedimiento para el desarrollo de la actividad Un procedimiento para evaluar la incertidumbre. Un Procedimiento para el análisis estadístico de los datos
Muestreo	Se garantiza que la muestra que se tomo es una muestra representativa y se puede demostrar al especificar que tiene un procedimiento de muestreo.
Manipulación de los ítems de ensayo o calibración	Se cuenta con un procedimiento para el transporte, recepción, manipulación, protección, almacenamiento, conservación, disposición y devolución de los ítems de ensayo o calibración

**Requisitos del
Proceso**

	Registros técnicos	Se asegura que los registros técnicos para cada actividad de laboratorio contienen 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
	Evaluación de la incertidumbre de medición	Se incluye todas las posibles fuentes significativas o que afecten la incertidumbre, para ello cuantifica y compara las fuentes con los demás elementos.
	Aseguramiento de la validez de los resultados	Se cuenta con un procedimiento para hacer seguimiento a la validez de los resultados a través del registro de los datos obtenidos para detectar tendencias y aplicar técnicas estadísticas cuando sea posible a la revisión de los resultados.
	Informe de resultados	Se presentan los resultados de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva, normalmente en un informe, y se incluye 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.
	Quejas	Se establece un procedimiento documentado para recibir, evaluar y tomar las decisiones acerca de las quejas, además debe estar disponible para que el cliente lo pueda consultar.
	Trabajo no conforme	Se establece un procedimiento para el trabajo no conforme
	Control de los datos y gestión de la información	se tiene acceso a los datos y a la información que sea necesaria para llevar a cabo las actividades.
Requisitos del Sistema de Gestión	Opción A: Requisitos de gestión	Además de los requisitos anteriores también debe contar con un control de la documentación del sistema de gestión, un control de registros, tomar acciones para abordar riesgos y oportunidades, identificar y seleccionar oportunidades de mejora, tomar acciones correctivas, realizar auditorías internas y revisiones por parte de la dirección.

6.2.4 Aspectos básicos para la Acreditación

Antes de iniciar el proceso de acreditación la ONAC recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Debe ser una persona jurídica debido a que la acreditación se le otorga a una empresa legalmente constituida.
- Para algunos esquemas de acreditación (en este caso el LAC y LAB), es importante haber prestado al menos un servicio en la actividad de evaluación de la conformidad a acreditar.
- Se debe conocer y haber implementado las normas técnicas correspondientes a la evaluación de la conformidad a acreditar. Para el esquema de acreditación seleccionado es la NTC ISO/IEC 17025 en su versión 2017.
- Al implementar la norma correspondiente, abarca también haber aplicado todas sus exigencias, siendo la implementación de un Sistema de Gestión la más importante para asegurar que todos los procedimientos de la organización están formalizados y estandarizados garantizando así que estos son realizados siempre de la misma forma y calidad.
- Se debe garantizar la imparcialidad con la que se realizan las actividades, asegurando así la objetividad de los servicios y por ende sus resultados.
- Se debe asegurar que se cuenta con los recursos necesarios e idóneos para brindar resultados imparciales y de óptima calidad, dentro de estos recursos se encuentran las adecuadas condiciones ambientales y de infraestructura; los equipos necesarios

incluyendo sus controles metrológicos y sus calibraciones periódicas y personal competente (que cuente con educación, formación, experiencia y habilidad demostrada).

- También es importante que antes de aplicar al proceso de acreditación, el solicitante conozca los requisitos y documentos que debe tener en cuenta en cada una de las etapas.

Los documentos se han clasificado como se describen a continuación:

- 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 (17025 versión 2017 para nuestro caso).
- 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 acreditación, criterios de evaluación y documentos normativos varían para cada esquema de acreditación.

6.3 Ruta de Acreditación

Una vez identificado el esquema de acreditación a aplicar, se puede iniciar el proceso de acreditación. Para ello se tienen en cuenta los siguientes pasos.

6.3.1 Registro Inicial

Como paso inicial el solicitante debe registrarse en el Sistema de Información de Prestación del Servicio de ONAC (SIPSO). SIPSO permite sistematizar la gestión de todas las etapas del proceso de acreditación, facilitando la interacción entre los organismos evaluadores de la conformidad, los equipos evaluadores y la administración de ONAC, y aportando mayor trazabilidad y agilidad en la operación coherente de cada esquema de acreditación. Al momento de registrarse se deberá ingresar toda la información principal correspondiente al organismo que se va a acreditar, en este caso el Laboratorio de Fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, también se ingresa la información acerca de la evaluación de la conformidad y la información del representante legal.

6.3.2 Presentación de la Solicitud de Acreditación

La solicitud de acreditación se realiza diligenciando física o electrónicamente en su totalidad el “Formulario de Solicitud de Acreditación” del esquema de evaluación de la conformidad seleccionado y que corresponda, con la firma del representante legal y con los anexos requeridos para el trámite respectivo, es requisito necesario haber realizado el pago de los derechos de revisión con el fin de que la ONAC dé inicio a la revisión de la solicitud.

Al presentar el formulario de solicitud de acreditación el representante legal del OEC se compromete a:

- Proponer el alcance de la acreditación.
- Hacerse cargo de los costos que ocasione cada evaluación, evaluaciones complementarias o evaluaciones extraordinarias.

- Pagar los costos de acreditación de acuerdo a las tarifas descritas en el documento RAC-3.0- 02 de la ONAC.
- Conocer y aceptar las reglas de acreditación contenidas en los Estatutos de ONAC y en el Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo (Decreto 1074 de 2015, Capítulo 7 del Título 1 de la Parte 2 del Libro 2), "Subsistema Nacional de la Calidad", obligándose a su cumplimiento.
- Conocer y aceptar las Reglas del servicio de Acreditación, los deberes y derechos como contratante de los servicios de acreditación y los que le asisten como OEC acreditado, descritas en el documento RAC-3.0-01 y en el Contrato de Otorgamiento y Uso del Certificado de Acreditación.
- Cumplir con los criterios generales y específicos de acreditación para el esquema solicitado.
- Recibir y prestar colaboración al equipo evaluador, permitiendo realizar las actividades correspondientes para verificar el cumplimiento de los requisitos de acreditación.

En el caso de solicitar la acreditación para diferentes actividades de evaluación de la conformidad, se debe presentar las solicitudes separadas para cada tipo de organismo, que serán gestionadas de forma independiente.

6.3.3 Revisión de la Solicitud

Con el fin de iniciar el trámite de revisión de la solicitud, se deberá anexar al formulario la copia del pago de los derechos no reembolsables de revisión, por el monto equivalente a 0,5 día

evaluación a la tarifa vigente al momento de la presentación y debe cumplir con todos los requerimientos establecidos en el Procedimiento de Revisión de Solicitudes y Estimación de la Capacidad para la Prestación de los Servicios de Acreditación de OEC, PR-3.2-01.

Una vez recibida la solicitud de acreditación y verificado el pago por concepto de la revisión inicial, la ONAC dará su concepto de recibido de la solicitud y revisará la documentación suministrada con el objetivo de comprobar que la actividad es susceptible de ser acreditada o si existe algún motivo que lo impida, en cuyo caso se lo comunicará al solicitante.

La ONAC evalúa también si la actividad corresponde al esquema de acreditación bajo el que se solicita y que se tenga la capacidad para atender dicha solicitud. Posteriormente se verificará que el alcance esté claramente definido, y que la documentación que se requiere para la solicitud esté completa y sea adecuada, de no ser así la ONAC solicitará que se complete o incluso podrá solicitar información adicional dentro de un plazo de tiempo determinado para continuar con la correcta ejecución del proceso de acreditación, en caso de que la ONAC no reciba respuesta de parte del OEC a estas observaciones se considerara desistida la solicitud.

6.3.4 Elaboración de la Cotización de Acreditación

Una vez la ONAC considere completa la información para iniciar la prestación del servicio, se asignará un código de archivo a la solicitud y se enviará al solicitante la cotización de los costos del proceso de evaluación inicial, elaborado de acuerdo al documento de tarifas R-AC-02, para su posterior aceptación.

Dentro de la tarifa día-evaluación se incluye:

- El tiempo empleado por el equipo evaluador en la revisión de documentos, de acuerdo al alcance contemplado en el formulario de solicitud de acreditación aplicable, el cual evaluará la conformidad documental y elaborará el plan de evaluación en sitio.
- El tiempo empleado por el equipo evaluador en la evaluación en sitio, comprendida por: la evaluación de la competencia técnica, del sistema de gestión y el atestiguamiento, para verificar la competencia del OEC.
- El tiempo empleado por el líder de equipo y/o experto técnico para realizar el informe.
- La revisión del plan de acción propuesto por el OEC para solucionar las no conformidades encontradas.
- La tarifa día-evaluación no incluye tiquetes y/o desplazamientos aeropuerto - sede evaluación - aeropuerto y alojamiento, cuando la evaluación se realice en ciudad distinta.

Una vez aceptada la cotización, se deberá pagar la suma establecida en la cotización para la evaluación inicial y remitir a la ONAC el acuerdo para la prestación del servicio de evaluación de acreditación, firmado por el representante legal. Luego de recibir la confirmación del pago y el acuerdo debidamente firmado, la ONAC procederá a la programación de la evaluación de acuerdo con el Procedimiento para Programar los Servicios de Evaluación a OEC, PR-3.1-01.

6.3.5 Designación del Equipo Evaluador y Programación de la Evaluación

El Profesional de Planeación del Servicio designará a los miembros del equipo evaluador que llevarán a cabo el proceso de evaluación, el cual será seleccionado de la base de profesionales

técnicos competentes y calificados, expertos técnicos, además de que su número de integrantes estará en función del alcance de la acreditación solicitada.

Principalmente el equipo estará conformado por un líder de equipo responsable final de la evaluación y tantos evaluadores y expertos técnicos sean necesario para el proceso. El solicitante será informado con anticipación de los miembros del equipo evaluador y las fechas en las que se realizarán las etapas de la evaluación.

En caso de que algún miembro del equipo evaluador pudiera comprometer la independencia e imparcialidad de la evaluación; el OEC podrá objetar por escrito su asignación, sustentando los argumentos de su objeción. En ese caso ONAC analizará los motivos expuestos por el OEC y comunicará su decisión sustentada.

6.3.6 Proceso de Evaluación

El proceso de evaluación está conformado por las siguientes etapas:

- **Revisión de la documentación y los registros:** Tiene como objetivo realizar una revisión de la documentación y registros proporcionados con la solicitud por el OEC y se desarrollara en la sede de ONAC o del líder de equipo con el fin de evaluar la conformidad del sistema de OEC, tal como está documentado, con las normas y otros requisitos de acreditación pertinentes. En esta etapa se pueden generar no conformidades que serán comunicadas por escrito al OEC.
- **Evaluación in situ:** El equipo evaluador designado realizará una visita de auditoría a las instalaciones del OEC cuyo objeto es verificar el cumplimiento de los criterios de

- acreditación. Dicha evaluación se realiza en tres fases: Reunión de apertura, Verificación y Reunión de cierre.
- Respuesta del OEC ante no conformidades detectadas en la evaluación: El líder de equipo le informará al OEC cuando se detecten no conformidades en la evaluación durante la reunión de cierre, quien podrá apelarlas o aceptarlas. Para las no conformidades el OEC deberá revisar que no se presenten en otros casos diferentes al evaluado, hacer las correcciones pertinentes, tomar las acciones correctivas para eliminarlas y que no se repitan, todo esto dentro del plazo de tiempo establecido.
 - Verificación complementaria: La verificación complementaria podrá ser realizada por el experto técnico acompañado del líder de equipo, o por un evaluador diferente al líder de equipo que realizó la evaluación, esta verificación se hará 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 líder del equipo evaluador elaborará un informe con los resultados e información recolectada durante todas las actividades de la evaluación, incluida la verificación complementaria, en caso de haber sido necesaria. Este informe será enviado al OEC con posterioridad a la revisión y consideración del mismo por el Comité de Acreditación.

6.3.7 Decisión Sobre la Acreditación

La decisión es tomada por el Comité de Acreditación, el cual analizará toda la información generada durante las diversas etapas del proceso de evaluación, la contenida en informes de seguimiento y cualquier otra información disponible de acuerdo al Procedimiento de Toma de Decisión Sobre la Acreditación de OEC, PR-3.4-01. Con base en esto, el Comité de Acreditación adoptará una de las siguientes decisiones:

- Otorgar la acreditación.
- Renovar la acreditación.
- Mantener la acreditación.
- Suspender la acreditación.
- Retirar la acreditación.
- Modificar, ampliar o reducir el alcance de la acreditación.

El Comité de Acreditación decidirá el otorgamiento, mantenimiento, ampliación o renovación de la acreditación, sólo cuando se verifique que existe la suficiente evidencia de que se cumplen los requisitos de acreditación y que las no conformidades validadas han sido adecuadamente tratadas.

6.3.8 Cierre del Proceso de Acreditación

Tras una decisión positiva del Comité de Acreditación, y una vez que el OEC haya suscrito los contratos y pagado los costos correspondientes, la ONAC emitirá un Certificado de Acreditación, que contiene como mínimo los siguientes aspectos:

- El nombre del OEC y el código de la acreditación concedida.
- Norma internacional contra la cual se otorga la acreditación.
- Alcance de la acreditación concedida,
- Dirección y ubicación de la sede principal del OEC y de los sitios cubiertos por la acreditación.
- La fecha de aprobación de la acreditación y referencia a su periodo de vigencia.

Además de generar los certificados, el OEC tiene derecho a hacer uso del símbolo del ONAC de acreditación con referencia a su condición de acreditado como se expone en el documento R-AC-03, así como también se publicará en la página web de la ONAC y se actualizará el directorio oficial de acreditados del ONAC adjuntado el documento que respalda la acreditación a favor del OEC.

Conclusiones

- Dentro de los métodos estándar para la determinación del contenido de sal en petróleo crudo, el método electrométrico ASTM D3230 es el que más destaca por su sencillez y bajos requerimientos de equipos y materiales, además de tener un rango de medición desde los 1 PTB a las 150 PTB, así como de ser el estándar actualmente aceptado por los transportadores de crudo en el país y la reglamentación del mismo. Mediante la realización del estudio de prefactibilidad para implementar el estándar ASTM D3230 como uno de los servicios prestados por el laboratorio de fluidos de la EIP, se identificaron los aspectos básicos del mercado alrededor del mismo y los requisitos técnicos, financieros y de calidad, con el fin de evaluar la viabilidad del proyecto en su fase previa, presentando las propuestas técnicas y financieras que más se ajustan a los objetivos del mismo.

- A través de la investigación y consultas realizadas, se estableció que es posible entrar en el mercado de la prestación del servicio de determinación del contenido de sal en petróleo crudo por medio del método electrométrico ASTM D3230, puesto que la oferta del mismo se encuentra limitada por la baja cantidad de empresas o laboratorios que poseen dentro de su portafolio de servicios dicha prueba además de la falta de certificación de algunas de ellas; adicionalmente, se calculó a través de los precios de la competencia el valor de la prueba base con el que la UIS podría entrar a competir en el mercado, es decir, \$169,575 COP por cada análisis.

- Se proponen tres casos posibles durante el escenario comercial (donde aparte de la realización de la prueba con fines académicos se dispondría la venta del servicio a terceros) los cuales son uno optimista, uno intermedio y otro pesimista; cada uno de estos propone un tiempo de 5,7 y 10 años respectivamente con el fin de demostrar que la rentabilidad del proyecto se demuestre con cifras realistas y confiables. En los casos del escenario comercial, la viabilidad del proyecto se evidencia a través del valor 0 del VPN, lo cual indica que es posible recuperar la inversión por completo en los periodos de tiempos supuestos y una vez superado dicho tiempo o realizado el mínimo de pruebas para cada caso, se podría obtener ganancias, siendo un mínimo de 17 pruebas por año para el caso optimista, 13 pruebas mínimas por año para el intermedio y 10 pruebas mínimas por año en el pesimista.
- Mediante la creación e implementación de un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma NTC ISO 17025:2017 para ensayos de laboratorio, le permitiría a la UIS establecer las recomendaciones o requisitos que garanticen la competencia técnica y la validez de los resultados del protocolo de prueba seleccionado con el fin de mantenerse en una posición altamente competitiva en cuanto a la prestación de servicios relacionados con la industria petrolera, así como de también establecer precedentes para el proceso de acreditación ONAC del laboratorio, promoviendo el cumplimiento de las políticas de la institución, que buscan fijar un modelo de calidad para todos los procesos derivados a su funcionamiento.

Recomendaciones

- Realizar un estudio de prefactibilidad enfocado a la adquisición de los equipos e instrumentos por separado para el método electrométrico ASTM D3230.
- Realizar un análisis a nivel de factibilidad para la implementación del protocolo ASTM D3230, basado en el estudio presentado en este proyecto, con el fin de corroborar su viabilidad en caso de ejecutarse.
- Para la compra del equipo e insumos se puede evaluar la posibilidad de replantear la compra de estos a otro proveedor. mediante la actualización de la información y verificación de la disponibilidad de los mismos, analizando también qué factores externos podrían alterar la evaluación de los proveedores y costos planteada en el presente estudio.
- En el estudio del mercado se utilizó como primer filtro la omisión o descarte de aquellas empresas o laboratorios que no ofrecieron sus tarifas sus tarifas o era muy elevadas, sin embargo, es posible que estas organizaciones mejoren sus precios o se obtenga información acerca de ellos en algún periodo de tiempo futuro, por lo tanto, se deberán considerar a futuro en el caso de ofrezcan la prueba ASTM D3230 a menor costo.

Referencias Bibliográficas

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2022). ANH. Obtenido de <https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/sistemas-integrados-operaciones/estad%C3%ADsticas-de-producci%C3%B3n/>
- Andrade, S. (2005). *Diccionario de economía. Tercera edición*. Andrade.
- Armstrong, G., & Kotler, P. (2013). *Fundamentos de Marketing. 11a edición*. México: Pearson.
- Arnold, K. y. (2014). *Surface production operations: design of gas-handling systems and facilities Vol 2*. Houston, Texas: Gulf publishing company.
- ASTM. (2012). *ASTM D512-12 Standard test method for Chloride ion in water (Withdrawn 2021)*.
- ASTM. (2019). *ASTM D3230-19 Standard Test Method for Salts in Crude Oil (Electrometric Method)*.
- ASTM. (2020). *ASTM D6470-99 (Reapproved 2020) Standard test method for salt in crude oils (Potentiometric method)*.
- ASTM. (2022). *ASTM D4929-22 Standard Test Method for Determination of Organic Chloride Content in Crude Oil*.
- Avantika. (s.f.). *Avantika*. Obtenido de <https://avantika.com.co/producto/?id=109379>

Banco de la República. (24 de 01 de 2023). *Banco de la República* . Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm#:~:text=Tasa%20actual%3A%2012%25>

British Petroleum. (s.f.). *BP*. Obtenido de <https://www.bp.com/en/global/corporate/who-we-are/our-purpose.html>

Cantú Delgado, J. H. (2011). *Desarrollo de una cultura de calidad. Cuarta edición*. México D.F.: Mc Graw Hill.

Cenit. (s.f.). *Cenit. Transporte y Logística de Hidrocarburos*. Obtenido de <https://cenit-transporte.com/quienes-somos/>

Chávez Cury, G. (2006). REVISION EXPERIMENTAL DEL INTERVALO DE pH PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORUROS POR EL METODO DE MOHR. *Revista Boliviana de Química*, 24-26.

Chevron . (s.f.). *Chevron* . Obtenido de <https://www.chevron.com/>

Chongqing Top Oil Purifier Co., Ltd. (s.f.). *Alibaba*. Obtenido de https://www.alibaba.com/product-detail/ASTM-D6470-Crude-Oil-Fuel-Oil_1600267937129.html?spm=a2700.shop_plser.41413.8.67da40bdLoOECn

DELVASTO Y ECHEVARRIA Y ASOCIADOS Y CONSEJEROS EN GAS Y ENERGIA LTDA. (JUNIO de 2021). *MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA*. Obtenido de RESULTADOS CONSULTORIA: ESTUDIO ACERCA DE LA METODOLOGÍA PARA LA FIJACIÓN DE TARIFAS DE TRANSPORTE DE CRUDO POR OLEODUCTOS:

https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24292051/Informe+Pu%CC%81blico+Consultori%CC%81a+Metodologia+Tarifaria+Oleoductos_vp.pdf

Ecopetrol. (2021). *Manual del transportador Ecopetrol S.A.* Obtenido de <http://www.ecopetrol.com.co/wps/wcm/connect/45d15489-0d5c-4240-8fdf-5cb014ab8f98/Manual+del+Transportador+Ecopetrol+SA+Web+2021.pdf?MOD=AJPERES&attachment=true&id=1619566224872>

Ecopetrol. (s.f.). *Ecopetrol.* Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QuienesSomos/acercade-ecopetrol#:~:text=Es%20una%20sociedad%20de%20econom%C3%ADa,%20transporte%20refinaci%C3%B3n%20y%20comercializaci%C3%B3n>.

Egloff, G., Nelson, E. F., Maxutov, C., & Charles Wirth, I. (1938). Desalting crude oils (SPE-938048-G). *Oklahoma: SPE, 1938, 2.*

EMIS. (s.f.). *EMIS. In, on and for emerging Markets.* Obtenido de https://www.emis.com/php/company-profile/CO/Petrosantander__Colombia__GmbH_es_1209154.html

Fischer , L., & Espejo , J. (2011). *Mercadotecnia. Cuarta edición.* México, D.F.: Mc Graw Hill.

Frontera Energy. (s.f.). *Frontera Energy.* Obtenido de <https://www.fronteraenergy.ca/es/>

Gonzalez Ortigón , R., & Torrado Carvajal, C. (2009). *Implementación del sistema de gestión de la calidad para la realización de pruebas en el laboratorio de fluidos basados en la norma NTC ISO 17025 de 2005*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander .

Google Maps. (s.f.). *Ubicacion Parque Tecnológico Guatiguará*. Obtenido de https://www.google.com/maps?q=parque+tecnologico+guatiguara+ubicacion&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ved=2ahUKEwi718SV4677AhXcQTABHfNJAeQQ_AUoAXoECAIQAw

Gran Tierra Energy. (s.f.). *Gran Tierra Energy*. Obtenido de <https://www.grantierra.com/es/company/about-us?localestring=es>

Gunvor. (s.f.). *Gunvor Group*. Obtenido de <https://gunvorgroup.com/en/>

Hocol. (s.f.). *Hocol*. Obtenido de <https://www.hocol.com.co/donde-estamos/colombia#:~:text=Hocol%20es%20una%20empresa,de%20Colombia%20y%20Los%20Llanos>.

Laboratorio Escolar Express. (s.f.). *LABESSA*. Obtenido de https://www.laboratorioescolar.com/PROBETA-B-VIDRIO-10-ML-LABESSA-10984_1632614758

López Martínez, R. (2021). *Evaluación financiera de proyectos* . Universidad Nacional Autónoma de México.

Lozada, M. (2017). *Estrategia de precio*. Bogotá D.C.: Fondo editorial Areandino.

Mansarovar. (s.f.). *Mansarovar*. Obtenido de <https://www.mansarovar.com.co/quienes-somos/>

Mc Graw Hill Education. (s.f.). *Unidad 2: Búsqueda, selección y evaluación de proveedores.*

Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448184068.pdf>

Ministerio de minas y energía. (7 JUL 2022). *Resolución número 40236.*

Miranda Miranda, J. J. (2002). *Gestión de proyectos: identificación, formulación y evaluación financiera, económica, social y ambiental. Cuarta edición.* Bogotá D.C: MM editores .

Mochón Morcillo, F. (2008). *Economía. Principios y aplicaciones. Cuarta edición.* México, D.F.: Mc Graw Hill.

Normalab. (s.f.). *Normalab.* Obtenido de NSB TECH sales en aceite crudo (método electrométrico).

Ocensa. (s.f.). *OCENSA.* Obtenido de <https://portal.ocensa.com.co/Paginas/Quienes-somos.aspx>

Oleoducto de Colombia. (s.f.). *Oleoducto de Colombia.* Obtenido de <https://www.oleoductodecolombia.com/la-compania/>

Organismo Nacional de Acreditación de Colombia. (s.f.). *ONAC.* Obtenido de <https://onac.org.co/>

Organización Internacional para la normalización. (2017). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (ISO/IEC 17025).* Obtenido de <https://www.isotools.org/2017/12/12/iso-iec-17025-nueva-version-2017/>

Orjuela Córdova, S., & Sandoval Medina, P. (2002). *Guía del estudio de mercado para la evaluación de proyectos.* Santiago de Chile: Universidad de Chile.

PAREX. (s.f.). *PAREX RESOURCES INC.* Obtenido de <https://parexresources.com/es/objetivo/>

Pérez, D., & Pérez Martínez de Ubago, I. (2006). *4. El Precio. Tipos y Estrategias de Fijación.*

MBA.

PILODIST. (s.f.). *PILODIST Laboratory & Process Technology.* Obtenido de

<https://pilodist.de/products/astm-d-4929/>

Prolaquim. (s.f.). *Prolaquim.* Obtenido de [https://prolaquim.com/producto/vaso-berzelius-de-](https://prolaquim.com/producto/vaso-berzelius-de-100ml-kimax/)

[100ml-kimax/](https://prolaquim.com/producto/vaso-berzelius-de-100ml-kimax/)

Subsistema Nacional de la Calidad. (s.f.). *SICAL.* Obtenido de

<https://sical.gov.co/index.php/conocenos/#que-es-el-sical>

Trafigura. (s.f.). *Trafigura.* Obtenido de <https://www.trafigura.com/trafigura-in-brief/spanish/>

Universidad Industrial de Santander. (24 de 01 de 2023). *UIS.* Obtenido de [https://uis.edu.co/uis-](https://uis.edu.co/uis-contratacion-es/)

[contratacion-es/](https://uis.edu.co/uis-contratacion-es/)

Valbuena, A. V., & Hernandez, J. A. (2010). *Desarrollo de una herramienta electrométrica para*

determinar el contenido de sal en crudos. Bucaramanga: Universidad Industrial de

Santander.

Vinasco, J., Jaramillo, D., & Betancour, R. (2007). *Análisis de cloruros.* Santiago de Cali:

Universidad del Valle. Departamento Tecnología Química.

Virreira Avila, M. (2020). *Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión: Métodos y*

aplicaciones. Santa Cruz, Bolivia: UPSA.

Vitol. (s.f.). *vitol.* Obtenido de <https://www.vitol.com/>

Wauquier, J.-P. (2004). El refinio del petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación. Ediciones Días de Santos.

Apéndice A. Método Aruba- Mohr (Vinasco, Jaramillo, & Betancour, 2007).

A.1 Equipos, Materiales y Reactivos

- Cilindro de bronce con piston, de dimensiones estándar.
- Dos probetas de 100 ml.
- Dos tubos de centrifuga de 100 ml.
- Dos vasos de precipitados de 100 ml.
- Baño de temperatura.
- Centrifuga
- Pipeta de 1, 10 y 50 ml.
- Filtro de papel #42 y cápsulas de porcelana.
- Benceno, agua destilada, cromato de potasio 10% en concentración, nitrato de plata 0,01N.

A.2 Procedimiento

Se requieren al menos 100 ml de aceite crudo. Previamente se recomienda realizar un ensayo en blanco con el agua destilada usando el indicador y el titulador para determinar la cantidad de nitrato de plata que consume esta agua, este proceso es necesario debido a que algunas veces contiene cloruros.

- Se toman 50 ml de muestra de crudo en una probeta, luego se vierten en el cilindro de bronce.
- Se lava la probeta que contenía el crudo con 75 ml de benceno y se añade 75 ml de agua destilada, todo se dispone en el cilindro de bronce.
- Se coloca el cilindro de bronce con todos los líquidos mezclados en un baño de temperatura a 140 °F durante 5 minutos. Luego se retira el cilindro para realizar una agitación con movimientos rápidos de arriba y abajo. Posteriormente se introduce de nuevo el cilindro el baño durante 10 min.
- Después del calentamiento se vierte todo el contenido en dos tubos de centrifuga para llevarlos durante 10 min a 1500 rpm en la centrifuga.
- Luego se retira el agua del fondo del tubo y se filtra. Se toman 10 ml de esta agua para hacer la valoración de cloruros. El pH de la solución debe estar entre 7 y 10, de ser necesario se ajusta el potencial de hidrogeno usando una solución de NaOH 0,01 N o ácido nítrico 0,01 N.
- Para la valoración del agua use 2 o 3 gotas de cromato de potasio como indicador y agregando nitrato de plata como titulador. El punto final se alcanza cuando se observa un color rojizo suave (color ladrillo) durante 30 seg.

A.3 Cálculos y Reporte

Se registra el volumen de nitrato de plata utilizado en la valoración como V_n . Si el ensayo realizado en blanco arroja algún dato de volumen de nitrato de plata V_b se debe hacer la diferencia de volúmenes.

Se aclara que se debe usar como mínimo una gota (0,05 ml) para que el agua se torne color ladrillo; lo que significa que por lo menos debe descontarse ese volumen V_b de la lectura final V_n .

$$V_n = V_{n \text{ Total}} - V_b \quad (\text{A1})$$

Para calcular las libras de sal/1000 bbl se usa la siguiente ecuación:

$$Q = 30726,84 * \frac{V_n * N_n}{V_h} \quad (\text{A2})$$

Donde:

Q = lb sal /1000 bbl de crudo.

N_n = Normalidad del nitrato de plata.

V_n = Volumen de nitrato de plata usado en la titulación, ml.

V_h = Volumen de agua a valorar, ml.

Apéndice B. Método del Potenciómetro ASTM D6470 (ASTM, 2020).

B.1 Instrumentos y Equipos

Equipo de extracción, hecho de vidrio borosilicato y consiste de los siguientes componentes:

- Matraz de ebullición, capacidad de 500 ml.
- Condensador de reflujo Hopkins. Contando con una salida de vapor conectada por medio de un tubo de goma a una salida de venteo o succión.
- Tubo cardo, aproximadamente de 70 ml de capacidad, con una línea para identificar el nivel de 50 ml.
- Tubo de calentamiento, con una chimenea para aumentar convección en el líquido.
- Bobina de calentamiento, 250 W, con un indicador ajustable con cable de nicromo.
- Reóstato, resistencia y capacidad ajustables para regular el calentador.
- Armazón de seguridad.
- Tubo de muestra, volumen >100 ml.

Equipo de titulación potenciométrica:

- Precisión en la medida de ± 2 mV.
- Un indicador de plata y un electrodo de referencia de vidrio.
- Bureta tipo pistón, 10 ml.

Otros:

- Agitador magnético: con una barra de agitación recubierta de politetrafluoroetileno (PTFE).
- Homogeneizador: representa un mezclador con cuchillas contra-rotativas operando a aproximadamente 50 rpm/s. Ajustable para homogenización de muestras hasta 500 ml.
- Horno a prueba de explosiones: temperatura $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Papel filtro: Whatman No. 41, o equivalente.
- Cronógrafo.

B.2 Reactivos y Materiales

- Acetona.
- Alcohol (95% v/v de etanol, isopropil o propanol).
- Nitrato de bario. A.R., cristales.
- Ácido clorhídrico, 0.1 mol/l, acuosa. Añadir 9 ml de ácido clorhídrico concentrado A.R. (densidad de 1.19 g/ml) a 1 L de agua.
- Ácido nítrico, 5 mol/l, acuosa. Se añade cuidadosamente 325 ml de ácido nítrico concentrado (densidad de 1.42 g/ml) a 1 l de agua, mientras se agita.
- Solución de nitrato de plata estándar, 0.1 mol/l, acuosa
- Solución de nitrato de plata estándar, 0.01 mol/l, acuosa
- Solución de cloruro de sodio, aproximadamente 1 mmol/l

- Xileno
- Papel de acetato
- Papel de pulido, grano 800 o más fino, para pulir el electrodo.

B.3 Procedimiento

Antes de iniciar con el desarrollo del método estándar es necesario preparar la muestra mediante una homogenización además preparar los equipos, como el aparato de extracción y el equipo de titulación potenciométrica.

- Homogenización:
 1. Se homogeniza la muestra en los 15 minutos de haber sido recibida.
 2. Se mezcla la muestra a temperatura ambiente (15 a 25 °C), o menos, en el contenedor de muestra del laboratorio, y se registra la temperatura de la muestra inmediatamente antes de mezclar.
 3. Se calientan las muestras con contenido de ceras, sólidos a temperatura ambiente, a 3 °C por encima de su punto de fluidez con el fin de facilitar la extracción de la muestra para prueba.
 4. Se selecciona un mezclador o homogeneizador adecuado a la cantidad de crudo en el contenedor de muestra. Además, se tiene en cuenta el tipo de crudo, tamaño de la muestra, cambio en velocidad o tiempo del mezclado.
 5. Se limpia y seca el mezclador entre muestras.

6. Se registra la temperatura de la muestra inmediatamente después de la homogenización. Un aumento en la temperatura de la lectura inicial, no debe exceder los 10 °C, de lo contrario, pérdida excesiva de vapores volátiles pueden ocurrir o la dispersión puede llegar a ser inestable.
 7. Con el fin de garantizar que los aceites de hidrocarburos con impurezas de rápido asentamiento están correctamente muestreados, se retira el recipiente de la muestra de ensayo inmediatamente después de la homogenización por bajar la boquilla del tubo de ensayo casi hasta el fondo del contenedor, y retirando la muestra de ensayo tan rápido como sea posible. Se limpia y se seca el tubo de muestra antes y después de cada muestreo.
- Extracción:
 1. Pesar alrededor de 40 g de muestra, aproximándose con 0.1 g, en un vaso precipitado de 250 ml.
 2. Calentar la muestra en un baño de agua o en un horno a $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
 3. Calentar 40 ml \pm 1 ml de xileno a la misma temperatura del paso anterior y se añade lentamente a la muestra mientras se agita constantemente hasta que la disolución esté completa.
 4. Se transfiere la solución cuantitativamente al equipo de extracción, se enjuaga el vaso precipitado con 2 porciones separadas de 15 ml \pm 1 ml de xileno caliente y añadiendo estos enjuagues también al equipo de extracción.

5. Mientras la solución se mantenga caliente, se añade $25 \text{ ml} \pm 1 \text{ ml}$ de etanol o isopropil y $15 \text{ ml} \pm 1 \text{ ml}$ de acetona, usando estas porciones para posteriores enjuagues del precipitado.
6. Se cambia el elemento de calentamiento del equipo de extracción a llama completa hasta que la ebullición comience, luego se ajusta el reóstato para regular el calor para mantener la ebullición a una tasa alta. Permitir el reflujo durante 2 minutos después de que el líquido inicia la ebullición.
7. Se apaga el calentador. Cuando la ebullición cesa, se añade $125 \text{ ml} \pm 1 \text{ ml}$ de agua y se lleva de nuevo a ebullición el líquido y el reflujo por unos 15 minutos.
8. Se apaga el calentador de nuevo, y se permite que las dos fases se separen por un tiempo entre 5 y 10 minutos. Luego se retira la fase acuosa filtrándola, con un papel filtro a un matraz cónico, este se tapa, y se retiene el contenido para la posterior determinación de haluros.
9. Remover cualquier compuesto de azufre. Para esto se toma 50 ml del extracto acuoso y se lleva hacia un vaso de precipitado y se añade 5 ml de 5 mol/l de ácido nítrico. Se cubre el vaso y se lleva el contenido a ebullición. Los vapores son analizados periódicamente para sulfuro de hidrógeno con el papel de acetato. Se continúa con la ebullición por otros 5 minutos después de haber obtenido resultado negativo para el H₂S. Se permite que el contenido sea enfriado y cuantitativamente se procede a disponer los contenidos del vaso a un recipiente de titulación de 250 ml, enjuagando el recipiente con agua.

- **Determinación de la sal:**
 1. Con la pipeta se añade 10 ml de la solución de cloruro de sodio de 1 mmol/l en el recipiente de titulación. Luego se ajusta el volumen de la solución de muestra en el recipiente hasta 150 ml con acetona.
 2. Se añade aproximadamente 0.5 g de cristales de nitrato de bario. Se agita para disolver el nitrato de bario.
 3. Se llena la bureta con 0.01 mol/l de solución de nitrato de plata.
 4. Se coloca el vaso de precipitado en el agitador magnético, y se sumergen los electrodos en la solución de la muestra. Se sumerge el tope de la bureta aproximadamente 25 mm debajo de la superficie del líquido, y se ajusta el agitador magnético para producir fuerte agitación sin salpicaduras.

- **Titulación:**
 1. Cuando se aplica titulación manual, se registra la lectura inicial de la bureta y el medidor pH/milivoltio.
 2. Se titula con solución estándar de nitrato de plata, añadiéndola en pequeñas porciones.
 3. Después de cada aporte se espera que se establezca un potencial constante y se registra las lecturas de la bureta y el medidor.
 4. Se construye una gráfica donde se gráfica las lecturas del medidor contra los volúmenes estándar de nitrato de plata usados en la titulación.

5. Interpretación de la curva:
 6. El endpoint de la titulación es encontrado como el valor más positivo de la porción más empinada de la inflexión observada de la curva de titulación.
 7. La ubicación exacta del punto de inflexión depende de la concentración de cloruro, los electrodos usados, la naturaleza del medio de titulación, y la concentración de la solución de nitrato de plata aplicada.
 8. Para establecer el valor del potencial de la celda en el punto de inflexión, se prepara una solución típica que contenga 0.001 mol a 1 mol de cloruro, y se titula como se describió en los pasos de la titulación, y determinar el punto de inflexión.
- Determinación en blanco:
 1. Se prepara una solución en blanco, con la pipeta se llevan 10.0 ml de una 1 mmol/l de solución de cloruro de sodio en un recipiente para titulación.
 2. Se añaden 50 ml de agua destilada, 5 ml de 5 mol/l de ácido nítrico y aproximadamente 0.5 g de cristales de nitrato de bario.
 3. Se ajusta el volumen de la solución de muestra en el recipiente a unos 150 ml a 175 ml con acetona.
 4. Se agita para disolver el nitrato de bario.
 5. Se titula la solución acorde al paso a paso en la titulación.

B.4 Cálculos y Reporte de Resultados

Cantidad de cloruros presentes en la solución acuosa, en μmol

$$\text{Cantidad de cloruro, } \mu\text{mol} = (V - V_b) \times C \times 10^3 \quad (\text{B1})$$

Donde:

V = volumen de solución estándar de nitrato de plata usado para el endpoint, ml.

V_b = volumen de solución estándar de nitrato de plata usado para titulación en blanco, ml

C = concentración de solución estándar de nitrato de plata, $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$.

- Contenido de sal de la muestra en $\%(m/m)$ cloruro de sodio:

$$\text{Sal como cloruro de sodio } \%(\frac{m}{m}) = \frac{A \times 58.44}{m \times P \times 10^6} \times 100 \quad (\text{B2})$$

A = cantidad de cloruro encontrado en la alícuota del extracto acuoso.

P = parte proporcional del extracto usado en el análisis.

$P = \frac{50}{158}$ para etanol y $\frac{50}{152}$ para el isopropil.

m = masa de la muestra, g.

Se reporta el resultado obtenido de la anterior ecuación como sal (como NaCl), % en masa, redondeando a dos dígitos significativos. Indique que el resultado se obtuvo de acuerdo con el método de prueba D6470.

B.5 Precisión

La precisión de este método de prueba determinada mediante un examen estadístico de los resultados de las pruebas entre laboratorios es como se muestra a continuación:

Repetibilidad:

$$r=0.0243X^{0.612} \quad (B3)$$

Donde:

X : Concentración de sal, porcentaje en masa (NaCl)

Reproducibilidad:

$$R=0.0477 X^{0.612} \quad (B4)$$

Donde:

X : Concentración de sal, porcentaje en masa (NaCl)

Apéndice C. Determinación del Contenido de Cloruro Orgánico en Petróleo

Crudo ASTM D4929 (ASTM, 2022).

C.1 Procedimiento de Destilación y Limpieza.

- Equipos:
 1. Matraz de ebullición de fondo redondo, borosilicato, 1 l, cuello corto único con junta exterior de vidrio esmerilado 24/40.
 2. Adaptador en T 7.2, borosilicato, brazo lateral en ángulo de 75°, juntas de vidrio esmerilado 24/40.
 3. Termómetro, termómetro ASTM 2C (-5 °C a 300 °C) o 2F, (20 °F a 580 °F).
 4. Adaptador de termómetro, borosilicato, junta interior de vidrio esmerilado 24/40.
 5. Condensador Liebig, borosilicato, 300 mm de longitud, juntas de vidrio esmerilado 24/40.
 6. Adaptador de toma de vacío, borosilicato, curva en ángulo de 105°, juntas de vidrio esmerilado 24/40.
 7. Cilindro receptor, borosilicato, capacidad de 250 ml, junta exterior de vidrio esmerilado 24/40.
 8. Abrazaderas de alambre, para juntas de vidrio esmerilado No. 24, acero inoxidable.
 9. Matraz receptor, para baño de hielo, 4 l.

10. Tubería de cobre, para intercambiador de calor para enfriar el agua del condensador, 6,4 mm de diámetro exterior, 3 m de longitud.
 11. Manta calefactora eléctrica, Glas-Col Serie 0, tamaño 1 L, elemento calefactor superior de 140 W, elemento calefactor inferior de 380 W.
 12. Variacs, 2, para control de temperatura de elementos calefactores superior e inferior, 120 V, 10 amperios.
- Reactivos y Materiales:
 1. Acetona, sin cloruro.
 2. Solución cáustica, hidróxido de potasio 1M preparada en agua destilada/desionizada.
 3. Agua destilada/desionizada.
 4. Papel de filtro, Whatman No. 41 o equivalente.
 5. Grasa de llave de paso.
 6. Tolueno, sin cloruro.
 - Preparación de los Equipos:
 1. Limpiar todo el material de vidrio enjuagando sucesivamente con tolueno y acetona. Después de completar el enjuague, seque la cristalería usando una corriente de gas nitrógeno seco.
 2. Obtenga y registre las masas del matraz de fondo redondo y el cilindro receptor.

3. Ensamble el equipo de destilación de vidrio utilizando grasa de llave de paso para sellar todas las juntas y abrazaderas de alambre para evitar que se aflojen las juntas.
 4. Ajuste la posición del termómetro dentro de la T del adaptador de modo que el extremo inferior del capilar esté nivelado con el punto más alto en la parte inferior de la pared interna de la sección de la T del adaptador que se conecta al condensador.
 5. Forme un rollo con el tubo de cobre para que encaje dentro del matraz receptor, dejando espacio en el centro del matraz para el cilindro receptor. Con la tubería de PVC, conecte un extremo del serpentín de cobre a la fuente de agua y conecte el otro extremo del serpentín al accesorio inferior de la camisa de enfriamiento del condensador Liebig.
 6. Conecte el accesorio superior del condensador al drenaje de agua. Llene el matraz receptor con una mezcla de agua y hielo y abra el agua. Mantener la temperatura del condensador por debajo de 10 °C.
- Procedimiento:
 1. Agregue una muestra de prueba de aceite crudo de 500 ml al matraz de fondo redondo tarado.
 2. Obtenga y registre la masa del matraz lleno de aceite crudo con una precisión de 0,1 g. Conecte el matraz al aparato de destilación. Coloque la manta calefactora

alrededor del matraz y sostenga la manta calefactora/matraz desde la parte inferior.

Conecte la manta calefactora a los variacs.

3. Encienda los variadores y comience la destilación. Durante la destilación, ajuste la configuración del variador para obtener una velocidad de destilación de aproximadamente 5 ml/min.
4. Continuar la destilación hasta que se alcance una lectura de termómetro de 204 °C (400 °F). Cuando la temperatura alcance los 204 °C (400 °F), termine la destilación desconectando y retirando primero el cilindro receptor.
5. Después de retirar el cilindro receptor, apague los variadores y retire la manta calefactora del matraz. Obtenga y registre la masa del cilindro receptor y el destilado.
6. Las declaraciones de precisión y sesgo se determinaron utilizando únicamente termómetros de mercurio en vidrio. Por lo tanto, cuando se utilizan dispositivos de medición de temperatura alternativos, la temperatura de corte así obtenida debe ser la que producirá un corte de nafta similar al que se produciría cuando se utilizan termómetros de mercurio en vidrio. No se debe esperar que tales dispositivos alternativos de medición de temperatura muestren las mismas características de retraso de temperatura que los termómetros de mercurio en vidrio.
7. Transferir la fracción de nafta del cilindro receptor al embudo de decantación. Usando el embudo de separación, lave la fracción de nafta tres veces con volúmenes

iguales de la solución cáustica (KOH 1 M). Siga el lavado cáustico con un lavado con agua, lavando nuevamente tres veces con volúmenes iguales. El lavado cáustico elimina el sulfuro de hidrógeno, mientras que el lavado con agua elimina trazas de cloruros inorgánicos presentes originalmente en el crudo o de impurezas en la solución cáustica.

8. Después de completar los lavados, filtre la fracción de nafta para eliminar el agua libre residual.
9. Guarde la fracción de nafta en una botella de vidrio limpia. Esta fracción de nafta ahora se puede analizar en busca de cloruros orgánicos mediante bifenilo de sodio, técnicas de combustión/microculolométricas o espectrometría de fluorescencia de rayos X (procedimientos A, B y C).
10. Mida la densidad de la muestra de petróleo crudo y la fracción de nafta obteniendo la masa de 10,0 ml (usando un matraz volumétrico de 10 ml) de cada uno con una precisión de 0,1 g.

- Cálculos

Calcular la fracción de nafta de la siguiente manera:

$$f = M_n / M_c \quad (C1)$$

dónde:

f = fracción de masa de nafta recolectada,

M_n = masa de nafta recolectada, y

M_c = masa del espécimen de petróleo crudo.

Calcular la densidad de la siguiente manera:

$$\text{Densidad, g/ml} = m/v \quad (\text{C2})$$

dónde:

m = masa del espécimen de muestra, g, y

v = volumen del espécimen de muestra, ml.

C.2 El Procedimiento A

Cubre la determinación de cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada del petróleo crudo por reducción con bifenilo de sodio seguida de titulación potenciométrica.

- Equipos:

1. Electroodos.
2. Vidrio, uso general.
3. Plata-Cloruro de Plata, tipo palanquilla.
4. Valorador, potenciométrico. El valorador está equipado con una bureta de 5 ml o más pequeña y un motor de agitación magnética.

- Reactivos y Materiales:

1. Acetona, sin cloruro.
2. Papel Rojo Congo.

3. 2,2,4, trimetil pentano (isooctano), grado reactivo.
4. Ácido nítrico, aproximadamente 5 M. Agregue 160 ml de ácido nítrico concentrado a aproximadamente 200 ml de agua y diluya a 500 ml.
5. 2-Propanol, sin cloruro.
6. Nitrato de plata, 0,01 M, solución acuosa estándar.
7. Reactivo de bifenilo de sodio^{5,6}: se envasa en botellas cuadradas francesas de 0,5 oz (en lo sucesivo, viales). Todo el contenido de un vial se utiliza para cada análisis. Un vial contiene de 13 meq a 15 meq de sodio activo. Guarde el reactivo de bifenilo de sodio en un lugar fresco, pero no lo refrigere. Antes de usar, caliente el reactivo a aproximadamente 50 °C y agítelo bien para asegurar un líquido homogéneo.
8. Tolueno, sin cloruro.

- Preparación del equipo:

Recubrimiento de electrodos de plata-cloruro de plata: limpie las superficies metálicas de un par de electrodos de plata-cloruro de plata con detergente suave y polvo abrasivo. Enjuague los electrodos en agua destilada. Sumerja las puntas metálicas en una solución saturada de cloruro de potasio. Conecte un electrodo al polo positivo de una batería de 1,6 V y el otro al polo negativo polo. Invierta la polaridad durante varios intervalos de unos pocos segundos cada uno para limpiar y recubrir alternativamente el electrodo receptor (conectado al polo positivo). Cuando se recubre adecuadamente, la punta del electrodo receptor se volverá de color violeta. Esto resulta de la acción de la luz sobre el cloruro de plata fresco.

- Procedimiento:

1. Tenga mucho cuidado para evitar la contaminación. Reserve todo el material de vidrio para la determinación de cloruro. Enjuague la cristalería con agua destilada seguida de acetona justo antes de usar. Evite el uso de grasas para llaves de paso que contengan cloro, como la grasa de polímero de clorotrifluoroetileno.
2. Coloque 50 ml de tolueno en un embudo de separación de 250 ml y agregue el contenido de un vial de reactivo de bifenilo de sodio. Agitar para mezclar y agregar unos 30 g, obteniendo la masa al el 0,1 g más cercano de la fracción de nafta lavada de la muestra de petróleo crudo. Obtenga la masa de la botella de muestra para determinar la cantidad exacta tomada. Tape el embudo de decantación y agite para mezclar bien el contenido. La solución o suspensión resultante debe ser de color azul verdoso. Cuando no sea así, agregue más reactivo de bifenilo de sodio (un vial a la vez) hasta que la solución o suspensión tenga un color azul verdoso.
3. Espere 10 minutos después de mezclar para que se complete la reacción, luego agregue 2 ml de 2-propanol y agite suavemente con el embudo destapado por un tiempo hasta que el color azul verdoso cambia a blanco, lo que indica que no queda sodio libre. Tape el embudo y agítelo suavemente, ventilando la presión con frecuencia a través de la llave de paso. Luego agregar 20 ml de agua y 10 ml de ácido nítrico 5 M. Agite suavemente, liberando la presión con frecuencia a través de la llave de paso. Pruebe la fase acuosa con papel rojo Congo. Si el papel no se vuelve azul, agregue ácido nítrico 5 M adicional en porciones de 5 ml hasta obtener el color azul.

4. Drene la fase acuosa en otro embudo de decantación que contenga 50 ml de isooctano y agite bien. Drene la fase acuosa en un vaso de precipitados de titulación de 250 ml. haz una segunda extracción de la fase de isooctano con 25 ml de agua acidificada con unas gotas de ácido nítrico 5 M. Agregue este segundo extracto al vaso de titulación de 250 ml. Evapore la solución en una placa caliente mantenida justo por debajo del punto de ebullición del líquido hasta que queden de 25 a 30 ml. No hierva ni evapore a menos de 25 ml ya que puede ocurrir pérdida de cloruro.
5. Enfriar la solución y agregar 100 ml de acetona. Titular la solución potenciométricamente con nitrato de plata estándar 0,01 M, utilizando electrodos de vidrio versus cloruro de plata-plata. Si se encuentra disponible un valorador automático, como Metrohm, use la bureta de pistón semi-micro de 5 ml. Si la titulación se lleva a cabo con un medidor de pH manual, use una bureta semi-micro de 5 ml que se pueda estimar con tres decimales en mililitros.
6. Determine el punto final de la titulación manual trazando los datos que muestran la emf versus el volumen de la solución de nitrato de plata utilizada. Determine el punto final para el valorador automático desde el punto medio de la inflexión de la curva de valoración.
7. Determine un blanco para cada grupo de especímenes de prueba usando todos los reactivos, incluido el bifenilo de sodio, y siguiendo todas las operaciones del análisis excepto que se omite la muestra en sí.
 - Cálculo:

Calcular la concentración de cloruro en la fracción de nafta como sigue:

$$\text{Cloruro, } \mu\text{g/g} = \frac{(A-B)(M)(35460)}{W} \quad (\text{C3})$$

dónde:

A = volumen de titulador para el espécimen de muestra, ml,

B = volumen de titulador para el blanco, ml,

M = molaridad del nitrato de plata, y

W = masa del espécimen de muestra, g.

La concentración de cloruro orgánico en el espécimen de muestra de petróleo crudo original se puede obtener multiplicando la concentración de cloruro en la fracción de nafta obtenida en el procedimiento A por la fracción de nafta del proceso de destilación.

C.3 El Procedimiento B

Cubre la determinación de cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada del petróleo crudo mediante combustión oxidativa seguida de titulación microculombimétrica.

- Equipos:

1. Horno de combustión: el espécimen de muestra debe oxidarse en un horno eléctrico capaz de mantener una temperatura de 800 °C para oxidar la matriz orgánica.
2. Tubo de combustión. Fabricado con cuarzo y construido de modo que una muestra, que se vaporiza por completo en la sección de entrada, es barrida hacia la zona de oxidación por un gas inerte donde se mezcla con oxígeno y se quema. El extremo de entrada del tubo

deberá contener un tabique para la entrada de la jeringa de la muestra y brazos laterales para la introducción de oxígeno y gases inertes. La sección central debe tener un volumen suficiente para asegurar la oxidación completa de la muestra.

3. Celda de titulación: contiene un par de electrodos de referencia de sensor para detectar cambios en la concentración de iones de plata y un par de electrodos de ánodo-cátodo generador para mantener constante la concentración de iones de plata y una entrada para una muestra gaseosa del tubo de pirólisis. Los electrodos del sensor, de referencia y del ánodo deben ser electrodos de plata. El electrodo del cátodo será un alambre de platino. El electrodo de referencia reside en una semicelda de acetato de plata saturada. El electrolito contiene 70 % de ácido acético en agua.
4. Microcoulómetro, con ganancia variable y control de polarización, y capaz de medir el potencial del par de electrodos de referencia de detección, y de comparar este potencial con un potencial de polarización, y de aplicar la diferencia amplificada al par de electrodos auxiliares de trabajo para generar un titulador. La señal de salida del microcoulómetro será proporcional a la corriente de generación. El microcoulómetro puede tener un medidor digital y un circuito para convertir esta señal de salida directamente en tonogramos o microgramos de cloruro.
5. Jeringa de muestreo: una jeringa de microlitros de 50 μl de capacidad capaz de administrar con precisión de 5 μl a 50 μl de muestra en el tubo de pirólisis. Se recomienda una aguja de 3 o 6 pulgadas (76,2 mm o 152,4 mm) para alcanzar la zona de entrada de aproximadamente 500 °C en la zona de combustión.

6. Se puede usar una bomba de jeringa de velocidad constante o un adaptador de dosificación manual para facilitar la inyección lenta de la muestra en el tubo de combustión. Se recomienda que la inyección tasa no exceda $0.5 \mu\text{L}/\text{s}$.

- Reactivos y Materiales:

1. Ácido acético, ácido acético glacial.
2. Argón, helio, nitrógeno o dióxido de carbono, grado de alta pureza (HP) utilizado como gas portador.
3. Solución de electrolito de celda, ácido acético al 70 %, combine 300 ml de agua reactiva con 700 ml de ácido acético y mezcle bien.
4. Cloruro, solución madre estándar, 1000 mg de cloruro por litro. Dispense con precisión 1,587 g de clorobenceno en un matraz aforado de 500 ml y diluya al volumen con 2,2,4, trimetil pentano (isooctano).
5. Cloro, Solución estándar, 10 mg de cloruro por litro. Pipetear 1,0 ml de solución madre de cloruro (véase numeral 5 reactivos y materiales) en un matraz volumétrico de 100 ml y diluir al volumen con 2,2,4, trimetil pentano (isooctano).
6. Clorobenceno, grado reactivo.
7. Reguladores de gas, se debe usar un regulador de gas de dos etapas en el reactivo y el gas portador.
8. Isooctano, 2,2,4-trimetilpentano, grado reactivo.
9. Oxígeno, de alta pureza, utilizado como gas reactivo.
10. Acetato de plata, polvo purificado para electrodo de referencia saturado.

- Preparación de los equipos:

Configure el analizador de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo. Las condiciones operativas típicas son las siguientes:

- Flujo de gas reactivo, O₂ 160 ml/min
- Flujo de gas portador 40 ml/min
- Temperatura del horno:
- Zona de entrada 700 °C
- Centro y zonas de salida 800 °C
- Coulómetro:
- Tensión de polarización, mV 240 a 265
- Ganancia aprox. 1200

Optimice la configuración del voltaje de polarización para el punto nulo de la celda de titulación inyectando 30 µL de agua sin cloruro directamente en la celda de titulación con una aguja de 6 pulgadas. Ajuste el sesgo hacia arriba o hacia abajo para minimizar el valor integrado total debido a este efecto de dilución.

- Procedimiento:
1. Llene una jeringa de 50 µL con aproximadamente 30 µL a 40 µL de la muestra de fracción de nafta lavada de petróleo crudo, teniendo cuidado de eliminar las burbujas. Luego retraiga el émbolo de modo que la parte inferior del menisco de líquido cae en la marca de

5 μL , y registre el volumen de líquido en la jeringa. Después de inyectar la muestra, vuelva a retraer el émbolo para que el menisco de líquido inferior caiga sobre la marca de 5 μL y registre el volumen de líquido en la jeringa. La diferencia en las dos lecturas de volumen es el volumen de muestra inyectado.

2. Alternativamente, obtenga la masa del dispositivo de inyección de muestra antes y después de la inyección para determinar la cantidad de muestra inyectada. Este método proporciona mayor precisión que el método de entrega de volumen, siempre que se utilice una balanza con una precisión de 60,01 mg y la jeringa se manipule con cuidado para obtener pesajes repetibles.
3. Inyecte la muestra en el tubo de pirólisis a una velocidad que no exceda los 0,5 $\mu\text{L}/\text{s}$.
4. Por debajo de 5 $\mu\text{g}/\text{g}$, el espacio en blanco del tabique de la aguja será cada vez más evidente. Para mejorar la precisión, inserte la aguja de la jeringa en la entrada caliente y luego espere hasta que se titule el blanco del tabique de la aguja antes de inyectar la muestra o el estándar.
5. Para especímenes que contengan más de 25 $\mu\text{g}/\text{g}$ Cl, solo es necesario inyectar 5,0 μL de muestra.
6. Verificar la recuperación del sistema, la fracción de cloro en el estándar que se titula, cada 4 h utilizando la solución estándar (véase numeral 5 reactivos y materiales). La recuperación del sistema suele ser del 85 % o superior.
7. Repita la medición del estándar de calibración al menos tres veces.

8. Revisar el blanco del sistema diariamente con isooctano grado reactivo. Reste el sistema en blanco tanto de la muestra como de los datos estándar. El blanco del sistema suele ser inferior a 0,2 µg/g de cloruro una vez que se ha valorado el blanco del tabique de la aguja.

- Cálculo:

Calcular la concentración de cloruro en la fracción de nafta como sigue:

Para microcoulómetros, que leen directamente en nanogramos de cloruro, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$\text{Cloruro, } \mu\text{g/g} = \frac{\text{Lectura de muestra}}{V D R F} - \frac{\text{Lectura en blanco}}{V D R F} \quad (\text{C4})$$

o

$$\text{Cloruro, } \mu\text{g/g} = \frac{\text{Lectura de muestra}}{M R F} - \frac{\text{Lecturaa en blanco}}{M R F} \quad (\text{C5})$$

dónde:

Lectura = valor integrado mostrado (muestra/estándar/vacío),

V = volumen inyectado µL,

D = densidad, g/ml obtenido en el último paso del procedimiento de destilación,

RF = factor de recuperación, ración de cloruro determinada en el estándar dividida por el contenido estándar conocido menos el sistema en blanco.

$$R F = \frac{\text{Lectura de muestra}}{V D C_s} - \frac{\text{Lectura en blanco}}{V D C_s} \quad (\text{C6})$$

M = masa del espécimen de muestra, mg, y

Cs = concentración de estándar, mg/l

Para microcoulómetros con solo salida de señal analógica a un registrador, se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Cloruro, } \mu\text{g/g} = \frac{A \times 0.367}{R \times Y \times M \times RF} \quad (C7)$$

dónde:

A = área en unidades apropiadas,

X = sensibilidad del registrador para la respuesta a escala completa, mV,

$$0,367 = \frac{\left(35.45 \frac{\text{gCl}}{\text{eq}}\right) \left(\frac{10^{-3} \text{V}}{\text{mV}}\right) \left(\frac{10^6 \mu\text{g}}{\text{g}}\right)}{\left(96500 \frac{\text{coulombs}}{\text{eq}}\right)} \quad (C8)$$

R = resistencia, Ω ,

Y = equivalencia de área para una respuesta a escala completa en el registrador por segundo, unidades de área por segundo,

M = masa de la muestra, g,

RF = factor de recuperación, y

B = blanco del sistema, $\mu\text{g/g Cl}$.

La concentración de cloruro orgánico en la muestra de petróleo crudo original puede obtenerse multiplicando la concentración de cloruro en la fracción de nafta mediante el procedimiento B por la fracción de nafta obtenida en la destilación inicial.

C.4 El Procedimiento C

Cubre la determinación de cloruro orgánico en la fracción de nafta lavada del petróleo crudo mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X.

- Equipos:

Cualquier espectrómetro del siguiente tipo: espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de longitud de onda monocromática (MWDXRF), espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía monocromática (MEDXRF) o espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (EDXRF).

- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de longitud de onda monocromática (MWDXRF), equipado para la detección de rayos X a 0,473 nm (4,73 Å), que también incluye lo siguiente:

1. Fuente de rayos X, capaz de producir rayos X para excitar el cloro.
2. Camino óptico.
3. Monocromador de haz incidente
4. Monocromador de canal fijo, adecuado para la dispersión de rayos X de cloro $K\alpha$.
5. Detector, diseñado para la detección eficiente de rayos X de cloro $K\alpha$.

6. Analizador de un solo canal, un discriminador de energía para monitorear solo la radiación de cloro.

- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía monocromática (MEDXRF), incluidos los siguientes:

1. Fuente de excitación de rayos X, tubo de rayos X con ánodo de Ag o Pd, en combinación con óptica de rayos X monocromadora HOPG Bragg.
2. Camino óptico, el sistema debe permitir el lavado del camino óptico con helio.
3. Detector de rayos X, con un valor de resolución que no exceda los 175 eV a 5,9 keV (10 000 cps).
4. Electrónica de acondicionamiento de señales y manejo de datos.

- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía (EDXRF), las características de diseño requeridas incluyen:

1. Fuente de excitación de rayos X, tubo de rayos X con energía de excitación superior a 2,9 keV.
2. Detector de rayos X, con alta sensibilidad y un valor de resolución (ancho completo a la mitad del máximo, FWHM) que no exceda los 175 eV a 5,9 keV (10 000 cps).
3. Filtros u otros medios para discriminar entre la radiación $K\alpha$ del cloro y otros rayos X de diferente energía.
4. Camino óptico, el sistema debe permitir el lavado del camino óptico con helio.

5. Electrónica de acondicionamiento de señales y manejo de datos.

Además, se necesita el siguiente equipo cuando se utilizan todos los espectrómetros de rayos X dentro del alcance de este método:

1. Pantalla o Impresora, que lee en mg/kg de cloro.
2. Celda de muestra extraíble, compatible con la muestra y la geometría del espectrómetro XRF.
3. Película transparente de rayos X
4. Balanza analítica, para preparar patrones de calibración, capaz de pesar con precisión de 0,1 mg y hasta 100 g.

- Reactivos y Materiales:

1. Dopante de cloro (CD), un estándar de alta pureza con un contenido de cloro certificado. Se ha encontrado que el tricloroetileno y el 1,2,4-triclorobenceno son dopantes de cloro aceptables.
2. Gas de conteo
3. Monitor(es) de corrección de deriva (opcional):
4. Gas helio, para instrumentos equipados con un camino óptico de helio (pureza mínima 99,9 %).
5. Aceite mineral blanco (OMM), grado reactivo ACS que contenga menos de 1 mg/kg de cloro u otro material base adecuado que contenga menos de 1 mg/kg de cloro.

- Calibración

Prepare un conjunto de estándares de calibración que incluyan el rango de concentración esperado en las muestras mediante una cuidadosa dilución en masa de un dopante de cloro con un cloro aceite mineral blanco libre u otro material de base adecuado. las concentraciones de las muestras desconocidas deben estar dentro del rango de calibración que se utiliza. Todos los estándares utilizados en el análisis deben provenir de una fuente confiable y consistente, que pueda incluir estándares comercialmente disponibles. Los estándares de concentración nominal de cloro recomendados se enumeran a continuación para el alcance de este método de prueba: 0 mg/kg (material base), 5 mg/kg, 10 mg/kg, 25 mg/kg, 50 mg/kg y 100 mg/kg.

Tenga en cuenta cualquier cloro en los materiales base cuando calcule el contenido de cloro (mg/kg) en cada uno de los estándares de calibración como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Cl = [(CD \times Cl_{CD}) + (WMO \times Cl_{WMO})] / (CD + WMO) \quad (C9)$$

dónde:

Cl = fracción de masa del cloro de los estándares preparados, mg/kg,

CD = masa real del dopante de cloro, g,

Cl_{CD} = la fracción de masa de cloro en el dopante de cloro, mg/kg, normalmente 0,8095 mg/kg para tricloroetileno y 0,861 mg/kg para 1,2,4-triclorobenceno,

WMO = masa real de aceite mineral blanco, g, y

Cl_{WMO} = fracción de masa de cloro en el aceite mineral blanco, mg/kg.

Establezca los datos de la curva de calibración determinando cuidadosamente la intensidad neta de la radiación de cloro emitida por cada uno de los estándares mediante los procedimientos descritos en las secciones de procedimiento y cálculos.

Construya un modelo de calibración utilizando el software y los algoritmos proporcionados por el proveedor del equipo. El modelo de calibración generalmente toma una de las siguientes formas lineales (consulte la documentación del software del proveedor del equipo para determinar la forma exacta):

$$I = Cl * m + b \quad (C10)$$

$$Cl = I * m + b \quad (C11)$$

dónde:

I = intensidad neta de la radiación de cloro,

Cl = concentración de cloro en mg/kg,

m = pendiente, y

b = intersección.

Cuando utilice monitores de corrección de deriva, determine la intensidad de la(s) muestra(s) del monitor de corrección de deriva durante el procedimiento de calibración. El valor determinado corresponde al factor A en la primera ecuación de la sección de cálculos.

Inmediatamente después de completar la calibración, determine la concentración de cloro de una o más de las muestras de verificación de calibración. El valor determinado estará en el

rango definido por la concentración certificada más o menos la repetibilidad de este método de prueba.

- Procedimiento:

Analice cada muestra de interés de la siguiente manera:

1. Coloque la celda de muestra que contiene la muestra de prueba en el haz de rayos X, como se indica en las instrucciones del fabricante del instrumento. Permita que el camino óptico de rayos X llegue al equilibrio.
2. Determine la intensidad neta de cloro para los espectrómetros MWDXRF midiendo los conteos totales de fluorescencia de cloro y luego dividiendo los conteos totales por el tiempo de medición en segundos para calcular I Calcule la concentración de cloro en la muestra de prueba como se indica en la sección de cálculos.
3. Si la concentración de azufre de la muestra es $\geq 0,5$ % en masa, se recomienda corregir con azufre los resultados de la medición de cloro. Esta corrección la realiza automáticamente el software del analizador, ya sea ingresando manualmente la concentración de azufre o mediante la medición directa de azufre de la muestra. Consulte la documentación del software del proveedor del equipo para determinar la forma exacta de la corrección.

Para los espectrómetros MEDXRF, determine el área del pico de la radiación de cloro $K\alpha$ a 2.622 keV. La tasa de conteo neto se calculará restando el fondo. El espectro de fondo, medido con un aceite blanco libre de cloro u otra muestra en blanco que coincida con la matriz se adapta al espectro medido usando regiones de ajuste siguiendo las instrucciones del fabricante del

instrumento y luego se resta del espectro medido. Determine la tasa de conteo corregida y calcule la concentración de la muestra cómo se describe en la sección de cálculos.

- *Corrección de azufre MEDXRF*: el software del analizador realiza automáticamente esta corrección, ya sea ingresando manualmente la concentración de azufre o mediante la medición directa de azufre de la muestra. Consulte la documentación del software del proveedor del equipo para determinar la forma exacta de la corrección.

Para los espectrómetros EDXRF, la concentración de cloro se calcula automáticamente a partir de la calibración, utilizando el software del instrumento.

- *Corrección de azufre EDXRF*: el software del analizador realiza automáticamente esta corrección, ya sea ingresando manualmente la concentración de azufre o mediante la medición directa de azufre de la muestra. Consulte la documentación del software del proveedor del equipo para determinar la forma exacta de la corrección.
- Cálculos

Cuando utilice una muestra de monitor de deriva (opcional), calcule un factor de corrección de deriva (F) para los cambios en la sensibilidad diaria del instrumento de acuerdo con la siguiente ecuación descrita. Si no se usa un monitor de deriva, F se establece igual a 1.

$$F = A/B \quad (C12)$$

dónde:

F = factor de corrección de deriva,

A = tasa de conteo del monitor de corrección de deriva según lo determinado en el momento de la calibración, y

B = tasa de conteo del monitor de corrección de deriva determinada en el momento del análisis.

Para espectrómetros MWDXRF, calcule la tasa de conteo corregida por deriva, o intensidad, (I_{cor}) para la muestra de prueba de la siguiente manera:

$$I_{cor} = F \cdot I \quad (C13)$$

dónde:

F = factor de corrección de deriva, calculado anteriormente, y

I = tasa de conteo neto (o intensidad) para la muestra de prueba.

Calcule el contenido de cloro (Cl) del espécimen de prueba usando la tasa de conteo corregida por deriva (I_{cor}) en lugar de I en la ecuación C10. En muchos casos, el proveedor del instrumento proporcionará el software o los cálculos necesarios. El uso del factor F para corregir la tasa de conteo de cloro es opcional.

Para los espectrómetros MEDXRF, la tasa neta de conteo, o intensidad, viene dada por la desconvolución espectral de la línea $K\alpha$ del cloro después de restar el espectro de fondo. El uso del factor F para corregir la tasa de conteo de cloro es opcional.

Calcule el contenido de cloro (Cl) de la muestra insertando la tasa de conteo neta corregida en la ecuación de calibración C11. En muchos casos, el proveedor del instrumento proporcionará el software para los cálculos necesarios.

Para los espectrómetros EDXRF, la concentración de cloro en la muestra se calcula automáticamente a partir de la curva de calibración.

Si las muestras tienen $\geq 0,5$ % de azufre en masa, se recomienda realizar correcciones de matriz para el azufre. En algunos sistemas, las líneas de azufre pueden estar interfiriendo con la intensidad del cloro. En ese caso, es posible que se requieran correcciones de superposición de líneas. El software del fabricante suele proporcionar un método para corregir los efectos de matriz y las interferencias. En algunos casos, puede ser necesaria tanto la corrección de matriz como la corrección de interferencia. En otros especímenes, solo se debe aplicar una de estas correcciones, y en otros especímenes aún no se requiere ninguna corrección. Siga las recomendaciones del fabricante para aplicar la corrección de azufre.

Si la muestra de prueba se preparó a partir de una muestra cuantitativamente diluida, corrija la concentración medida para la dilución de la muestra. La concentración de cloro (Cl_o) en la muestra original sin diluir se calcula de la siguiente manera:

$$Cl_o = \left[Cl_d \times \frac{M_o + M_b}{M_o} \right] - \left[Cl_b \times \left(\frac{M_b}{M_o} \right) \right] \quad (C14)$$

dónde:

Cl_d = concentración de cloro en la muestra de ensayo de la muestra diluida (de 28,8), mg/kg,

M_0 = masa de la muestra original, g,

M_b = masa del material base utilizado para diluir la muestra, g, y

Cl_b = concentración de cloro en diluyente, mg/kg.

La fórmula de corrección de la relación carbono/hidrógeno (C/H), que se aplica cuando el material base utilizado para los estándares de calibración es aceite blanco, se muestra en la ecuación siguiente:

$$Cl_{C/H} = \{ [1.195 - 0.0164(C/H)_{whiteoil}] / [1.195 - 0.0164(C/H)] \} \times Cl_{whiteoil} \quad (C15)$$

dónde:

$Cl_{C/H}$ = concentración de cloro corregida por diferencias de matriz de relación C/H,

$(C/H)_{whiteoil}$ = relación en masa de carbono a hidrógeno para el aceite blanco, típicamente 5.7,

(C/H) = relación de masa de carbono a hidrógeno para la muestra, y

$Cl_{whiteoil}$ = concentración de cloro derivada del gráfico de calibración.

El valor de la relación de masa C/H se ingresa para cada muestra desconocida. El $Cl_{whiteoil}$ se corregirá para las diferentes relaciones C/H. En consecuencia, si los estándares se preparan con un solvente diferente, se debe usar la relación C/H para ese solvente en lugar del aceite blanco (C/H). Las diferencias entre la relación C/H entre los estándares y las muestras contribuirán al error en el resultado medido.

La concentración de cloruro orgánico en el espécimen de muestra de petróleo crudo original se puede obtener multiplicando la concentración de cloro en la fracción de nafta, Cl en las

ecuaciones mencionadas en la sección de calibración, por la fracción de nafta, f , en la ecuación descrita en el proceso de destilación.

C.4 Reporte de Resultados

Informe el contenido de cloruro orgánico de la muestra de aceite crudo original en $\mu\text{g/g}$ (o mg/kg) según lo calculado al final de las secciones de cálculos para cada procedimiento (A, B, C)

Indique que los resultados del cloruro orgánico en el petróleo crudo se determinaron mediante el Método de prueba D4929, Procedimiento A; Método de prueba D4929, Procedimiento B; o Método de prueba D4929, Procedimiento C

Para el Procedimiento C, informe también si el resultado se obtuvo mediante MWDXRF, MEDXRF o EDXRF. Indicar si se utilizaron modificaciones del método.

C.5 Precisión

- Repetibilidad:

Procedimiento A: se pueden obtener valores para el cloro ligado orgánicamente para cualquier concentración dada por encima $1 \mu\text{g/g Cl}$ (en la muestra original de petróleo crudo) de la siguiente manera:

$$r = 0.32 (X + 0.33)^{0.644} \quad (\text{C16})$$

dónde:

$X = \mu\text{g/g}$ de cloruro.

Procedimiento B: se pueden obtener valores para el cloro ligado orgánicamente para cualquier concentración dada por encima 1 $\mu\text{g/g}$ Cl (en la muestra original de petróleo crudo) de la siguiente manera:

$$r = 1.01 (X - 0.17)^{0.467} \quad (\text{C17})$$

dónde:

X = $\mu\text{g/g}$ de cloruro.

Procedimiento C: se pueden obtener valores para el cloro ligado orgánicamente para cualquier concentración dada por encima de 1 mg/kg de Cl (en la muestra de petróleo crudo original) como se especifica a continuación:

$$\text{MWDXRF} \quad r = 0.643 X^{0.44} \quad (\text{C18})$$

$$\text{MEDXRF} \quad r = 0.591 X^{0.44} \quad (\text{C19})$$

$$\text{EDXRF} \quad r = 0.934 (X + 0.4)^{0.48} \quad (\text{C20})$$

dónde:

X = $\mu\text{g/g}$ de cloruro.

- Reproducibilidad:

Procedimiento A: Los valores pueden obtenerse para el cloro ligado orgánicamente para cualquier concentración dada por encima de 1 $\mu\text{g/g}$ Cl (en la muestra de petróleo crudo original) de la siguiente manera:

$$R = 0.7 (X + 0.33)^{0.644} \quad (C21)$$

dónde:

X = $\mu\text{g/g}$ de cloruro.

Procedimiento B: se pueden obtener valores para el cloro ligado orgánicamente para cualquier concentración dada por encima de 1 $\mu\text{g/g}$ Cl (en la muestra original de petróleo crudo) de la siguiente manera:

$$R = 1.32 (X - 0.17)^{0.467} \quad (C22)$$

dónde:

X = $\mu\text{g/g}$ de cloruro.

Procedimiento C: se pueden obtener valores para el cloro ligado orgánicamente para cualquier concentración dada superior a 1 mg/kg de Cl (en la muestra original de petróleo crudo) como se especifica a continuación:

$$\text{MWDXRF} \quad R = 1.235 X^{0.44} \quad (C23)$$

$$\text{MEDXRF} \quad R = 1.500 X^{0.44} \quad (C24)$$

$$\text{EDXRF} \quad R = 2.000 (X + 0.4)^{0.48} \quad (C25)$$

dónde:

X = $\mu\text{g/g}$ de cloruro.

**Apéndice D. GUÍA DEL ESTUDIANTE EN EL LABORATORIO PARA LA
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAL MÉTODO
ELECTROMÉTRICO ASTM D3230 EN PETRÓLEO CRUDO.**

D.1 Importancia y Uso

Este método de prueba se usa para determinar el contenido aproximado de cloruro de los petróleos crudos, cuyo conocimiento es importante para decidir si el petróleo crudo necesita desalinización o no. También se puede evaluar la eficiencia del proceso desalador. El exceso de cloruro que queda en el petróleo crudo con frecuencia da como resultados índices de corrosión más altos en las unidades de refinación y también tiene efectos perjudiciales en los catalizadores utilizados en estas unidades.

Este método de prueba cubre la determinación de la concentración aproximada de cloruro (sales) en el petróleo crudo. El rango de concentración cubierto es de 3,5 mg/kg a 500 mg/kg o 1,0 lb /1000 bbl a 150 lb /1000 bbl (PTB) como concentración de cloruro/volumen de petróleo crudo. mide la conductividad en el petróleo crudo debido a la presencia de cloruros comunes, como sodio, calcio y magnesio. Otros materiales conductores también pueden estar presentes en el petróleo crudo.

D.2 Objetivo

Determinar el contenido de sal en crudos por método electrométrico ASTM D3230.

D.3 Resumen del Método

Este método de prueba mide la conductividad de una solución de petróleo crudo en un solvente de alcohol mixto cuando se somete a tensión eléctrica. Este método de prueba mide la conductividad debido a la presencia de cloruros inorgánicos y otros materiales conductores en el petróleo crudo. Una muestra de prueba homogeneizada se disuelve en una mezcla de alcohol y se coloca en una celda de prueba que consta de un vaso de precipitado (beaker) y un conjunto de electrodos. Se imprime un voltaje en los electrodos y se mide el flujo de corriente resultante. El contenido de cloruro (sal) se obtiene por referencia a una curva de calibración de la corriente frente a la concentración de cloruro de mezclas conocidas. Las curvas de calibración se basan en estándares preparados para aproximar el tipo y la concentración de cloruros en los crudos que se están probando. En el caso del equipo usado en esta prueba, las curvas de calibración ya están establecidas por el método ASTM D3230.

D.4 Equipos, Elementos y Reactivos

- Equipo electrométrico con conjunto de electrodos.
- Vasos de precipitado (beaker), 100 ml de forma completa sin pico.
- Pipeta, 10 ml (entrega total).
- Probeta de 10 ml (crudos viscosos).
- Probeta de 100 ml con tapón.

- Solvente mixto de alcohol (63% de 1-butanol y 37% alcohol metílico en volumen), con 3 ml de agua por cada litro de la mezcla (la mezcla estará preparada con anterioridad por el laboratorista).
- Xileno, pureza mínima.

D.5 Preparación

- Identifique la muestra.
- Se necesitan al menos 10 ml de petróleo crudo.

D.6 Procedimiento

Paso 1: A una probeta graduada de 100 ml, con tapón de vidrio, agregue 15 ml de xileno y, utilizando una pipeta de 10 ml (entrega total), o probeta graduada de 10 ml (si el crudo es muy viscoso), transfiera 10 ml de la muestra de petróleo crudo a la probeta de 100 ml con tapón de vidrio.

Paso 2: Enjuague la pipeta de 10 ml o la probeta graduada de 10 ml, con xileno hasta que no quede aceite. Completar hasta un máximo 50 ml con xileno, es decir usar un máximo de 25 ml de xileno. Tape y agite vigorosamente la probeta durante aproximadamente 60 s. Diluir hasta 100 ml con la solución mixta de alcoholes y nuevamente agitar vigorosamente durante aproximadamente 30 s.

Paso 3: Después de dejar reposar la solución durante aproximadamente 5 minutos, viértala en el Beaker seco.

Paso 4: Coloque inmediatamente los electrodos en la solución del vaso de precipitados, asegurándose de que el borde superior de las placas de los electrodos quede por debajo de la superficie de la solución. Ajuste el voltaje del electrodo indicado a una serie de valores, por ejemplo, 25 V, 50 V, 125 V, 200 V y 250 V CA. En cada voltaje, anote la lectura actual y registre el voltaje mostrado y la corriente con una aproximación de 0,01 mA.

Paso 5: Retire los electrodos de la solución, enjuague con xileno seguido de nafta y déjelos secar.

D.7 Cálculos y reporte

Calcular la concentración en mg/kg utilizando la ecuación siguiente:

$$\text{Salt } \frac{\text{mg}}{\text{kg}} = 2853 \frac{Y}{d} \quad (\text{D1})$$

donde:

Y = concentración de sal medida en PTB, y

d = densidad del espécimen a 15 °C en kg/m³

El reporte de resultados debe constatar: La concentración en mg/kg como cloruro electrométrico en petróleo crudo según el Método de prueba D3230. Alternativamente, reporte la concentración directamente en g/m³ o lb/1000 bbl, si es requerido.

D.8 Recomendaciones generales

La conductividad de las soluciones se ve afectada por la temperatura de la muestra, dicha temperatura debe estar dentro de los 3 °C de la temperatura a la que se realizaron las curvas de

calibración. Consulte las especificaciones del equipo y manual para la temperatura de las curvas de calibración.

En algunos casos, la viscosidad del petróleo crudo hace que sea difícil y poco práctico transferir 10 ml de muestra con una pipeta. En tales casos, está permitido usar la probeta graduada de 10 ml en lugar de la pipeta para transferir muestra de aceite para garantizar la consistencia.

Se deben usar productos químicos de grado reactivo. A menos que se indique lo contrario, se pretende que todos los reactivos cumplan con las especificaciones de la American Chemical Society, donde tales especificaciones estén disponibles. Se pueden usar otros grados, siempre que primero se compruebe que el reactivo tiene una pureza suficientemente alta para permitir su uso sin disminuir la precisión de la determinación. Tenga precaución con el xileno debido a ser Inflamable y el vapor nocivo.