

**ELABORACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DEL MANUAL
DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA –
NORMA API RP13B**

STEFANY BRIGITTE DONOSO GÓMEZ

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2014**

**ELABORACIÓN, ACTUALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DEL MANUAL
DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA –
NORMA API RP13B**

STEFANY BRIGITTE DONOSO GÓMEZ

Trabajo de grado presentado como requisito académico
para optar al título de Ingeniero de Petróleos

Director
CONSTANZA VARGAS CASTELLANOS
Ingeniero de Petróleos

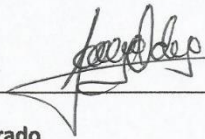
**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2014**

Nota de aceptación

Aprobado!

Amanda Dazco Castellanos.

Presidente del Jurado

x  _____

Jurado

Juan Pablo Dazco C.

Jurado

Neiva, Junio de 2014

DEDICATORIA

*A DIOS que me acompaña y fortalece día a día en mi camino hacia mis sueños
A mis padres Edgar Donoso, y Sandra Liliana Gómez por su apoyo
incondicional y por ser mi constante motivación.
A mi hermano Edgar A, Donoso a quien admiro y a mi esposo Andrés Rubiano
por ser parte de mi vida.
A mis amigos cercanos por ser mi sostén incondicional
y caminar junto a mí este pasaje de la vida.*

STEFANY BRIGITTE DONOSO GÓMEZ

AGRADECIMIENTOS

La tesista expresa su agradecimiento a:

CONSTANZA VARGAS, Ingeniería de Petróleos, Directora del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento y directora del Proyecto de grado; por su apoyo, confianza y colaboración para el desarrollo del mismo.

DIEGO PINCHAO, estudiante de Ingeniería de Petróleos y Monitor del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento; por su dedicación, tiempo y colaboración desinteresada.

GLOSARIO

- **API:** (American Petroleum Institute). Es una organización nacional en los Estados Unidos que cuenta con un área destinada a la elaboración de normas en toda la industria del petróleo y gas natural. Hoy en día más de sus 500 estándares son adoptados en el mercado internacional.
- **NTC ISO/ICE 17025:** Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- **SGA–2011:** Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos.
- **API RP 13B1:** Norma técnica y recomendaciones API para las pruebas de laboratorio de fluidos de perforación y completamiento base agua.
- **API RP 13B2:** Norma técnica y recomendaciones API para las pruebas de laboratorio de fluidos de perforación y completamiento base aceite.
- **TERMOCUPLA:** Un termopar (también llamado termocupla) es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (del orden de los milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado «punto caliente» o «unión caliente» o de «medida» y el otro llamado «punto frío» o «unión fría».
Las termocupas o copas térmicas están diseñadas para controlar la temperatura de una muestra de lodo mientras se están realizando las lecturas con un reómetro o viscosímetro.
- **FILTROPRESA LT/LP (Low Temperature/Low pressure):** Utilizada en la prueba de laboratorio de filtración a baja temperatura/baja presión, cuenta con una celda para mantener la muestra de lodo, una entrada de presión, y una tapa base con filtro y papel de filtro.
- **FILTROPRESA HT/HP (High Temperature/High Pressure):** Cuando se requieren mediciones de alta presión y alta temperatura de filtración, se recomiendan las filtro-prensas HT/HP específicamente diseñadas para simular las condiciones de fondo de pozo. Las temperaturas de prueba para todos los modelos pueden exceder los 200°F (93°C), utilizando un receptor de contrapresión para recoger el filtrado. Los componentes de las filtro-prensas son totalmente intercambiables. Tres tamaños diferentes están disponibles para adaptarse a diferentes necesidades y preferencias. Todas las unidades HT/HP pueden pedirse con 115 voltios o para los requisitos de energía de 230 voltios.
- **PHMETRO:** Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución. La determinación de pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración

de protones. En consecuencia se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio delante el pH.

- **VISCOSÍMETRO:** Empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido, el viscosímetro FANN ® modelo 35 es un instrumento de lectura directa que está disponible en 6 y 12 velocidades diseñado para su uso en 50 o 60 Hz de energía eléctrica. La fuente de alimentación estándar es de 115 voltios.
- **BOB:** Los viscosímetros de rotación emplean la idea de que la fuerza requerida para rotar un objeto inmerso en un fluido puede indicar la viscosidad del fluido. El viscosímetro de 'Cup and bob' funciona determinando el torque requerido para lograr una cierta rotación.
- **TRANSPORTADOR DE GAS –GARRET-:** En el análisis químico de los fluidos, para la evaluación de Sulfuros por ejemplo, éste instrumento, funciona como separador del gas retenido en las muestras de líquido (aceite) y consiste en un transportador de plástico transparente para gas, un suministro de gas inerte, un regulador de presión, un medidor de flujo de bola flotante y un tubo Dräger.
- **INSTRUMENTO DE RETORTA:** El instrumento de retorta proporciona un medio para la separación y la medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra del fluido de perforación a base de agua.
- **EMBUDO DE MARSH:** Dispositivo simple para indicar la viscosidad de forma rutinaria. calibrado para un flujo de salida de 946 ml (1 cuarto de galón) de agua fresca a una temperatura de $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$ [$(70 \pm 5) ^\circ\text{F}$] en $(26 \pm 0,5)$ s, con una taza graduada como receptor.
- **SOLUCIONES BUFFER:** Es la mezcla en concentraciones relativamente elevadas de un ácido débil y su base conjugada, es decir, sales hidrolíticamente activas. Tienen la propiedad de mantener estable el pH de una disolución frente a la adición de cantidades relativamente pequeñas de ácidos o bases fuertes.
- **EDTA:** ácido etildiaminotetracético que secuestra iones divalentes pero lo hace en una relación fija o estequiométrica (proporción fija y concentración variable según la concentración del ion calcio).
- **FENOLFTALEÍNA:** es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en presencia de bases toma un color rosado con un punto de viraje entre pH=8,0 (incoloro) a pH=9,8 (magenta o rosado).
- **NARANJA DE METILO:** es un colorante azoderivado, con cambio de color de rojo a naranja-amarillo entre pH 3,1 y 4,4. El nombre del compuesto químico del indicador es sal sódica de ácido sulfónico de 4-Dimetilaminoazobenceno.

- **MESH:** El grado de finura de un sólido determina el tamaño de las partículas del mismo. Una unidad muy utilizada para la medición es el Mesh o número de luces de mallas dentro de una pulgada inglesa (25,4mm).

RESUMEN

En el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento de la Universidad Surcolombiana, se realizan diferentes pruebas referentes a las propiedades de los lodos de perforación, sin embargo, no se cuenta con un manual técnico estandarizado y actualizado de las prácticas que se llevan a cabo. El uso de éste laboratorio sin el apoyo de las fichas de seguridad y sin un manual de comportamiento y buenas prácticas, tienden a generar un margen de riesgo para los estudiantes durante la manipulación de sustancias químicas.

Por lo anterior, este proyecto de grado pretende desarrollar el manual y los documentos correspondientes, con el objetivo de estandarizar los procedimientos técnicos usados durante la práctica y disminuir los riesgos asociados a esta.

Inicialmente, se requirió ejecutar un diagnóstico documental, compuesto por un inventario de equipos y reactivos para determinar las condiciones en las que se encontraba el laboratorio. Posteriormente se elaboró una relación entre éste documento y el listado de las sustancias químicas y dispositivos necesarios para llevar a cabo las pruebas según el American Petroleum Institute (API).

Para la elaboración del Manual de Procedimientos Técnicos para el desarrollo de las pruebas en el laboratorio, se llevó a cabo la traducción de los normas API RP13B-1 y API RP13B-2, para lodos base agua y lodos base aceite respectivamente. A partir de la primera norma mencionada se diseñó una guía de laboratorio para lodos base agua, que le permitirá al estudiante efectuar las prácticas correspondientes de forma fácil, diligente y organizada.

En la búsqueda de minimizar al máximo los riesgos generados durante las pruebas y con el ánimo de promover una cultura de disciplina en el área de trabajo se creó un Manual de Comportamiento y Buenas Prácticas, donde se brinda información del uso de sustancias químicas peligrosas y donde se hace énfasis en el conocimiento de las Fichas de Seguridad (FDS), de las normas de etiquetado y del apropiado manejo de los residuos en el laboratorio. Las FDS fueron realizadas en base al Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) propuesto por la Organización de las Naciones Unidas.

Como complemento, se elaboró una recopilación de las Especificaciones y Características de los Equipos presentes en el laboratorio, basándose principalmente en la información suministrada por cada uno de los fabricantes.

Se considera que con el producto final de esta tesis el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento cumpla con la estandarización los procedimientos técnicos usados durante las prácticas que se realizan en estas instalaciones, brindando una mayor seguridad a los usuarios y a quienes dirigen la práctica.

ABSTRACT

In the Laboratory of Drilling Fluids and Completion of the South Colombian University, several tests are performed in relationship to drilling's mud properties; however, there is not a standardized and updated technical handbook of the practices that are carried out. The use of this laboratory without the support of safety data sheets and without a handbook of good practices and lab behavior, tend to generate a risk margin for the students when handling chemical products.

Therefore, this promotion project pretends to develop the handbook and the related documents with the aim of standardizing the technical procedures used during lab practice and to reduce the risk associated with it.

Initially, it was required to run a diagnostic documentary consisting of an inventory of equipment and reagents to understand the conditions under which the laboratory was operating. Subsequently a relationship between this document and the list of chemical products and devices needed to carry out the tests was developed according with American Petroleum Institute (API).

For the development of the Technical Handbook of Procedures of the Laboratory tests, a translation of the API RP13B-1 and API RP 13B-2 API was carried out respectively for water based and oil based mud. From the first document mentioned, a laboratory guide for water-based muds was designed, with the aim of enable the student to perform lab practices in an easy, organized and diligent way.

Looking for minimize the generated level of risk during testing and in the spirit of promoting a culture of discipline in the lab work area, a Good Practices and good Behavior Handbook was created; where useful information for hazardous chemicals was presented with emphasis on knowledge of Safety Data Sheets (MSDS) , labeling rules and appropriate waste management. The FDS were performed based on the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS) proposed by the United Nations.

As a complement, a collection of Specifications and Features of the equipment used in the laboratory was developed, based primarily on information supplied by each one of the manufacturers.

It is considered that with the final product of this thesis, the laboratory for Drilling Fluids and Completion can meet the procedures for technical standardization used during the practices and carried out in these facilities, providing greater security for users and those who run the practice.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. ASPECTOS TEÓRICOS	15
3.1 Generalidades del laboratorio.....	15
3.1.1 Laboratorio	15
3.1.2 Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento de la Universidad Surcolombiana	15
3.1.3 Reseña histórica	16
3.1.4 Estructura organizacional	16
3.1.5 Planeación estratégica	17
3.2 Pruebas realizadas en el laboratorio	17
3.3 Normas técnicas	19
3.3.1 NTC ISO/ICE 17025	19
3.3.2 SGA-2011	20
3.3.3 API RP 13B1	20
3.3.4 API RP 13B2	21
4. DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL.....	22
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADO DEL DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL	22
5. ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL LABORATORIO SEGÚN LA NORMA ANSI/API RP13B1:2009; RP13B2:2005.....	23
5.1 GUÍAS DE LABORATORIO	25
6. MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS Y FDS	26
7. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO	27
8. CONCLUSIONES	28
9. RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31

ANEXOS

ANEXO 1: DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL Y RELACIÓN DE EQUIPOS Y REACTIVOS

ANEXO 2: MANUAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS SEGÚN API RP13B

ANEXO 3: MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS

ANEXO 4: ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

ANEXO 5: FICHAS DE SEGURIDAD

INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más importantes realizadas en campo durante el proceso de perforación y acondicionamiento de un pozo petrolero, es la correcta preparación de los fluidos de perforación y completamiento, además de la exacta medición de las propiedades de estos fluidos. Su importancia recae en que las propiedades de éstos varían a lo largo de la perforación según sea necesario; ya sea elevar o disminuir la viscosidad del lodo, aumentar la capacidad de arrastre, mantener un pH adecuado, la evaluación de las condiciones de filtración y formación de revoque, así como las distintas pruebas de alcalinidad y dureza, entre otras; permitiendo realizar un análisis completo de las condiciones actuales del lodo y estudiar si bajo estas propiedades el fluido de perforación cumple sus funciones a cabalidad, durante la perforación de un pozo.

Como parte del plan de estudios de la carrera de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, la asignatura Fluidos de Perforación y Completamiento busca por medio del desarrollo de guías prácticas de laboratorio afianzar y fortalecer el conocimiento teórico adquirido en la asignatura, para que así el estudiante conozca y maneje adecuadamente los equipos, realice apropiadamente los procedimientos y obtenga resultados válidos para ser analizados. Algunas de las pruebas que se llevan a cabo son la medición de la densidad y viscosidad del fluido, prueba de filtración, medida de contenido de arena, contenido de líquidos y sólidos, análisis químico de los fluidos de perforación: alcalinidad y dureza, entre otros. Estas pruebas se realizan únicamente para lodos base agua.

El propósito principal de este proyecto es la elaboración, actualización y estandarización del manual de procedimientos de las pruebas realizadas en el laboratorio de fluidos de perforación y completamiento con base en las normas internacionales ANSI/API RP13B-1:2009/ISO 104141:2008 y la API RP13B-2:2005, donde se encuentran las prácticas recomendadas para pruebas en campo de fluidos de perforación base agua y base aceite. La implementación de este manual derivará en el desarrollo de procedimientos de calidad que garantizarán resultados válidos.

1. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar, actualizar y estandarizar el manual de procedimientos técnicos para el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento de la Universidad Surcolombiana, con base en la Norma ANSI/API RP13B:209/ISO 10414:2008.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.2.1 Realizar un reconocimiento inicial que permita identificar el estado actual del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento de la Universidad Surcolombiana.
- 1.2.2 Elaborar un inventario del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, donde se considere el estado actual de los equipos y herramientas, así como un listado de la documentación existente.
- 1.2.3 Establecer para cada equipo del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, los documentos necesarios para su identificación: ficha técnica y formato de uso, hoja de vida útil y su correspondiente agenda de calibración y mantenimiento.
- 1.2.4 Relacionar las pruebas que se pueden correr con los equipos existentes y hacer referencia a los equipos e insumos carentes para correr las pruebas faltantes establecidas por la API RP13B
- 1.2.5 Inspeccionar, revisar y complementar las normas generales del uso de materiales, así como las hojas de seguridad de las sustancias químicas del laboratorio.
- 1.2.6 Instaurar las directrices del comportamiento adecuado para la seguridad del personal en el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento.

2. JUSTIFICACIÓN

En el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento no se cuenta actualmente con un manual actualizado y regido por recomendaciones internacionales, lo que hace que en muchos casos no se realicen las pruebas apropiadamente ni se llegue a la obtención de datos satisfactorios; esto provoca problemas en el análisis de resultados y en las decisiones que se toman para realizar ciertos cambios en las propiedades de los fluidos de perforación. Para evitar los errores que se puedan cometer, se hace necesario elaborar un manual apropiado y actualizado de los procedimientos de las prácticas desarrolladas, con el fin de asegurarle al estudiante una enseñanza veraz y adecuada de lo que la industria petrolera exige.

Además, para asegurar un proceso de aprendizaje óptimo, también es prioritaria la organización del laboratorio, con su respectivo inventario de equipos y herramientas y la recopilación de documentación que sea de ayuda para los estudiantes. Todo esto, enfocado en lograr resultados de calidad, que conlleven a que el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, sea un complemento imprescindible de la educación de los estudiantes de Ingeniería de Petróleos, brindándoles un espacio adecuado, organizado y especialmente diseñado para cumplir los objetivos de práctica, ilustración y experiencia.

3. ASPECTOS TEÓRICOS

3.1 Generalidades del laboratorio

3.1.1 Laboratorio

Un laboratorio es un lugar que se encuentra equipado con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico. En estos espacios, las condiciones ambientales se encuentran controladas y normalizadas para evitar que se produzcan influencias extrañas a las previstas que alteren las mediciones y para permitir que las pruebas sean repetibles.

Entre las condiciones que un laboratorio intenta controlar y normalizar, se encuentran la presión atmosférica (para evitar el ingreso o egreso de aire contaminado), la humedad (la intención es reducirla al mínimo para evitar la oxidación de los instrumentos) y el nivel de vibraciones (para impedir que se alteren las mediciones).

Según la norma NTC – ISO/IEC 17025:2005, el término laboratorio se refiere a un organismo que lleva a cabo actividades de calibración y ensayo en una ubicación permanente; como es el caso del Laboratorio de Fluidos de perforación y Completamiento quien practica ensayos (pruebas) en fluidos de perforación, ubicado en un espacio permanente dentro del bloque de Ingeniería del Programa de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

Existen diversos tipos de laboratorio; entre ellos se tienen los laboratorios químicos, quienes estudian compuestos y mezclas de elementos para comprobar las teorías de la ciencia y a los cuales pertenece el Laboratorio de Fluidos de perforación y completamiento de la Universidad Surcolombiana. Balanza de lodos, calentadores múltiple, equipo de retorta, filtro-prensas y viscosímetros, son algunos de los instrumentos utilizados en este ámbito.

También es muy común que las escuelas, universidades o cualquier otro reducto académico cuenten con un laboratorio en el cual se dictarán clases prácticas u otros trabajos relacionados exclusivamente con un fin educativo.

3.1.2 Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento de la Universidad Surcolombiana

El laboratorio de Fluidos de perforación y completamiento de la Universidad Surcolombiana, ubicado en la Facultad de Ingeniería del Programa de Petróleos, presta servicios a la comunidad académica, en la formación de profesionales y específicamente atiende los requerimientos de la asignatura “Fluidos de perforación y Completamiento”.

Cuenta con una infraestructura adecuada y equipos que permiten a los estudiantes, realizar un reconocimiento de las diferentes pruebas de laboratorios que la industria del petróleo requiere. Dentro de los equipos cuenta con: Una batidora de pedestal, un calentador múltiple de sobremesa

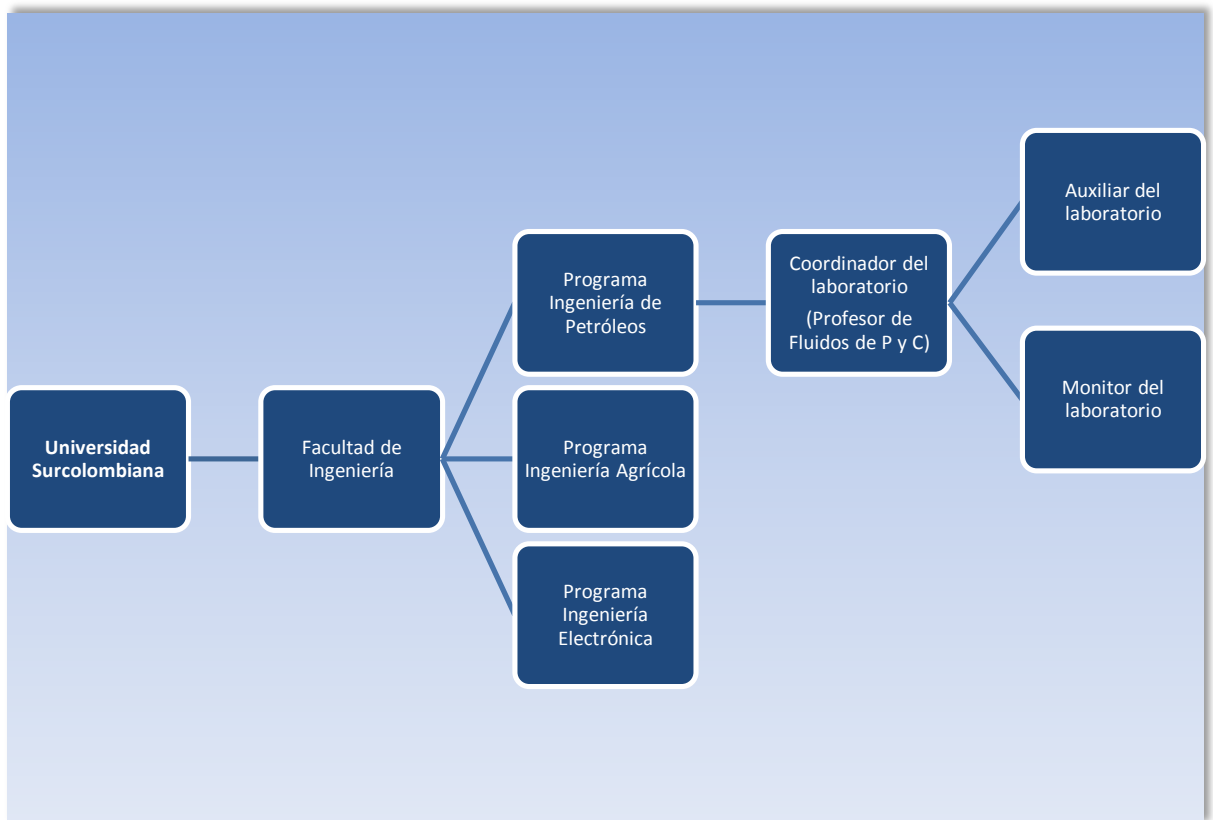
para extracción, un equipo de retorta, un agitador magnético, balanzas, un calentador magnético con plato de calentamiento, filtro-prensas HT/HP y LT/LP, un pHmetro, viscosímetros Fann 35, embudos Marsh, un medidor de estabilidad eléctrica, una balanza gramera, pipeteadores, termómetros, agitadores de varillas, probetas, pipetas, matraces, picnómetros.

3.1.3 Reseña histórica

El laboratorio de Fluidos y Completamiento, fue uno de los primeros laboratorios con que contó la Facultad de Ingeniería en su Programa de Ingeniería de Petróleos.

Este laboratorio aparece en el contexto académico y de formación de profesionales, y su pertinencia se asocia con los inicios de la carrera Ingeniería de Petróleos en la región Surcolombiana. En esta fase, el enfoque en los equipos y facilidades del laboratorio se orientó hacia la determinación de las propiedades físicas más importantes de los Fluidos de perforación y Completamiento.

3.1.4 Estructura organizacional



3.1.5 Planeación estratégica

- Misión

Formar integralmente Ingenieros de petróleos, capaces de tomar decisiones técnicas y administrativas a partir de resultados de las pruebas realizadas a los fluidos de perforación y completamiento, cumpliendo con las normas NTC ISO/IS 17025, SGA-2011, API RP 13B1, API RP 13B2, dentro de un marco técnico y de desarrollo sostenible.

- Visión

Para el año 2020 el laboratorio de Fluidos y Completamiento, contará con un sistema de gestión de calidad, que asegure la confiabilidad de los resultados obtenidos y permita corroborar pruebas teóricas con las pruebas en tiempo real que la industria petrolera genera día a día durante la perforación y el completamiento de pozos petroleros.

3.2 Pruebas realizadas en el laboratorio

- **Densidad del fluido de perforación**

Este procedimiento de ensayo es un método para determinar la masa de un volumen dado de líquido (equivalente a la densidad). La densidad del fluido de perforación se expresa como libras por galón (gramos por mililitro, kilogramos por metro cúbico o libras por pie cúbico).

- **Viscosidad y resistencia de gel**

La viscosidad y la resistencia del gel son mediciones que se relacionan con las propiedades de flujo (reología) de los fluidos de perforación. Los siguientes instrumentos se utilizan para medir la viscosidad y / o fuerza de gel de fluidos de perforación:

- a) Embudo de Marsh - un dispositivo simple para indicar la viscosidad de forma rutinaria. El tiempo, en segundos, requerido para que un cuarto de galón de lodo fluya a través de un embudo de Marsh, no es la viscosidad verdadera, pero sirve como medida cualitativa de cuán espesa es la muestra de lodo. La viscosidad de embudo es útil sólo para comparaciones relativas¹.
- b) Viscosímetro de indicación directa - un dispositivo mecánico para la medición de la viscosidad a velocidades de cizallamiento diferentes. Las constantes del instrumento se han ajustado de manera que la viscosidad plástica (expresada en centipoises, cp) y el yield point (expresado en pascales, Pa) se obtienen mediante el uso de las lecturas de velocidad de la manga del rotor de 300 r/min y 600 r/min.

¹ Tomado del portal web de Schlumberger: http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/m/marsh_funnel_viscosity.aspx

- **Filtración**

La medición del comportamiento del filtrado y las características de la creación de la torta del filtrado de un fluido de perforación son fundamentales para el control y el tratamiento del fluido de perforación y las características del filtrado tales como aceite, agua o el contenido de emulsión. Estas características se ven afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el fluido y su química física e interacciones que, a su vez, se ven afectados por la temperatura y la presión. Por lo tanto, las pruebas se practican tanto en baja temperatura/baja presión y alta temperatura/alta presión, y cada uno requiere diferentes equipos y técnicas. En ambos métodos, el filtrado se recoge en una probeta graduada durante 30 minutos. La pérdida de fluido se informa entonces como el número de centímetros cúbicos de filtrado recogidos en 30 minutos.

- **Contenido de agua, aceite y sólidos**

El instrumento de retorta proporciona un medio para la separación y la medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra del fluido de perforación a base de agua.

El contenido de sólidos afecta la mayor parte de las propiedades de los lodos, como son la densidad, la viscosidad, la resistencia de gel, la pérdida de fluido y la estabilidad a la temperatura. El contenido de sólidos tiene también una influencia considerable sobre el tratamiento de lodo y sobre el equipo necesario para una operación de perforación eficiente.

En la retorta, un volumen conocido de una muestra entera del fluido de perforación se calienta para vaporizar los componentes líquidos que luego se condensa y se recoge en un receptor graduado. Los volúmenes líquidos (centímetros cúbicos de agua y aceite) se determinan directamente de la lectura de las fases de aceite y agua en el receptor. El volumen total de sólidos (suspendidos y disueltos) se obtiene por diferencia (el volumen total de líquido menos el volumen de la muestra). Los cálculos son necesarios para determinar el volumen de sólidos en suspensión, ya que cualquier sólido disuelto es retenido en la retorta.

- **Contenido de arena**

El contenido de arena del fluido de perforación es el porcentaje (fracción de volumen) de las partículas de diámetro mayor que 74 micras. Se mide por medio de un conjunto de tamices.

La arena se incorpora al lodo en el proceso de perforar formaciones que contienen cuarzo y sílice. El contenido de arena afecta gravemente las bombas de lodo, rayando los pistones y generando daño en las válvulas, con sus respectivas pérdidas de tiempo y paradas inesperadas.

El ensayo para determinar la concentración de arena involucra el empleo de un tubo para contenido de arena, que es un tubo calibrado para leer directamente el porcentaje de arena en volumen.

- **Dureza**

La dureza del agua o del filtrado de los fluidos de perforación se debe principalmente a la presencia de iones de calcio y de magnesio. Cuando EDTA (o su sal) se añade al agua o al filtrado, esta combina tanto el calcio y el magnesio y el punto final se determina con un indicador adecuado. La dureza total del agua o del filtrado se expresa como miligramos de calcio por litro.

- **Capacidad de azul de metileno (Prueba M.B.T.)**

La capacidad de azul de metileno del fluido de perforación es una indicación de la cantidad de arcillas reactivas (bentonita y/o sólidos de perforación) presentes según lo determinado por la prueba de azul de metileno. Una solución de azul de metileno se añade a una muestra de fluido de perforación (que ha sido tratada con peróxido de hidrógeno y ha sido acidificada) hasta su saturación notada por la formación de un "halo" de tinte alrededor de una gota sólida puesta sobre papel de filtro.

Esta prueba en campo refleja la cantidad de arcilla incorporada durante la perforación, indicando el aumento de la viscosidad plástica, embolamiento de la broca y BHA, la mala calidad de la torta, aumento del filtrado y baja ROP.

- **pH**

La medición en campo del pH de un fluido de perforación (o filtrado) y los ajustes en el pH son fundamentales para el control de fluidos de perforación. Interacciones de la arcilla, la solubilidad de diversos componentes y contaminantes, y la eficacia de los aditivos son todas dependientes del pH, como lo son los procesos de control de ácidos y sulfuro de corrosión.

3.3 Normas técnicas

3.3.1 NTC ISO/ICE 17025

Esta norma internacional establece los requisitos generales para la competencia en la realización de ensayos y/o calibraciones, incluido el muestreo. Cubre los ensayos y las calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos realizados por el propio laboratorio.

Es aplicable a todas las organizaciones que realizan ensayos y/o calibraciones. Éstas pueden ser, por ejemplo, los laboratorios de primera, segunda y tercera clase, y los laboratorios en los que los ensayos y/o las calibraciones forman parte de la inspección y la certificación de productos.

Para la elaboración del manual de procedimientos del laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, se adoptaron algunos consejos sobre la preparación de documentos a nivel organizacional, administrativo y de formatos.

3.3.2 SGA-2011

SISTEMA GLOBALMENTE ARMONIZADO DE CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS: Debido a la gran disponibilidad actual de sustancias químicas que se utilizan en todo el mundo y que ya hacen parte inherente del desarrollo industrial del hombre, se hace necesario contar con programas nacionales que garanticen la seguridad en su utilización, transporte y eliminación de los mismos. Por esto se convino tener un enfoque internacionalmente armonizado de clasificación y etiquetado, para establecer con carácter general una forma de controlar la exposición a esos productos y proteger a las personas y el medio ambiente.

Sus objetivos son:

- Mejorar la protección de la salud humana y del medio ambiente al facilitar un sistema de comunicación de peligros inteligible en el plano internacional.
- Proporcionar un marco reconocido a los países que carecen de sistema.
- Reducir la necesidad de efectuar ensayos y evaluaciones de los productos químicos.
- Facilitar el comercio internacional de los productos químicos cuyos peligros se hayan evaluado e identificado debidamente a nivel internacional.

3.3.3 ANSI/API RP 13B-1

PRUEBAS DE LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA: Esta norma API, establece los requerimientos óptimos para la determinación de las siguientes características de los fluidos base agua:

- a) la densidad del fluido de perforación (peso del lodo);
- b) la viscosidad y resistencia del gel;
- c) filtración;
- d) el agua, el aceite y el contenido de sólidos;
- e) contenido de arena;
- f) capacidad de azul de metileno (M.B.T.);
- g) pH;
- h) la alcalinidad y el contenido de cal;
- i) contenido de cloruros;
- j) dureza total, de calcio.

Los anexos de la A a la K de la norma API RP 13B-1 proporcionan métodos de ensayo adicionales que se pueden utilizar para el análisis químico del calcio, magnesio, sulfato de calcio, sulfuros, carbonatos y potasio; para la determinación de la resistencia al corte, determinación de la resistividad, eliminación del aire; control de la corrosión en tuberías; muestreo, inspección y rechazo; muestreo en plataforma de perforación (taladro); calibración y verificación del material de vidrio, termómetros, viscosímetros, kit de retorta y evaluación en el PPA (instrumento de evaluación de la permeabilidad) a alta temperatura y alta presión para dos tipos de equipos.

3.3.4 API RP 13B-2

PRUEBAS DE LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE: Esta norma API, establece los requerimientos óptimos para la determinación de las siguientes características de los fluidos base aceite:

- a) la densidad del fluido de perforación (peso del lodo);
- b) la viscosidad y resistencia del gel;
- c) filtración;
- d) el agua, el aceite y el contenido de sólidos;
- e) la alcalinidad, el contenido de cloruro y el contenido de calcio;
- f) estabilidad eléctrica;
- g) contenido de cal y calcio, contenido de cloruro de calcio y cloruro de sodio;
- h) contenido de sólidos de baja gravedad y materiales pesados.

Los anexos de la A a la K y L de la norma API RP13B-2 proporcionan métodos de ensayo adicionales que se pueden utilizar opcionalmente para la determinación de la resistencia al corte, contenido de agua y aceite de los cortes, la actividad del fluido de perforación, punto de anilina, la actividad de los cortes, sulfuros activos; método de ensayo PPA para celdas con tornillos fijos y método de ensayo PPA para celdas con tapones roscados.

Los anexos F, G y J proporcionan procedimientos que pueden utilizarse opcionalmente para el muestreo, la inspección y el rechazo, el muestreo en taladro, calibración y verificación de material de vidrio, termómetros, viscosímetros, kit de retorta y fluidos de perforación balanceados.

El anexo E proporciona ejemplos de cálculos para la cal, la salinidad y el contenido de sólidos.

El anexo M contiene un ejemplo de un formulario-informe de un fluido de perforación.

4. DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL

Inicialmente se realizó una inspección general en el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, en la cual se ejecuta la observación de las condiciones físicas del laboratorio, teniendo en cuenta el estado y mantenimiento de los mesones, sillas, estantería, entrepaños, paredes y tablero, entre otros.

También se llevó a cabo un inventario de equipos y de reactivos presentes en el laboratorio. En el inventario de equipos se tuvo en cuenta la información serial de los mismos así como el serial denotado por el ente competente de la Universidad Surcolombiana, además de la descripción del estado general del equipo. Así mismo se llevó a cabo el inventario de la vidriería presente en el laboratorio así como de los reactivos químicos.

La información adquirida en la ejecución del inventario está disponible en el **ANEXO 1**

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADO DEL DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL

En la inspección documental se evidenció la inexistencia de un manual para la realización de las prácticas de laboratorio, así como la falta de información para la manipulación de los equipos. Tampoco se tuvo conocimiento de la existencia de fichas de seguridad sobre los productos químicos empleados en el laboratorio.

En el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento hay un libro que integra varios temas de interés respecto a perforación y completamiento y que abarca temas de los procedimientos en algunas prácticas de laboratorio combinándolos con temas teóricos. Este documento no se encuentra actualizado.

Con la información obtenida del inventario realizado, de los equipos, reactivos y vidriería, se realizaron unas tablas comparativas en las que se evidencian los equipos y productos químicos presentes en el laboratorio y los equipos y productos químicos necesarios para desarrollar las prácticas de laboratorio según las normas API RP 13B1.

Ver **ANEXO 1**

5. ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL LABORATORIO SEGÚN LA NORMA ANSI/API RP13B-1:2009; RP13B-2:2005

De la norma **API RP13B-1:2009 PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA PRUEBAS DE CAMPO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA**

Pruebas de laboratorio para la determinación de las siguientes características de los fluidos base agua:

- DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN
- VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL
 - Determinación de la viscosidad usando el embudo de Marsh
 - Determinación de la viscosidad y la resistencia de gel usando el viscosímetro de indicación directa
- FILTRACIÓN
 - Prueba a baja temperatura/baja presión
 - Prueba a alta temperatura/ alta presión (HT/HP)
- CONTENIDO DE AGUA, ACEITE Y SÓLIDOS
- CONTENIDO DE ARENA
- CAPACIDAD DE AZUL DE METILENO (M.B.T.)
- ALCALINIDAD Y CONTENIDO DE CAL
 - Procedimiento (Alcalinidad de la fenolftaleína y metil naranja para filtrados)
 - Procedimiento (Alcalinidad de la fenolftaleína para fluidos de perforación)
 - Estimación del contenido de cal
 - Contenido de iones de Cloruro
 - Dureza total / calcio

Equipos, -Procedimientos, -Cálculos y métodos alternativos para cada prueba. Además de los:

ANEXOS

- ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA
- MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE USANDO UN TUBO SHEAROMETER
- RESISTIVIDAD
- EVACUACIÓN DEL AIRE O GAS ANTES DE LA PRUEBA
- ANILLOS DE CORROSIÓN EN LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN
- MUESTREO, INSPECCIÓN Y RECHAZO
- MUESTREO EN TALADRO
- CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL MATERIAL DE VIDRIO, TERMÓMETROS, VISCOSÍMETROS, KIT DE RETORTA Y FLUIDOS DE PERFORACIÓN BALANCEADOS
- PRUEBA DE FILTRACIÓN HT/HP PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA USANDO EL APARATO PERMEABILITY-PLUGGING Y CELDAS EQUIPADAS CON TAPAS ASEGURADAS MEDIANTE TORNILLOS DE AJUSTE
- FORMULARIO DE REPORTE PARA FLUIDOS BASE AGUA

De la norma **API RP13B-2:2005 PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA PRUEBAS DE CAMPO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE**

Pruebas de laboratorio para la determinación de las siguientes características de los fluidos base aceite:

- DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN
- LA VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL
 - Determinación de la viscosidad utilizando el Marsh Funnel
 - Determinación de la viscosidad y/o resistencia de gel utilizando un viscosímetro de indicación directa
- FILTRACIÓN
 - Prueba (alta temperatura/alta presión) hasta 175°C (350°F)
 - Prueba (alta temperatura / alta presión) desde 175°C (350°F) hasta e incluyendo 230°C (450°F)
- PRUEBA DE LA RETORTA PARA EL CONTENIDO DE ACEITE, AGUA Y SÓLIDOS
- ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE
 - Contenido de cloruros del fluido de perforación
 - Contenido de calcio del fluido de perforación
- PRUEBA DE ESTABILIDAD ELÉCTRICA
 - Medidas de estabilidad eléctrica (ES)
- CÁLCULOS DE CAL, SALINIDAD Y SÓLIDOS

Equipos, -Procedimientos, -Cálculos y métodos alternativos para cada prueba. Además de los:

Ver **ANEXO 2**

- MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE UTILIZANDO EL TUBO SHEAROMETER
- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA Y ACEITE DE LOS CORTES PARA PORCENTAJES MAYORES DEL 10%
- DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA FASE ACUOSA DEL AGUA EMULSIONADA MEDIANTE UN ELECTRO-HIGRÓMETRO
- DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ANILINA
- CÁLCULOS DE CAL, SALINIDAD Y SÓLIDOS
- MUESTREO, INSPECCIÓN Y RECHAZO DE LOS MATERIALES DE PERFORACIÓN
- MUESTREO EN TALADRO
- DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LOS CORTES POR EL MÉTODO DE CHENEVERT
- ANÁLISIS QUÍMICO DE SULFUROS ACTIVOS POR EL MÉTODO DE EL TRANSPORTADOR DE GAS GARRETT
- CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL MATERIAL DE VIDRIO, TERMÓMETROS, VISCOSÍMETROS, KIT DE RETORTA Y FLUIDOS DE PERFORACIÓN BALANCEADOS
- PRUEBAS DE FILTRACIÓN ALTA-TEMPERATURA/ALTA-PRESIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE UTILIZANDO EL APARATO DE CONEXIÓN EN LA PERMEABILIDAD Y CELDAS EQUIPADAS CON ATORNILLADAS TAPAS CON GARANTÍA

- PRUEBAS DE FILTRACIÓN ALTA-TEMPERATURA/ALTA-PRESIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE UTILIZANDO EL APARATO DE CONEXIÓN DE PERMEABILIDAD Y LAS CELDAS EQUIPADAS CON TAPONES ROSCADOS
- FORMA-REPORTE FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE

Ver **ANEXO 2**

5.1 GUÍAS DE LABORATORIO

Gracias al contraste de los procedimientos llevados a cabo hasta el momento, con las normas API RP13B1:2009; RP13B2:2005 se establecieron los procedimientos técnicos oportunos para el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento. Con una traducción y análisis de los requerimientos por las normas técnicas tanto para fluidos base agua, como fluidos base aceite. Ésta información se organiza y teniendo en cuenta las necesidades específicas para el desarrollo de las clases de fluidos de perforación y completamiento, se elaboran las guías de laboratorio, con las cuáles se los estudiantes trabajarán durante todas las clases prácticas.

Ver **ANEXO 2**

6. MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS Y FICHAS DE SEGURIDAD (FDS)

El Manual de Comportamiento y Buenas Prácticas del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento tiene como objetivo principal el establecimiento de normas que son necesarias llevarlas a cabo para la protección y mejoramiento de la salud humana y del medio ambiente, además de ayudar a controlar y reducir los factores de riesgo procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos en el laboratorio.

Se espera también que el Manual de Comportamiento y Buenas Prácticas ayude a fomentar una actitud responsable en los estudiantes, ante el manejo de sustancias químicas y también promueva el manejo adecuado de los residuos producidos en las pruebas de laboratorio de fluidos de perforación y completamiento.

Para la realización del Manual de Comportamiento y Buenas Prácticas se tuvo en cuenta información relacionada con seguridad, manejo de sustancias peligrosas y manipulación de residuos. Igualmente se apoyó en el SGA para la explicación de etiquetas y de categorías de peligros y la realización de las FDS entre otras, al considerar de gran importancia el aprendizaje de los estudiantes en este ámbito. También se dedican algunas páginas a la concientización a los estudiantes del buen comportamiento y buenas prácticas que deben seguir para asegurar una jornada sin accidentes ni inconvenientes.

Éste Manual se complementa con el documento integrado por las FDS realizado en base al SGA, donde se cumplen con todos los requerimientos establecidos, permitiéndole así al estudiante la realización de las prácticas de laboratorio con el total conocimiento de los peligros existentes y las precauciones que debe llevar a cabo para asegurar su bienestar y el de sus compañeros.

En su totalidad el documento está dirigido a los estudiantes, director del laboratorio y monitores encargados y es vital que cada uno de los anteriormente mencionados tenga conocimiento integral del Manual y las FDS realizadas.

Ver **ANEXO 3: MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS**

Ver **ANEXO 4: FICHAS DE SEGURIDAD (FDS)**

7. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO

De las especificaciones y características de los equipos del laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, gracias a la realización de un inventario en el mismo, así como la evaluación comparativa respecto a las normas anteriormente estudiadas (API y de gestión de calidad) que contienen además de procedimientos, equipos utilizados en cada prueba de laboratorio; se estableció consultar por el material contenido en nuestras instalaciones, acerca de las especificaciones dadas en cada una de las páginas web de sus marcas (OFITE, Fann Instrument Company, BAROID, LEXUS, SCHOTT, etc), con información de características, funcionamiento, mantenimiento, observaciones y calibración en algunos de los casos; obteniendo de esta manera un estudio para:

- BALANZA DE LODOS
- BATIDORA DE PEDESTAL
- CALEFACTOR MÚLTIPLE DE SOBREMESA PARA EXTRACCIÓN
- EQUIPO PARA CONTENIDO DE LÍQUIDOS Y SÓLIDOS –RETORTA
- AGITADOR MAGNÉTICO
- BALANZA LEXUS MODELO MIX
- CALENTADOR MAGNÉTICO CON PLATO DE CALENTAMIENTO
- TERMOCUPLA
- FILTROPRESAS
- PHMETRO
- VISCOSÍMETRO (FANN INSTRUMENT COMPANY)
- EMBUDO MARSH- OFI
- MEDIDOR DE ESTABILIDAD ELÉCTRICA
- BALANZA GRAMERA
- PIPETEADORES
- TERMÓMETROS
- AGITADORES-VARILLA
- PROBETAS
- PIPETAS
- MATRACES
- PICNÓMETROS

Ver **ANEXO 4**

8. CONCLUSIONES

Las pruebas llevadas a cabo en el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, actualmente son: Densidad del fluido de perforación, Viscosidad y resistencia de gel, Filtración, Contenido de agua, aceite y sólidos, Contenido de arena, Dureza, Capacidad de azul de metileno y Ph, para fluidos base agua.

Una vez hecho el reconocimiento e identificación del estado actual del laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, se hallaron falencias de tipo estructural y conceptual. Hacen falta equipos y reactivos, en su mayoría, no se cuenta con procesos de calibración y con relación al análisis del SGA-2011, la NTC ISO/ICE 17025 y las normas API para estos procedimientos, no se cumplen los requisitos mínimos para hacer uso comercial del laboratorio y no se pueden esperar tampoco respuestas a los análisis de laboratorio elaborados por los estudiantes, exactamente confiables, persiste un factor de error considerable. Ahora se cuenta con un inventario del Laboratorio, donde se considera el estado actual de los equipos y herramientas, así como un listado de la documentación existente.

En la inspección documental se evidenció la inexistencia de un manual para la realización de las prácticas de laboratorio, así como la falta de información para la manipulación de los equipos. Tampoco se tuvo conocimiento de la existencia de fichas de seguridad sobre los productos químicos empleados en el laboratorio. Entonces, se proporcionaron las hojas de seguridad de las sustancias químicas del laboratorio de Perforación y Completamiento.

El Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, uno de los espacios más importantes del programa de ingeniería de petróleos, en la búsqueda de afianzar y fortalecer el conocimiento teórico adquirido en la asignatura del mismo nombre, ahora cuenta con un oportuno material de apoyo, clasificado en guías de laboratorio, en las que el estudiante conocerá y manejará adecuadamente los equipos, realizará apropiadamente los procedimientos y obtendrá resultados válidos para ser analizados.

La elaboración, actualización y estandarización del manual de procedimientos de las pruebas realizadas en el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, con base en las normas internacionales ANSI/API RP13B:2009/ISO 104141:2008, (prácticas recomendadas para pruebas en campo de fluidos de perforación base agua), permiten obtener parámetros específicos para procedimientos de calidad que garantizarán resultados válidos en cada una de las pruebas llevadas a cabo con los estudiantes de la asignatura.

Cada equipo del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, ahora cuenta con un informe de especificaciones y características, con la plena identificación de su marca comercial y la establecida por la universidad.

Se estableció una relación de las pruebas que se pueden correr con los equipos existentes y se definieron los equipos e insumos carentes para correr las pruebas faltantes establecidas por la API RP13B-1:2009 (fluidos de perforación base agua).

Con el Manual de Comportamiento y Buenas Prácticas del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, se Instauraron las directrices del comportamiento adecuado para la seguridad del personal (estudiantes, monitores, auxiliares, maestros).

Como soporte a la documentación del Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, también se proporcionan las traducciones de las normas API, para los procedimientos de análisis de pruebas, base agua, así como base aceite.

9. RECOMENDACIONES

Se sabe que la Universidad Surcolombiana, establece periódicamente presupuestos para sus laboratorios. La Facultad de Ingeniería, específicamente el programa de Ingeniería de Petróleos y el laboratorio, necesita mejorar su infraestructura y la disposición de sus espacios, número y calidad de sillas, así como aumentar su número de equipos, reparar-calibrar los existentes y mantener un control aún más minucioso de los reactivos, para apoyar de manera eficaz y confiable, las prácticas de Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento, fundamentales en la construcción de la relación teórico-práctica que nos exige la industria del petróleo.

Recopilar manuales de calibración y mantenimiento completos de cada uno de los equipos registrados en el laboratorio, con el fin de eventualmente hacer las respectivas evaluaciones y reparaciones.

Mantener el inventario del laboratorio en equipos y reactivos y registrar cada observación que tengan estudiantes, monitores, profesores sobre los mismos.

Elaborar las etiquetas de todos los reactivos químicos presentes en el laboratorio siguiendo los lineamientos del SGA.

Hacer una charla previa al inicio de las prácticas, de la importancia del laboratorio y el compromiso con su cuidado, para poder beneficiar a la comunidad del programa en general.

Las pruebas con fluidos base aceite, no se pueden realizar actualmente, debido a la inexistencia de los materiales e insumos; sin embargo es una buena posibilidad implementar sus pruebas, para que el estudiante contraste la información obtenida de los fluidos base agua con estos y obtenga la experiencia práctica completa.

BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute 2009, ANSI/API Recommended Practice 13B-1, Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids, Fourth Edition, p. 1-104.
- American Petroleum Institute 2005, API Recommended Practice 13B-2, Recommended Practice for Field Testing of Oil-based Drilling Fluids, Fourth Edition, p. 1-114.
- Direct Industry 2013, Agitador magnético digital de laboratorio con placa calefactora, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.directindustry.es/prod/corning-life-sciences/agitadores-magneticos-digitales-laboratorio-placa-calefactora-98133-976705.html>>
- LEXUS 2013, Balanza, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.spos.co/catalogos/CATALOGO%20BALANZAS.pdf>>
- NABA Nacional de Basculas 2013, Bascula, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.nacionaldebasculas.com/balanza-de-precision-marca-lexus-modelo-mix/>>
- Naciones Unidas 2011, Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), Cuarta Edición Revisada, p. 1–607.
- OFI Testing Equipment Inc. 2013, Removable Retort with Thermostat, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.ofite.com/products/sp/sp-165-00.htm>>
- OFI Testing Equipment Inc. 2013, Retorts, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.ofite.com/products/sp/sp-Retorts.htm>>
- OFI Testing Equipment Inc. 2013, Filtro Prensa, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.ofite.com/products/sp/sp-Filter-Presses.htm>>
- Oster 2013, Batidora de Pedestal MixMaster, visto 10 de Octubre de 2014, <<http://www.oster.com.mx/ProductDetail.aspx?cid=1889&pid=4154>>
- Parra, R 1984, Ingeniería de Lodos y Cementos: Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana, p. 1-35.
- Polanía, N 2013, Elaboración y Actualización de los Manuales y Procedimientos Documentales del Laboratorio de Crudos y Derivados de la Universidad Surcolombiana, p. 1-42.
- Polanía, N 2013, Manual de Seguridad e Higiene del Laboratorio de Crudos y Derivados de la Universidad Surcolombiana, p. 1-59.

- Ramsey M 2014, Schlumberger Oilfield Glossary en Español, visto 3 de Marzo de 2014, < <http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/maincredits.aspx>>
- SEITE Ltda 2013, Agitador Magnético con Plancha de Calentamiento, visto 10 de Octubre de 2013, <<http://www.seiteltda.com/agitadores/agitador2-3.html>>
- Zamora, A, Ávila, E & Rubiano, A 2012, Guía para la Escena: APH y Materiales Peligrosos, p. 11-17.

PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA PRUEBAS DE CAMPO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN ANSI/API 13B-1 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA: 2009



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLEMENTAMIENTO

Universidad Surcolombiana



**LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLEMENTAMIENTO**



Traducción de la Norma ANSI API 13B-1: Recommended Practice for Field Testing Water-based Drilling Fluids ANSI/API Recommended Practice 13B-1 Fourth Edition, March 2009

Contenido

Densidad del fluido de perforación

Página 3 - 4

Viscosidad y resistencia de gel

Página 5 - 6

Determinación de la viscosidad usando el embudo de Marsh

Página 7 - 8

Determinación de la viscosidad y la resistencia de gel usando el viscosímetro de indicación directa

Página 7 - 8

Filtración

Página 9 - 10 - 11

Prueba a baja temperatura/baja presión (LT/HP)

Página 9 - 10 - 11

Prueba a alta temperatura/alta presión (HT/HP)

Página 12

Procedimiento para temperaturas a 150 °C (300 °F)

Página 13 - 14

Procedimiento para temperaturas por encima de 150°C (300°F)

Página 14 - 15

Contenido de agua, aceite y sólidos

Página 17 - 18 - 19

Contenido de arena

Página 20 - 21

Dureza

Página 22 - 23 - 24

Capacidad de azul de metileno

Página 25 - 26 - 27

PH

Página 28 - 29 - 30

Densidad del fluido de perforación

Introducción

Este procedimiento de ensayo es un método para determinar la masa de un volumen dado de líquido (equivalente a la densidad). La densidad del fluido de perforación se expresa como gramos por mililitro o kilogramos por metro cúbico (libras por galón o libras por pie cúbico).

Equipos y reactivos



Balanza de lodos



Termómetro

Procedimiento

- 1.** La base de la balanza de lodos se debe establecer en una superficie plana y nivelada.
- 2.** Mida y registre la temperatura del fluido de perforación.
- 3.** Llene la taza (limpia y seca), con el fluido de perforación que será probado, ponga la tapa en la taza de muestra del fluido de perforación y gire la tapa hasta que quede bien sellada. Asegúrese de que una parte del fluido de perforación es expulsado a través del orificio de la tapa con el fin de liberar el aire o gas atrapado.
- 4.** Manteniendo la tapa firmemente sobre la taza (con el orifi-

cio de la tapa cubierto), lavar o limpiar la parte exterior de la taza, está debe quedar limpia y seca.

5. Sitúe la viga en el soporte de la base y equilíbrela moviendo la pesa deslizante a lo largo de la escala graduada. El equilibrio se consigue cuando la burbuja se encuentra bajo la línea central.

6. Leer la densidad del lodo de una de las cuatro escalas calibradas sobre las flechas laterales de la pesa deslizante. La densidad se puede leer directamente en unidades de g/ml, lb/gal, y lb/ft³, o como un gradiente de fluido de perforación en psi/1000 ft.

7. Reporte la densidad del lodo en las unidades deseadas (g/ml, lb/gal, y lb/ft³, o como un gradiente de fluido de perforación en psi/1000 ft).

Viscosidad y resistencia de gel

Introducción

La viscosidad y la resistencia del gel son mediciones que se relacionan con las propiedades de flujo (reología) de los fluidos de perforación. Los siguientes instrumentos se utilizan para medir la viscosidad y / o fuerza de gel de fluidos de perforación:

- a)** Embudo de Marsh - un dispositivo simple para indicar la viscosidad de forma rutinaria;
- b)** Viscosímetro de indicación directa - un dispositivo mecánico para la medición de la viscosidad a velocidades de cizallamiento diferentes.

Determinación de la viscosidad usando el embudo de Marsh

Equipos y reactivos



**Embudo de Marsh y
taza graduada**



Cronómetro

Procedimiento

- I.** Cubra el orificio del embudo con un dedo y vierta el fluido

de perforación a través del filtro en el embudo en posición vertical. Llene hasta que el fluido llegue a la parte inferior del filtro.

2. Retire el dedo del orificio e inicie el cronómetro. Mida el tiempo que tarda el fluido de perforación en llenar 946 ml (1 cuarto de galón) marcados en la taza.

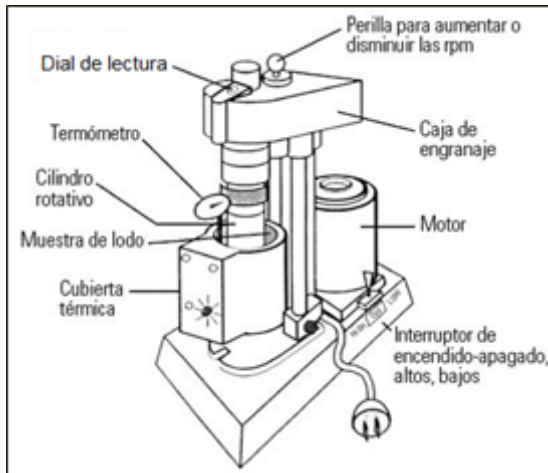
3. Mida la temperatura del fluido, en grados Celsius (grados Fahrenheit).

4. Reporte el tiempo y aproxímelo al segundo más cercano, este será la viscosidad medida con el embudo de Marsh. Reporte la temperatura del fluido al grado Celsius más cercano (o grados Fahrenheit).

5. Repetir el procedimiento para las diferentes muestras: agua, lodo sin densificar, lodo densificado, aceite mineral.

Determinación de la viscosidad y la resistencia de gel usando el viscosímetro de indicación directa

Equipos y reactivos



Termómetro



Cronómetro

Viscosímetro de Indicación directa (Reómetro)

Procedimiento

- 1.** Vierta la muestra en un recipiente y sumerja la camisa del rotor exactamente hasta la línea trazada.
- 2.** Registre la temperatura de la muestra.
- 3.** Con el manguito giratorio a 600 r/min, espere que el dial del viscosímetro llegue un a un valor constante para realizar la lectura (el tiempo necesario depende de las características de fluido de perforación). Registre la lectura de línea de 600 r/min.
- 4.** Reduzca la velocidad del rotor a 300 r/min y espere a que la lectura del dial del viscosímetro alcance un valor estable. Regis-

tre la lectura del dial de 300 r/min.

5. Agite la muestra del fluido de perforación durante 10 s en 600 r/min. Detenga el rotor.

6. Permita que la muestra de fluido de perforación repose por 10 s. Poco a poco y de manera constante gire el volante en la dirección correspondiente para producir una lectura del dial positiva. La lectura máxima es la fuerza de gel inicial. Para los instrumentos que tienen una velocidad de 3 r/min, la lectura máxima alcanzada después de comenzar la rotación en 3 r/min es la resistencia del gel inicial. Registre la fuerza de gel inicial (gel de 10 s) en libras por 100 ft².

7. Vuelva a agitar la muestra de fluido de perforación a 600 r/min durante 10 s, detenga el rotor y deje que el fluido de perforación repose por 10 min. Repita las mediciones como en el anterior paso 6, y reporte la lectura máxima como gel de 10 minutos en libras por 100 ft².

Filtración

Introducción

La medición del comportamiento de filtrado y las características de la creación de la torta del filtrado de un fluido de perforación son fundamentales para el control y el tratamiento del fluido de perforación.

Mediante una atención y control apropiados a las pérdidas de filtrado se pueden mantener los siguientes beneficios a la hora de perforar: menor riesgo de aprisionamiento de la tubería, mayor protección para las formaciones productivas, mejor interpretabilidad de los perfiles electrónicos y efectos beneficiosos para la estabilidad del pozo.

Las pruebas se practican tanto en baja temperatura / baja presión y alta temperatura / alta presión, y cada uno requiere diferentes equipos y técnicas.

Prueba a baja temperatura/baja presión (LT/HP)

Equipos y reactivos



Filtro prensa



Temporizador



Cilindro graduado



Papel Filtro Whatman 50

Procedimiento

- 1.** Asegúrese de que cada parte de la celda, sobre todo el filtro, estén limpios y secos que las juntas no están distorsionadas o desgastados. Vierta la muestra de fluido de perforación en la celda hasta 1 cm- 1,5 cm (0,4 a 0,6 pulg de la parte superior (para minimizar la contaminación de CO₂ del filtrado)), y complete el ensamblado con el papel filtro en su lugar.
- 2.** Coloque un cilindro graduado seco bajo el tubo de descarga para recoger el filtrado. Cerrar la válvula de alivio y ajustar el regulador de manera que se aplique una presión de 690 kPa \pm 35 kPa (100 psi \pm 5 psi) dentro de 30 s o menos. El tiempo de la prueba comienza en el momento de la aplicación de presión.
- 3.** Al finalizar 30 min, medir el volumen de filtrado recogido. Cierre el flujo a través del regulador de presión y abra la válvula de alivio cuidadosamente. El intervalo de tiempo, si no es de 30 minutos, deberá ser reportado.
- 4.** Reporte el volumen de filtrado en mililitros (con una precisión de 0,1 ml) y la temperatura del fluido de perforación inicial en grados Celsius (grados Fahrenheit). Guarde el filtrado para el análisis químico.
- 5.** Retire la célula de la estructura, pero primero tenga la certeza de que toda la presión se ha liberado. Guardar cuidadosa-

mente el papel filtro, tratando de no alterar la torta, desmontar la célula y desechar el fluido de perforación. Lavar la torta del filtrado sobre el papel filtro con un chorro suave de agua.

6. Mida y reporte el espesor de la torta (revoque), lo más aproximado al milímetro (1/32 in).

7. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, anotaciones como duro, blando, resistente, gomosa, firme, etc, pueden transmitir información importante de la calidad de la torta.



Prueba a alta temperatura/alta presión (HT/HP)

Equipos y reactivos



Filtro prensa

Alta temperatura/alta presión



Temporizador



Cilindro graduado



Papel Filtro Whatman 50



**Agitador
magnético**

Procedimiento

Procedimiento para temperaturas a 150 °C (300 °F)

- 1.** Ubique el termómetro en la cavidad de la camisa y precaliente a 6°C (10°F) por encima de la temperatura deseada. Ajuste el termostato para mantener la temperatura deseada.
- 2.** Agitar la muestra de fluido de perforación durante 10 minutos con un mezclador de alta velocidad. Cierre la válvula de la celda de los fluidos de perforación y vierta la muestra en la celda de lodo, teniendo cuidado de no llenar a menos de 1,5 cm (0,6 pulg) de la parte superior para permitir la expansión. Instale el papel de filtro.
- 3.** Complete el ensamblaje de la celda y con las válvulas, tanto superior e inferior cerradas, póngalo en la camisa de calentamiento. Transfiera el termómetro a la cavidad de la celda de lodo.
- 4.** Conecte la celda colectora de alta presión a la válvula de fondo y asegure en su lugar.
- 5.** Conecte una fuente de presión regulada a la válvula superior y a la celda colectora y asegúrela en su lugar.
- 6.** Mantenga las válvulas cerradas, ajuste los reguladores superior e inferior a 690 kPa (100 psi). Abra la válvula de la parte superior, aplicando así 690 kPa (100 psi) en el fluido de perforación. Mantener esta presión durante 1 h. Si la temperatura de la célula del fluido de perforación no ha alcanzado la temperatura de ensayo después de 1 h, la prueba debe ser terminada y el equipo debe ser reparado.
- 7.** Después de 1 h, aumente la presión de la unidad de presión superior a 4140 kPa (600 psi) y abra la válvula inferior para iniciar la filtración. Recoja el filtrado durante 30 min, manteniendo la temperatura seleccionada dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$). Si la contrapresión se eleva por encima de 690 kPa (100 psi) durante la prueba, reduzca cuidadosamente la presión retirando una porción

del filtrado. Registre el volumen total recaudado, la temperatura, presión y tiempo.

8. Corrija el volumen de filtrado a un área de filtro de 45,8 cm² (7,1 pulg²). Por ejemplo, si el área de filtro es 22,6 cm² (3,5 pulg²), el doble del volumen de filtrado es reportado.

9. Al final de la prueba, cierre las válvulas superior y de fondo de la celda del fluido de perforación. Purgar la presión de los reguladores.

10. Remueva la celda de la camisa de calentamiento, pero primero tenga la certeza de que las válvulas superior y de fondo están bien cerradas y toda la presión está fuera de los reguladores.

11. Usando un cuidado extremo para guardar el papel de filtro, coloque la celda hacia arriba y abra la válvula para purgar la presión del contenido de la celda. Deseche el fluido de perforación, y recupere la torta del filtrado. Lave la torta del filtrado sobre el papel con un chorro suave de agua.

12. Mida y reporte el espesor del revoque, al milímetro más cercano (1/32 in).

13. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, notación como dura, blanda, resistente, gomosa, firme, etc., puede transmitir información importante sobre la calidad de la torta.

Procedimiento para temperaturas por encima de 150°C (300°F)

1. Coloque el termómetro en la cavidad de la camisa y precaliente a 6°C (10°F) por encima de la temperatura deseada. Ajuste el termostato para mantener la temperatura correcta.

2. Agite la muestra de fluido de perforación durante 10 minutos con un mezclador de alta velocidad. Cierre la válvula de la celda de los fluidos de perforación y vierta la muestra en la celda de lodo, teniendo cuidado de no llenar la celda más allá de 4 cm (1.5 pulg) de la parte superior para permitir la expansión. Instale el

medio filtrante adecuado.

3. Complete el ensamblaje de la celda y con las válvulas, tanto superior e inferior cerradas, Póngalo en la camisa de calentamiento. Transfiera el termómetro a la cavidad de la celda de lodo.

4. Conecte la celda colectora de alta presión a la válvula de fondo y asegúrela en su lugar.

5. Conecte una fuente de presión regulada a la válvula superior y a la celda colectora y asegúrela en su lugar.

6. Con válvulas superior e inferior cerradas, aplique la contrapresión recomendada (ver Tabla 3) para la temperatura de la prueba a la parte superior e inferior. Abra la válvula superior, aplicando la misma presión para el fluido de perforación mientras se calienta. Mantenga esta presión durante 1 h. Si la temperatura de la celda del fluido de perforación no ha llegado a la temperatura de la prueba luego de 1 h, la prueba debe ser terminada y el equipo deberá ser reparado.

7. Después de 1 h, aumente la presión en la parte superior a 3450 kPa (500 psi) durante la contrapresión que se mantendrá y abra la válvula inferior para iniciar la filtración. Recoja el filtrado durante 30 min, manteniendo la temperatura seleccionada dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$) y manteniendo la contrapresión adecuada. Si la contrapresión empieza a aumentar, esta se puede reducir extrayendo cuidadosamente una pequeña porción del filtrado. La muestra en la celda del filtro nunca debe calentarse durante un período superior a un total de 1 h.

8. Después del período de prueba, cierre ambas válvulas superior e inferior de la celda de presión y purgue la presión de los reguladores. Permita un mínimo de 5 minutos para que el filtrado se enfríe para evitar la vaporización, entonces cuidadosamente drene y registre el volumen total. También registre la temperatura, la presión y el tiempo.

9. Al final de la prueba, cierre la válvula superior y de fondo en la celda del fluido de perforación. Purgue la presión de los reguladores.

10. Corrija el volumen del filtrado a un área de filtro de 45,8 cm² (7,1 in²). Por ejemplo, si el área de filtro es 22,6 cm² (3,5 in²), el doble del volumen del filtrado es reportado.

11. Remueva la celda de la camisa de calentamiento, pero primero tenga la certeza de que las válvulas superior y de fondo están bien cerradas y toda la presión está fuera de los reguladores. Usando un cuidado extremo para guardar el papel de filtro, coloque la celda hacia arriba y abra la válvula para purgar la presión del contenido de la celda. Deseche el fluido de perforación, y recupere la torta del filtrado. Lave la torta del filtrado sobre el papel con un chorro suave de agua.

12. Mida y reporte el espesor del revoque, al milímetro más cercano (1/32 pulg).

13. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, anotaciones como dura, blanda, resistente, gomosa, firme, etc. pueden transmitir información importante sobre la calidad de la torta.

Contenido de agua, aceite y sólidos

Introducción

El instrumento de retorta proporciona un medio para la separación y la medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra del fluido de perforación a base de agua.

Equipos y reactivos



Equipo de Retorta



Receptor de líquido



Grasa de silicona



Lana de acero fina



**Agente
desemulsificante**



**Embudo de Marsh
y taza graduada**



Cuchillo para masilla



**Limpiadores de tubo
o espátula**

Procedimiento

- 1.** Asegúrese que el recipiente para muestras de la retorta, el paso del condensador y el recipiente de líquidos estén limpios, secos y enfriados de un uso previo. Utilice la espátula para limpiar la taza y púlala con la fibra de acero fina. El paso del condensador límpielo con el limpiador para tubos.
- 2.** Empacar ligeramente un anillo de lana (fibra) de acero en la cámara por encima de la taza de muestras. Use solamente Lana de acero suficiente para evitar la sobre ebullición de los sólidos dentro del recipiente de líquido.
- 3.** Llene la copa o taza de la retorta con el fluido de perforación base agua.
- 4.** Ponga con cuidado la tapa en el recipiente de la muestra y

permita un desbordamiento de la muestra a través del agujero en la tapa para asegurarse de que el volumen correcto de la muestra está en la taza.

5. Con la tapa sostenida firmemente en su lugar, limpie el desbordamiento de la taza de muestras y la tapa. Asegúrese de que las roscas de la taza de la muestra aún están cubiertas con grasa de silicona después de limpiar, y que el orificio de la tapa no está tapado u obstruido.

6. Enrosque la taza de la retorta en la cámara de la retorta con su condensador.

7. Ponga un recipiente para líquido limpio y seco debajo del tubo de descarga del condensador.

8. Caliente la retorta y observe el líquido que cae del condensador. Continúe calentando durante 10 minutos después de que se recolecte el último condensado.

9. Retire el receptor de líquido de la retorta. Tenga en cuenta si hay sólidos en el líquido que se recuperó. Si es así, todo el fluido de perforación se desbordará de la taza de muestras y la prueba deberá repetirse desde el ítem 6.

10. Lea los volúmenes de agua y aceite en el recipiente de líquido después de que se haya enfriado a temperatura ambiente. Registre los volúmenes (o porcentajes en volumen) de agua y aceite recogido.

11. Deje enfriar la retorta, retire la fibra de acero con un sacacorchos y limpie la taza de muestras con un cuchillo para masilla o una espátula.

Contenido de arena

Introducción

El contenido de arena del fluido de perforación es el porcentaje (fracción de volumen) de las partículas de diámetro mayor que 74 micras. Se mide por un conjunto de arena tamiz. El ensayo para determinar la concentración de arena involucra el empleo de un tubo para contenido de arena, que es un tubo calibrado para leer directamente el porcentaje de arena en volumen.

Equipos y reactivos



Tamiz, 74 micras (200 mesh) y 63,5 mm (2,5 in) de diámetro.

- Embudo, para adaptarse al tamiz.
- Tubo medidor de vidrio, marcado para que el volumen del fluido de perforación sea adicionado y graduado de 0% a 20% con el fin de leer el porcentaje de arena directamente.

Procedimiento

- 1.** Llene el tubo medidor de vidrio con el fluido de perforación hasta la marca de "fluido de perforación". Agregue agua hasta la siguiente marca. Cierre la boca del tubo y agite vigorosamente.
- 2.** Vierta la mezcla sobre el tamiz limpio y húmedo. Deseche el líquido que pasa a través del tamiz. Añada más agua al tubo, agite y vierta de nuevo en el tamiz. Repita hasta que el tubo esté limpio. Lave la arena retenida en el tamiz para liberarlo de cualquier restante en el fluido de perforación.
- 3.** Ponga el embudo boca abajo sobre la parte superior del

tamiz. Invierta lentamente el montaje e inserte la punta del embudo en la boca del tubo de vidrio. Lave la arena en el tubo por la reproducción de una fina pulverización de agua a través del tamiz. Permita que la arena se asiente. De las graduaciones sobre el tubo, lea el porcentaje en volumen de la arena.

Dureza

Introducción

Este método de ensayo es un análisis químico para medir los iones de dureza en filtrados de lodos a base de agua o en el agua complementaria. La dureza se determina cuantitativamente mediante titulación utilizando el reactivo normalizado EDTA (versenato) y un tampón (débil) de hidróxido de amonio, típicamente de acuerdo con procedimientos del API. Los resultados se presentan como ion calcio en mg/L.

Equipos y reactivos



Papel pH



Reactivos (indicadores)



Baker



Pipetas

- Solución estandarizada de EDTA
- Solución Buffer, cloruro de 67,5 g de amonio y 570 ml de hidróxido de amonio (CAS No. 1336-21-6) (15 N) diluido a 1 000 ml con agua destilada.
- Solución indicadora/dureza, 1 g/l Calmagita o equivalente; 1-(1-hidroxi-4-metil-2-fenilazo)-2-naftol-4-ácido sulfúrico en agua destilada.
- Ácido acético, glacial.
- Agente enmascarante, 01:01:02 volumen mezclado de trietanolamina (CAS No. 102-71-6): tetraetilenpentamina: agua.
- Solución de hipoclorito de sodio, fracción de masa de 5,25 % en agua desionizada.
- Agua desionizada o destilada.
- Vaso de titulación, beaker de 150 ml.
- Pipetas graduadas, 5 ml (TD) y 10 ml (TD).
- Pipetas volumétricas, 1 ml (TD), 2 ml (TD) y 5 ml (TD).
- Placas eléctricas (necesarias si se colorea filtrado).
- Tira de papel pH.

Procedimiento

1. Mida uno o más mililitros de la muestra en un vaso de precipitados de 150 ml. (Si el filtrado es claro, o está sólo, ligeramente coloreado, omita los pasos de 2-5 del procedimiento en Dureza total.)

2. Añada 10 ml de solución de hipoclorito de sodio y mezcle.

3. Añada 1 ml de ácido acético glacial y mezcle.

4. Hierva la muestra durante 5 min. Mantenga el volumen de la muestra mediante la adición de agua desionizada según se requiera durante la ebullición. La ebullición se requiere para eliminar el exceso de cloro. La ausencia de cloro puede ser verificada mediante la inmersión de una tira de papel pH en la muestra. Si el papel continua blanco se requiere seguir hirviendo.

Trabaje en un área con ventilación adecuada.

- 5.** Enfríe la muestra.
- 6.** Enjuague el interior del vaso de precipitados con agua desionizada y diluya la muestra de 50 ml con agua desionizada. Añada aproximadamente 2 ml de solución buffer y agite para mezclar.
- 7.** Añada suficiente indicador de dureza (2 gotas a 6 gotas) y mezcle. Un color rojo vino se desarrolla si el calcio y/o magnesio está/están presentes.
- 8.** Mientras se agita, titule con solución de EDTA hasta el punto final adecuado. Indicadores de calcio producen un cambio de rojo a azul. El punto final es el mejor descrito como el punto en el que el EDTA adicional no produce aún más rojo que el cambio de color azul. El volumen de titulación de EDTA se utiliza en los cálculos de Dureza total.

Capacidad de azul de metileno

Introducción

La capacidad de azul de metileno del fluido de perforación es una indicación de la cantidad de arcillas reactivas (bentonita y/o sólidos de perforación) presentes según lo determinado por la prueba de azul de metileno. Una solución de azul de metileno se añade a una muestra de fluido de perforación (que ha sido tratada con peróxido de hidrógeno y ha sido acidificado) hasta su saturación notada por la formación de un "halo" de tinte alrededor de una gota sólida puesta sobre papel de filtro.

Equipos y reactivos

- Solución de azul de metileno
- Peróxido de hidrógeno, solución al 3 %.
- Ácido sulfúrico, diluido, aproximadamente 2,5 mol/l (5 N).
- Jeringa, 2,5 ml (TD) o 3 ml (TD).
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Bureta, 10 ml (TD); micropipeta, 0,5 ml (TD), o pipetas graduadas, 1 ml (TD).
- Cilindro graduado, 50 ml (TD).
- Varilla agitadora.
- Placas eléctricas.
- Papel de filtro, Whatman N ° 1 o equivalente.

Procedimiento

I. Añada 2,0 ml de fluido de perforación (o volumen adecuado de fluido de perforación para requerir de 2 ml a 10 ml de solución de azul de metileno) a 10 ml de agua en el matraz **Erlenmeyer**.

La jeringa usada debe tener una capacidad de más de 2 ml, generalmente 2,5 ml o 3 ml. Al utilizar una jeringa más grande, no es necesario eliminar el aire atrapado en la jeringa. Para asegurar que exactamente 2,0 ml de fluido de perforación se están agregando, utilice el procedimiento siguiente.

a) Quite el aire o gas atrapado en el fluido de perforación. Agite el fluido de perforación para romper el gel y rápidamente extraiga el fluido de perforación dentro de la jeringa. Después descargue lentamente la jeringa de nuevo en el fluido de perforación, manteniendo la punta sumergida.

b) Una vez más dibuje el fluido de perforación dentro de la jeringa hasta que el extremo del émbolo se encuentre en la última graduación de la jeringa (por ejemplo, en la línea de 3 ml en una jeringa de 3 ml).

c) Entregue 2,0 ml de fluido de perforación, empujando el émbolo hasta que el extremo del émbolo esté exactamente 2 ml de la última graduación de la jeringa. Esto, en una jeringa de 3 ml, se encuentra en la línea de 1 ml.

2. Añada 15 ml de peróxido de hidrógeno al 3% y 0,5 ml de ácido sulfúrico. Hierva a fuego lento durante 10 minutos, pero no permita que hierva hasta secarse. Diluya hasta 50 ml con agua.

3. Añada la solución de azul de metileno al matraz en incrementos de 0,5 ml. Si la cantidad aproximada de solución de azul de metileno necesario para alcanzar el punto final es conocido a partir la prueba anterior, incrementos más grandes (1 ml a 2 ml) pueden ser utilizados al comienzo de la titulación. Después de cada adición de solución de azul de metileno, agite el contenido del matraz durante aproximadamente 30 s. Si bien todavía se suspenden los sólidos, retire una gota de líquido con la varilla de agitación y ponga la gota sobre el papel filtro. El criterio de valoración inicial de la titulación se alcanza cuando el colorante aparece como un anillo azul o turquesa que rodea los sólidos teñidos, como se muestra en el punto 5 en la Figura 1.

4. Cuando se detecta que el tinte azul se extiende desde el punto, agite el matraz durante 2 minutos más y ponga una gota más en el papel filtro. Si el anillo azul es evidente de nuevo, se ha alcanzado el punto final, como se muestra en el punto 7 (7 ml) en la Figura 1.

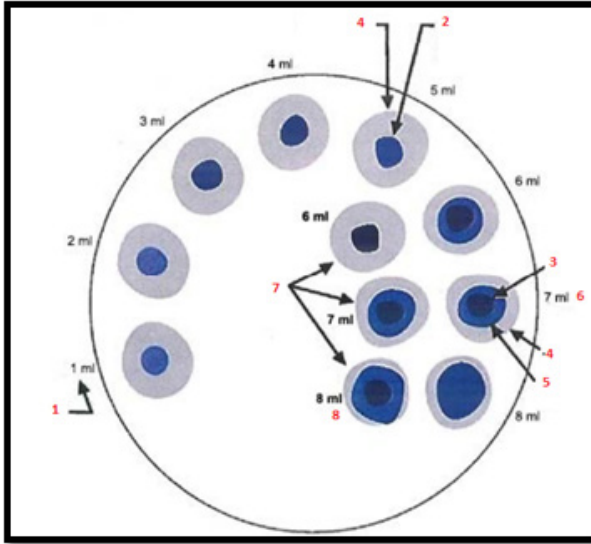


Figura 1. Pruebas in situ para el punto final de la titulación de azul de metileno.

- 1.** Volumen de la solución de azul de metileno agregada
- 2.** No libre, colorante presente in-absorbido
- 3.** Sólidos de perforación teñidos de azul
- 4.** Humedad, no hay color
- 5.** Colorante libre en agua
- 6.** Punto final alcanzado
- 7.** Punto final reevaluado después de 2 min de la reacción
- 8.** Punto final excedido

Introducción

La medición en campo del pH de un fluido de perforación (o filtrado) y los ajustes en el pH son fundamentales para el control de fluidos de perforación. Interacciones de la arcilla, la solubilidad de diversos componentes y contaminantes, y la eficacia de los aditivos son todas dependientes del pH, como lo son los procesos de control de ácidos y sulfuro de corrosión.

Equipos y reactivos



pHmetro



**Limpiador
de tubo**



Termómetro

- 1.** Soluciones buffer
- 2.** Agua destilada o desionizada, en botella de spray.
- 3.** Detergente líquido suave.
- 4.** El hidróxido de sodio, 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar el electrodo.
- 5.** Ácido clorhídrico, (CAS No. 7674-01-0), 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar electrodo.
- 6.** Bifluoruro de amonio (N ° CAS 1341-49-7), solución al 10% (aproximadamente), para reacondicionar el electrodo.
- 7.** Potenciómetro de alcance-milivoltios
- 8.** Tejido, suave, para limpiar los electrodos.
- 9.** Termómetro, de vidrio, 0°C a 105°C (32°F a 220°F).
- 10.** Cepillo para limpiar tubos, de cerdas suaves, para limpiar los electrodos.
- 11.** Storage vial para electrodos, para mantener los electrodos húmedos.

Procedimiento

1. Obtenga una muestra de líquido para ensayar. Espere hasta que alcance $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 5^{\circ}\text{F}$).

2. Deje que la solución buffer llegue a la misma temperatura que el fluido a ensayar.

Para la medición de pH precisa, el fluido de ensayo, la solución buffer y el electrodo de referencia deben estar todos en la temperatura de la muestra. El pH de la solución buffer indicada en la etiqueta del envase es el pH correcto solamente a 24°C (75°F). Si intenta calibrar a otra temperatura, se debe utilizar el pH actual de la sln buffer a esta temperatura. Tablas de valores de pH de soluciones buffer a diversas temperaturas están disponibles por los proveedores y se deben utilizar en el procedimiento de calibración.

- 3.** Limpie los electrodos, lavándolos con agua destilada y séquelos.
- 4.** Ubique la sonda en pH 7,0.
- 5.** Encienda el medidor, espere 60 s para que la lectura se estabilice.
- 6.** Mida la temperatura de la solución buffer pH 7,0.
- 7.** Ajuste esta temperatura en el mando “temperatura”.
- 8.** Ajuste la lectura del medidor a “7,0” con la perilla de “calibración”.
- 9.** Enjuague la sonda con agua destilada y seque.
- 10.** Repita las operaciones de procedimiento de 6 a 9 utilizando pH 4,0 o pH 10,0 de la solución buffer. Utilice pH 4,0 si la muestra es “ácida” o pH 10,0 si es “alcalina” para ser evaluada. Ajuste el medidor hasta el número “4,0” o “10,0”, respectivamente, con la perilla de ajuste “pendiente”. (Si no existe ningún botón de “pendiente”, utilice el botón “temperatura” para ajustar “4,0” o “10,0” en metros.)
- 11.** Compruebe el medidor de nuevo con una solución buffer de pH 7,0. Si ha cambiado, vuelva a “7,0”, con la perilla de “calibración”. Repita el procedimiento de 6 a 9. Si el medidor no se calibra correctamente, reacondicione o sustituya los electrodos.
- 12.** Si el medidor se calibra adecuadamente, enjuague el electrodo con agua destilada y seque. ubique el electrodo en la muestra a analizar y revuelva suavemente. Espere 60 s - 90 s para que la lectura se estabilice.
- 13.** Lleve el pH de la muestra a la unidad más cercana a 0,1 pH y la temperatura de la muestra.
- 14.** Con cuidado, limpie el electrodo en la preparación para el próximo uso. Conserve en frasco la sln buffer pH 4,0. Nunca deje que la punta de la sonda se reseque.
- 15.** Gire el medidor y cierre la cubierta para proteger el instrumento. Evite almacenar el instrumento a temperaturas extremas [por debajo de 0°C (32°F) o por encima de 50°C (120°F)].

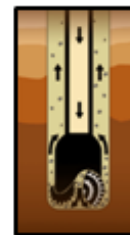
GUÍAS DE LABORATORIO PARA Lodos DE PERFORACIÓN BASE AGUA


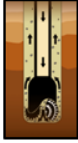


LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS DE
PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Página 2 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

GUÍA DE LABORATORIO INICIAL PREPARACIÓN DEL LODO Y RENDIMIENTO DE BENTONITA

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de esta guía inicial es preparar un lodo de perforación base agua, medir su densidad por diferentes métodos y relacionar al estudiante con la prueba de rendimiento de bentonita.

MARCO TEÓRICO

La Bentonita es una arcilla coloidal natural, desde el punto de vista mineralógico la Bentonita es un silicato de alúmina hidratado del grupo de las montmorillonitas, contiene iones intercambiables principalmente calcio, sodio y magnesio. A diferencia de otras arcillas, la Bentonita posee propiedades muy especiales, particularmente la de hincharse en contacto con el agua, dando una masa voluminosa y gelatinosa, siendo utilizada ampliamente como material viscosificante.

La barita es un mineral no metálico, siendo unas de sus principales características el ser un material inerte, no tóxico y que tiene un alto peso específico. El principal uso de la barita es en la industria petrolera. También tiene importantes aplicaciones en la industria de la pintura como un pigmento con resistencia a los ácidos.

El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula CaCO_3 . Es una sustancia muy abundante en la naturaleza y es considerado material densificante.


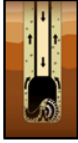
EQUIPOS Y REACTIVOS

- Bentonita
- Barita
- Carbonato de calcio
- Picnómetro
- Balanza analítica

PROCEDIMIENTO

1. Preparar 5 barriles equivalentes de lodo base agua con la siguiente composición:

GRUPO	AGUA	VISCOSIFICANTE	DENSIFICANTE
1	350 CC	BENTONITA 10 LBS POR BARRIL	BARITA 10 LBS POR BARRIL
2	350 CC	BENTONITA 15 LBS POR BARRIL	CARBONATO DE CALCIO 10 LBS POR BARRIL

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Página 3 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

3	350 CC	BENTONITA 20 LBS POR BARRIL	BARITA 20 LBS POR BARRIL
4	350 CC	BENTONITA 10 LBS POR BARRIL	CARBONATO DE CALCIO 20 LBS POR BARRIL
5	350 CC	BENTONITA 15 LBS POR BARRIL	BARITA 30 LBS POR BARRIL
6	350 CC	BENTONITA 20 LBS POR BARRIL	CARBONATO DE CALCIO 30 LBS POR BARRIL

Considere que 1 lb de aditivo equivale a 1 gr en laboratorio y un barril equivalente corresponde a 350 cc en laboratorio. El rendimiento de 100 bbls/ton, equivale a una concentración de 20 lbs/bbl. por lo tanto, una bentonita con este rendimiento permite preparar cinco (5) barriles de lodo de 15 cps, por cada saco de 100 lbs.


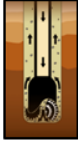
2. Calcular la densidad del lodo usando la siguiente ecuación y considerando que la densidad del agua es de 8,34 lbs por galon, la gravedad específica de la bentonita es 2.3, la gravedad específica del carbonato de calcio es 2.9 y la g.e. de la barita 4.2

$$\rho = \frac{8.34(350 + W_1 + W_2 + \dots + W_n)}{350 + \frac{W_1}{SG_1} + \frac{W_2}{SG_2} + \dots + \frac{W_n}{SG_n}}$$

3. Medir densidad del fluido usando la balanza analítica.
4. Medir la densidad del lodo por método indirecto usando el picnómetro.

ANÁLISIS

1. Investigue acerca de las propiedades físicas y químicas del agua y de la bentonita y con base en ello concluya acerca del comportamiento del lodo preparado por cada grupo.
2. Analice de manera comparativa los resultados obtenidos de densidad por los 3 métodos, cálculo, balanza analítica y picnómetro, preséntelos al finalizar la práctica.
3. Analice los resultados obtenidos por los diferentes grupos, preséntelos en el laboratorio siguiente.
4. Establezca conclusiones de las mediciones realizadas.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Página 4 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

GUÍA DE LABORATORIO No.1 DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

INTRODUCCIÓN

Este procedimiento de ensayo es un método para determinar la masa de un volumen dado de líquido (equivalente a la densidad). La densidad del fluido de perforación se expresa como gramos por mililitro o kilogramos por metro cúbico (libras por galón o libras por pie cúbico).

MARCO TEÓRICO

Los fluidos de alta densidad facilitan la limpieza del pozo aumentando las fuerzas de flotación que actúan sobre los recortes, lo cual contribuye a su remoción del pozo. En comparación con los fluidos de menor densidad, los fluidos de alta densidad pueden limpiar el agujero de manera adecuada, aun con velocidades anulares más bajas y propiedades reológicas inferiores. Sin embargo, el peso del lodo en exceso del que se requiere para equilibrar las presiones de la formación tiene un impacto negativo sobre la operación de perforación; por lo tanto, este peso nunca debe ser aumentado a efectos de limpieza del agujero.

EQUIPOS Y REACTIVOS




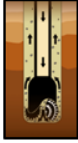
Balanza de lodos



Termómetro

PROCEDIMIENTO

1. La base de la balanza de lodos se debe establecer en una superficie plana y nivelada.
2. Mida y registre la temperatura del fluido de perforación.
3. Llene la taza (limpia y seca), con el fluido de perforación que será probado, ponga la tapa en la taza de muestra del fluido de perforación y gire la tapa hasta que quede bien sellada. Asegúrese de que una parte del fluido de perforación es expulsado a través del orificio de la tapa con el fin de liberar el aire o gas atrapado.
4. Manteniendo la tapa firmemente sobre la taza (con el orificio de la tapa cubierto), lavar o limpiar la parte exterior de la taza, está debe quedar limpia y seca.
5. Sitúe la viga en el soporte de la base y equilibrela moviendo la pesa deslizante a lo largo de la escala graduada. El equilibrio se consigue cuando la burbuja se encuentra bajo la línea central.
6. Leer la densidad del lodo de una de las cuatro escalas calibradas sobre las flechas laterales de la pesa deslizante. La densidad se puede leer directamente en unidades de g/ml, lb/gal, y lb/ft³, o como un gradiente de fluido de perforación en psi/1000 ft.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	
		Página 5 de 34	
		Fecha: 2014-03-06	

7. Reporte la densidad del lodo en las unidades deseadas (g/ml, lb/gal, y lb/ft³, o como un gradiente de fluido de perforación en psi/1000 ft).

CÁLCULOS

Las ecuaciones 1.1 , 1.2 y 1.3 son usadas para convertir la densidad, ρ , expresada en gramos por mililitro a otras unidades:

1.1) En kilogramos por metro cúbico:

$$\rho_A = 1000 * \rho$$

1.2) En libras por galón:

$$\rho_B = 8.33 * \rho$$

1.3) Libras por pie cúbico:

$$\rho_C = 62.3 * \rho$$

RESULTADOS

Reporte de la densidad del lodo en g/ml: _____

Reporte de la densidad del lodo en kg/m³: _____


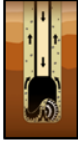
Reporte de la densidad del lodo en lb/gal: _____

Reporte de la densidad del lodo en lb/ft³: _____

RECOMENDACIONES

La mayoría de los fluidos de perforación no requieren ningún equipo especial para eliminar el aire o gas arrastrado antes de la prueba. Por lo general, la agitación suave junto con unas pocas gotas de un antiespumante apropiado son todo lo que es necesario. Removiendo con una espátula o vertiendo de ida y vuelta es suficiente en la mayoría de los casos.

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	
		Página 6 de 34	
		Fecha: 2014-03-06	

GUÍA DE LABORATORIO No.2 VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL

INTRODUCCIÓN

La viscosidad y la resistencia del gel son mediciones que se relacionan con las propiedades de flujo (reología) de los fluidos de perforación. Los siguientes instrumentos se utilizan para medir la viscosidad y / o fuerza de gel de fluidos de perforación:

- a) Embudo de Marsh - un dispositivo simple para indicar la viscosidad de forma rutinaria;
- b) Viscosímetro de indicación directa - un dispositivo mecánico para la medición de la viscosidad a velocidades de cizallamiento diferentes.

DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD USANDO EL EMBUDO DE MARSH MARCO TEÓRICO

La viscosidad y las propiedades reológicas de los fluidos de perforación tienen un efecto importante sobre la limpieza del pozo. Los recortes se sedimentan rápidamente en fluidos de baja viscosidad (agua, por ejemplo) y son difíciles de circular fuera del pozo. En general, los fluidos de mayor viscosidad mejoran el transporte de los recortes. La mayoría de los lodos de perforación son tixotrópicos, es decir que se gelifican bajo condiciones estáticas. Esta característica puede suspender los recortes mientras que se efectúan las conexiones de tuberías y otras situaciones durante las cuales no se hace circular el lodo. Los fluidos que disminuyen su viscosidad con el esfuerzo de corte y que tienen altas viscosidades a bajas velocidades anulares han demostrado ser mejores para una limpieza eficaz del pozo.

EQUIPOS Y REACTIVOS



Embudo de Marsh y
taza graduada



Cronómetro

PROCEDIMIENTO

1. Cubra el orificio del embudo con un dedo y vierta el fluido de perforación a través del filtro en el embudo en posición vertical. Llene hasta que el fluido llegue a la parte inferior del filtro.
2. Retire el dedo del orificio e inicie el cronómetro. Mida el tiempo que tarda el fluido de perforación en llenar 946 ml (1 cuarto de galón) marcados en la taza.
3. Mida la temperatura del fluido, en grados Celsius (grados Fahrenheit).

4. Reporte el tiempo y aproxímelo al segundo más cercano, este será la viscosidad medida con el embudo de Marsh. Reporte la temperatura del fluido al grado Celsius más cercano (o grados Fahrenheit).

5. Repetir el procedimiento para las diferentes muestras: agua, lodo sin densificar, lodo densificado, aceite mineral.

Incremento del peso:	(X: ScS de barita/ 100bbls L)
$X = \frac{1490(W2 - W1)}{35.4 - W2}$	(W1: Peso Inicial en Lb/gal)
	(W2: Peso Final en Lb/gal)
Incremento del peso:	(X: ScS CaCo3/ 100bbls L)
$X = \frac{944.6(W2 - W1)}{22.5 - W2}$	(W1: Peso Inicial en Lb/gal)
	(W2: Peso Final en Lb/gal)


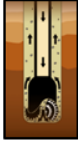
RESULTADOS

MUESTRA	TIEMPO EN SEGUNDOS					
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6
AGUA						
LODO SIN DENSIFICAR						
LODO DENSIFICADO						
ACEITE MINERAL						
TEMPERATURA DE MUESTREO						

ANÁLISIS

1. Analice de manera comparativa con los resultados obtenidos por todos los grupos para todas las muestras.
2. Explique cómo afecta la temperatura la viscosidad de embudo.

OBSERVACIONES:

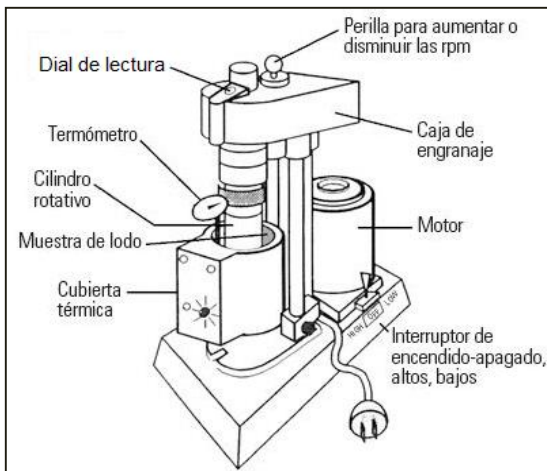
 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		Página 8 de 34	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Fecha: 2014-03-06
GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA			

DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y LA RESISTENCIA DE GEL USANDO EL VISCOSÍMETRO DE INDICACIÓN DIRECTA

MARCO TEÓRICO

El viscosímetro de indicación directa es un tipo de viscosímetro de rotación accionado por un motor eléctrico o una manivela. El fluido de perforación está contenido en el espacio anular entre dos cilindros concéntricos. El cilindro o manguito exterior del rotor es accionado a una velocidad de rotación constante. La rotación de la camisa del rotor en el fluido produce un torque o una sacudida en el cilindro interior. Un muelle de torsión restringe el movimiento de la sacudida, y un dial unido a la sacudida indica su desplazamiento. Las constantes del instrumento se han ajustado de manera que la viscosidad plástica y el Yield Point (límite de elasticidad) se obtienen mediante el uso de las lecturas de velocidad de la manga del rotor de 300 r/min y 600 r/min.

EQUIPOS Y REACTIVOS



Termómetro


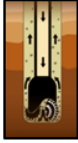


Cronómetro

Viscosímetro de Indicación directa (Reómetro)

PROCEDIMIENTO

1. Vierta la muestra en un recipiente y sumerja la camisa del rotor exactamente hasta la línea trazada.
2. Registre la temperatura de la muestra.
3. Con el manguito giratorio a 600 r/min, espere que el dial del viscosímetro llegue un a un valor constante para realizar la lectura (el tiempo necesario depende de las características de fluido de perforación). Registre la lectura de línea de 600 r/min.
4. Reduzca la velocidad del rotor a 300 r/min y espere a que la lectura del dial del viscosímetro alcance un valor estable. Registre la lectura del dial de 300 r/min.
5. Agite la muestra del fluido de perforación durante 10 s en 600 r/min. Detenga el rotor.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	
		Página 9 de 34	
		Fecha: 2014-03-06	

6. Permita que la muestra de fluido de perforación repose por 10 s. Poco a poco y de manera constante gire el volante en la dirección correspondiente para producir una lectura del dial positiva. La lectura máxima es la fuerza de gel inicial. Para los instrumentos que tienen una velocidad de 3 r/min, la lectura máxima alcanzada después de comenzar la rotación en 3 r/min es la resistencia del gel inicial. Registre la fuerza de gel inicial (gel de 10 s) en libras por 100 ft².

7. Vuelva a agitar la muestra de fluido de perforación a 600 r/min durante 10 s, detenga el rotor y deje que el fluido de perforación repose por 10 min. Repita las mediciones como en el anterior paso 6, y reporte la lectura máxima como gel de 10 minutos en libras por 100 ft².

*NOTA 1: Para convertir la lectura del dial de pascales: 1 Pa=0.511 lb/100 ft².

CÁLCULOS

El cálculo de la viscosidad plástica, η_P , expresada en (centipoises), se da en la ecuación (8):

$$\eta_P = R_{600} - R_{300} \quad (8)$$

Donde

R_{600} es la lectura del dial a 600 r/min

R_{300} es la lectura del dial a 300 r/min

NOTA 2: La viscosidad plástica es comúnmente conocida en la industria por la abreviatura VP.

NOTA 3: 1 cP = 1 mPa *s.

El cálculo para el punto de cedencia o yield point, Y_{PA} , expresada en pascales, viene dada en la ecuación (9):

$$Y_{PA} = 0.48 \times R_{300} - \eta_P \quad (9)$$

Cuando se calculan los valores en unidades USC (unidades americanas), el punto de cedencia (expresado en libras por cada cien metros cuadrados) se calcula de la siguiente manera:

$$Y_{PB} = R_{300} - \eta_P$$

NOTA 5: El punto de cedencia, expresada en libras por cada cien pies cuadrados, es comúnmente conocido en la industria por la abreviatura YP.

RECOMENDACIONES:

PELIGRO – Temperatura máxima de funcionamiento recomendada es de 90 °C (200 ° F).

Las mediciones en el campo deben realizarse con la mínima demora (menos de 5 minutos, si es posible) y a una temperatura tan cerca como sea posible a la del fluido de perforación en el lugar de muestreo, pero que no difiera en más de 6°C (10°F).

RESULTADOS

		DENSIDAD	Θ 600 RPM	Θ 300 RPM	Θ 10 SEG	Θ 10 MIN
GRUPO 1	LODO BASE AGUA					
	LODO BASE ACEITE					
	ACEITE MINERAL					
GRUPO 2	LODO BASE AGUA					
	LODO BASE ACEITE					
	ACEITE MINERAL					
GRUPO 3	LODO BASE AGUA					
	LODO BASE ACEITE					
	ACEITE MINERAL					
GRUPO 4	LODO BASE AGUA					
	LODO BASE ACEITE					
	ACEITE MINERAL					
GRUPO 5	LODO BASE AGUA					
	LODO BASE ACEITE					
	ACEITE MINERAL					
GRUPO 6	LODO BASE AGUA					
	LODO BASE ACEITE					
	ACEITE MINERAL					


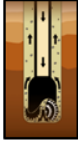
ANÁLISIS

1. Analice de manera comparativa con los resultados obtenidos de densidad.
2. Haga un análisis comparativo de la información de viscosidad medida con viscosímetro Fann y con embudo MASH.
3. Tome todos los datos, calcule v_p , y_p y geles y realice un análisis comparativo tanto de las muestras, tenga cuidado con las unidades.

CONCLUSIONES

Establezca conclusiones de las mediciones y los análisis realizados en los laboratorios anteriores y actuales.

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		Página 11 de 34	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Fecha: 2014-03-06
GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA			

GUÍA DE LABORATORIO No.3 FILTRACIÓN

INTRODUCCIÓN

La medición del comportamiento de filtrado y las características de la creación de la torta del filtrado de un fluido de perforación son fundamentales para el control y el tratamiento del fluido de perforación. Estas características se ven afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el fluido y su química física e interacciones que, a su vez, se ven afectados por la temperatura y la presión. Por lo tanto, las pruebas se practican tanto en baja temperatura / baja presión y alta temperatura / alta presión, y cada uno requiere diferentes equipos y técnicas.


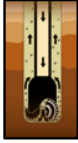
Mientras se está perforando, las formaciones pueden comportarse como una malla o tamiz. Los sólidos se depositan sobre las paredes del pozo y el filtrado invade la formación. El proceso de filtración debe ser controlado adecuadamente para asegurar un funcionamiento exitoso del lodo. Esto implica: control de la tasa o velocidad de filtración, control del espesor y textura del revoque, y control de las propiedades químicas del revoque.

El objetivo de un control adecuado de la pérdida de filtrado es formar un revoque delgado y resistente sobre la superficie de las formaciones permeables e impedir una pérdida excesiva de filtrado. Además el filtrado debe ser compatible con la formación y con los fluidos de la misma. Esto ayuda a mantener un pozo estable y minimiza los daños a la formación. Mediante una atención y control apropiados a las pérdidas de filtrado se pueden mantener los siguientes beneficios: menor riesgo de aprisionamiento de la tubería, mayor protección para las formaciones productivas, mejor interpretabilidad de los perfiles electrónicos y efectos beneficiosos para la estabilidad del pozo.

MARCO TEÓRICO

La diferencia fundamental en las pruebas de filtración para prueba a baja temperatura/baja presión y de alta temperatura/alta presión es que la primera se realiza a 100 psi de presión y a temperatura ambiente, mientras que el ensayo del segundo se hace usualmente a 500 psi y a una temperatura mayor a los 200°F (93°C).

Por regla general, los dos ensayos estáticos de filtración no pueden correlacionarse directamente, puesto que las sustancias químicas del lodo se comportan en forma diferente en las dos condiciones que caracterizan a esos ensayos. Una pérdida de filtrado de 15 cm³/30min (o inferior a ello) en el ensayo de alta temperatura/alta presión es usualmente un requerimiento para tener dificultades mínimas en el pozo cuando se trata de pozos con altas temperaturas. Otra regla de aplicación práctica que se emplea a veces es que la pérdida de filtrado de acuerdo a la prueba de alta temperatura/alta presión debe ser menos del triple de la pérdida del filtrado por el ensayo de baja temperatura/baja presión.

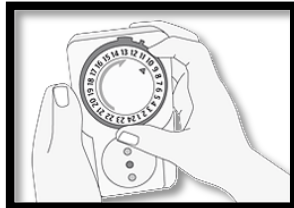
 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS		Página 12 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA		Fecha: 2014-03-06

PRUEBA A BAJA TEMPERATURA/BAJA PRESIÓN

EQUIPOS Y REACTIVOS



Filtro prensa



Temporizador



Cilindro graduado



Papel Filtro Whatman 50

PROCEDIMIENTO

1. Asegúrese de que cada parte de la celda, sobre todo el filtro, estén limpios y secos que las juntas no están distorsionadas o desgastados. Vierta la muestra de fluido de perforación en la celda hasta 1 cm- 1,5 cm (0, 4 a 0,6 pulg de la parte superior (para minimizar la contaminación de CO₂ del filtrado)), y complete el ensamblado con el papel filtro en su lugar.
2. Coloque un cilindro graduado seco bajo el tubo de descarga para recoger el filtrado. Cerrar la válvula de alivio y ajustar el regulador de manera que se aplique una presión de 690 kPa \pm 35 kPa (100 psi \pm 5 psi) dentro de 30 s o menos. El tiempo de la prueba comienza en el momento de la aplicación de presión.
3. Al finalizar 30 min, medir el volumen de filtrado recogido. Cierre el flujo a través del regulador de presión y abra la válvula de alivio cuidadosamente. El intervalo de tiempo, si no es de 30 minutos, deberá ser reportado.
4. Reporte el volumen de filtrado en mililitros (con una precisión de 0,1 ml) y la temperatura del fluido de perforación inicial en grados Celsius (grados Fahrenheit). Guarde el filtrado para el análisis químico.
5. Retire la célula de la estructura, pero primero tenga la certeza de que toda la presión se ha liberado. Guardar cuidadosamente el papel filtro, tratando de no alterar la torta, desmontar la célula y desechar el fluido de perforación. Lavar la torta del filtrado sobre el papel filtro con un chorro suave de agua.
6. Mida y reporte el espesor de la torta (revoque), lo más aproximado al milímetro (1/32 in).
7. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, anotaciones como duro, blando, resistente, gomosa, firme, etc, pueden transmitir información importante de la calidad de la torta.



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO

PROGRAMA DE INGENIERÍA
DE PETRÓLEOS


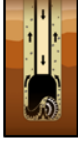
Página 13 de 34

GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS
BASE AGUA

Fecha:
2014-03-06

RESULTADOS

PARAMETRO A MEDIR		GRUPO					
		1	2	3	4	5	6
LODO SIN EXTENDEDOR DE BENTONITA	VOLUMEN DE FILTRADO INSTANTANEO						
	VOLUMEN DE FILTRADO A 7,5 MIN						
	VOLUMEN DE FILTRADO A 30 MIN						
	PH DEL LODO						
	PH DEL FILTRADO						
	CARACTERISTICAS DEL REVOQUE						
LODO CON EXTENDEDOR DE BENTONITA	VOLUMEN DE FILTRADO INSTANTANEO						
	VOLUMEN DE FILTRADO A 7,5 MIN						
	VOLUMEN DE FILTRADO A 30 MIN						
	PH DEL LODO						
	PH DEL FILTRADO						
	CARACTERISTICAS DEL REVOQUE						


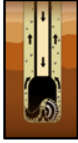
 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

ANÁLISIS

Realizar el informe de laboratorio (informe ejecutivo) por grupo, el cual debe contener:

1. Cuadro de resultados de todos los grupos.
2. Análisis comparativo de los resultados, incluyendo comparación con los laboratorios anteriores en cuanto a densidad, viscosidad Marsh y viscosidad Fann.
3. Análisis comparativo de volumen de filtrado considerando los tipos de lodo.
4. Análisis de las características del revoque obtenido.
5. Conclusiones.

OBSERVACIONES:

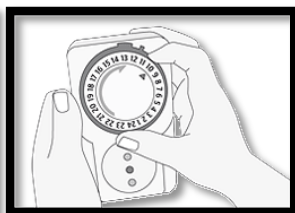
 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Página 15 de 34 Fecha: 2014-03-06

PRUEBA A ALTA TEMPERATURA/ALTA PRESIÓN

EQUIPOS Y REACTIVOS



Filtro prensa
Alta temperatura/alta presión



Temporizador



Cilindro graduado



Papel Filtro Whatman 50


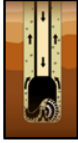


Agitador magnético

PROCEDIMIENTO

Nota: Procedimiento para temperaturas a 150 °C (300 °F)

1. Ubique el termómetro en la cavidad de la camisa y precaliente a 6°C (10°F) por encima de la temperatura deseada. Ajuste el termostato para mantener la temperatura deseada.
2. Agitar la muestra de fluido de perforación durante 10 minutos con un mezclador de alta velocidad. Cierre la válvula de la celda de los fluidos de perforación y vierta la muestra en la celda de lodo, teniendo cuidado de no llenar a menos de 1,5 cm (0,6 pulg) de la parte superior para permitir la expansión. Instale el papel de filtro.
3. Complete el ensamblaje de la celda y con las válvulas, tanto superior e inferior cerradas, póngalo en la camisa de calentamiento. Transfiera el termómetro a la cavidad de la celda de lodo.
4. Conecte la celda colectora de alta presión a la válvula de fondo y asegure en su lugar.
5. Conecte una fuente de presión regulada a la válvula superior y a la celda colectora y asegúrela en su lugar.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		Página 16 de 34	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Fecha: 2014-03-06
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	

6. Mantenga las válvulas cerradas, ajuste los reguladores superior e inferior a 690 kPa (100 psi). Abra la válvula de la parte superior, aplicando así 690 kPa (100 psi) en el fluido de perforación. Mantener esta presión durante 1 h. Si la temperatura de la célula del fluido de perforación no ha alcanzado la temperatura de ensayo después de 1 h, la prueba debe ser terminada y el equipo debe ser reparado.

7. Después de 1 h, aumente la presión de la unidad de presión superior a 4140 kPa (600 psi) y abra la válvula inferior para iniciar la filtración. Recoja el filtrado durante 30 min, manteniendo la temperatura seleccionada dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$). Si la contrapresión se eleva por encima de 690 kPa (100 psi) durante la prueba, reduzca cuidadosamente la presión retirando una porción del filtrado. Registre el volumen total recaudado, la temperatura, presión y tiempo.

8. Corrija el volumen de filtrado a un área de filtro de 45,8 cm² (7,1 pulg²). Por ejemplo, si el área de filtro es 22,6 cm² (3,5 pulgadas²), el doble del volumen de filtrado es reportado.

9. Al final de la prueba, cierre las válvulas superior y de fondo de la celda del fluido de perforación. Purgar la presión de los reguladores.

PELIGRO – La presión en la celda del fluido de perforación es aún 4140 kPa (600 psi) aproximadamente. Para evitar posibles lesiones graves, mantenga la celda hacia arriba y enfríe a temperatura ambiente, luego purgue la presión de la celda antes de desmontar. La dificultad en la eliminación de los tornillos de fijación de la celda puede ser un indicativo de la presión remanente en la celda. Las celdas con dispositivos de indicación de presión pueden proporcionar un margen extra de seguridad. Existen dispositivos que ayudan en el desmontaje de células cuando se sospechan las presiones atrapadas.

10. Remueva la celda de la camisa de calentamiento, pero primero tenga la certeza de que las válvulas superior y de fondo están bien cerradas y toda la presión está fuera de los reguladores.

11. Usando un cuidado extremo para guardar el papel de filtro, coloque la celda hacia arriba y abra la válvula para purgar la presión del contenido de la celda. Deseche el fluido de perforación, y recupere la torta del filtrado. Lave la torta del filtrado sobre el papel con un chorro suave de agua.

12. Mida y reporte el espesor del revoque, al milímetro más cercano (1/32 in).

13. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, notación como dura, blanda, resistente, gomosa, firme, etc., puede transmitir información importante sobre la calidad de la torta.

RESULTADOS

Temperatura de trabajo de lodo (°C): _____

Volumen del filtrado recogido (ml): _____



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO

Página 17 de 34

PROGRAMA DE INGENIERÍA
DE PETRÓLEOS



GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS
BASE AGUA

Fecha:
2014-03-06

Espesor de la torta o revoque (ml): _____

Descripciones de la torta:

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	
		Página 18 de 34	
		Fecha: 2014-03-06	

GUÍA DE LABORATORIO No.4 CONTENIDO DE AGUA, ACEITE Y SÓLIDOS

INTRODUCCIÓN

El instrumento de retorta proporciona un medio para la separación y la medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra del fluido de perforación a base de agua.

MARCO TEÓRICO

El contenido de sólidos afecta la mayor parte de las propiedades de los lodos, incluyendo la densidad, la viscosidad, la resistencia de gel, la pérdida de fluido y la estabilidad a la temperatura. El contenido de sólidos tiene también una influencia considerable sobre el tratamiento de lodo y sobre el equipo necesario para una operación de perforación eficiente.

En la retorta, un volumen conocido de una muestra entera del fluido de perforación se calienta para vaporizar los componentes líquidos que luego se condensa y se recoge en un receptor graduado. Los volúmenes líquidos se determinan directamente de la lectura de las fases de aceite y agua en el receptor. El volumen total de sólidos (suspendidos y disueltos) se obtiene por diferencia (el volumen total de líquido menos el volumen de la muestra). Los cálculos son necesarios para determinar el volumen de sólidos en suspensión, ya que cualquier sólido disuelto es retenido en la retorta.

EQUIPOS Y REACTIVOS



Equipo de Retorta



Receptor de líquido



Grasa de silicona



Lana de acero fina



Agente desemulsificante




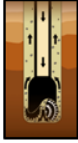
Embudo de Marsh y taza graduada



Cuchillo para masilla o espátula



Limpiadores de tubo


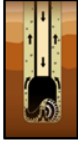
 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

PROCEDIMIENTO

1. Asegúrese que el recipiente para muestras de la retorta, el paso del condensador y el recipiente de líquidos estén limpios, secos y enfriados de un uso previo. Utilice la espátula para limpiar la taza y púlala con la fibra de acero fina. El paso del condensador límpielo con el limpiador para tubos.
2. Empacar ligeramente un anillo de lana (fibra) de acero en la cámara por encima de la taza de muestras. Use solamente Lana de acero suficiente para evitar la sobre ebullición de los sólidos dentro del recipiente de líquido.
3. Llene la copa o taza de la retorta con el fluido de perforación base agua.
4. Ponga con cuidado la tapa en el recipiente de la muestra y permita un desbordamiento de la muestra a través del agujero en la tapa para asegurarse de que el volumen correcto de la muestra está en la taza.
5. Con la tapa sostenida firmemente en su lugar, limpie el desbordamiento de la taza de muestras y la tapa. Asegúrese de que las roscas de la taza de la muestra aún están cubiertas con grasa de silicona después de limpiar, y que el orificio de la tapa no está tapado u obstruido.
6. Enrosque la taza de la retorta en la cámara de la retorta con su condensador.
7. Ponga un recipiente para líquido limpio y seco debajo del tubo de descarga del condensador.
8. Caliente la retorta y observe el líquido que cae del condensador. Continúe calentando durante 10 minutos después de que se recolecte el último condensado.
9. Retire el receptor de líquido de la retorta. Tenga en cuenta si hay sólidos en el líquido que se recuperó. Si es así, todo el fluido de perforación se desbordará de la taza de muestras y la prueba deberá repetirse desde el ítem 6.
10. Lea los volúmenes de agua y aceite en el recipiente de líquido después de que se haya enfriado a temperatura ambiente. Registre los volúmenes (o porcentajes en volumen) de agua y aceite recogido.
11. Deje enfriar la retorta, retire la fibra de acero con un sacacorchos y limpie la taza de muestras con un cuchillo para masilla o una espátula.

CÁLCULOS

Utilizando los volúmenes medidos de aceite, agua y el volumen de la muestra original completa del fluido de perforación (10 ml, 20 ml, o 50 ml), calcule como porcentajes las fracciones en volumen de agua, aceite y sólidos totales en el fluido de perforación.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

a) Fracción de volumen de agua: La fracción de volumen de agua, φ_W , expresada como un porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la ecuación (1):

$$\varphi_W = 100 \times \frac{V_W}{V_{df}} \quad (1)$$

Donde:

V_W es el volumen de agua, expresado en mililitros.

V_{df} es el volumen de la muestra del fluido de perforación, expresado en mililitros.

b) Fracción de volumen de aceite: La fracción de volumen de aceite, φ_O , expresada como un porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la Ecuación (2):

$$\varphi_O = 100 \times \frac{V_O}{V_{df}} \quad (2)$$

Donde:

V_O es el volumen de aceite, expresado en mililitros.

V_{df} es el volumen de la muestra del fluido de perforación, expresado en mililitros.

c) Fracción de volumen de sólidos en la retorta: la fracción de volumen de sólidos en la retorta, φ_S , expresada como porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la ecuación (3):

$$\varphi_S = 100 - (\varphi_W + \varphi_O) \quad (3)$$

NOTA El porcentaje (fracción de volumen) de los sólidos en la retorta en la ecuación (3) es sólo la diferencia entre el agua más aceite, y el volumen total de la muestra (10ml, 20ml o 50ml). Esta diferencia es tanto sólidos en suspensión (materiales pesados y de baja gravedad) y materiales disueltos (por ejemplo, sal). Dicho porcentaje (fracción de volumen) de los sólidos en la retorta es solamente los sólidos suspendidos si el fluido de perforación es un lodo de agua dulce no tratado. Se requieren cálculos adicionales para averiguar el porcentaje (fracción de volumen) de sólidos en suspensión y se relacionan a los volúmenes relativos de sólidos de baja gravedad y materiales pesados. Para realizar estos cálculos, se necesitan una densidad del fluido de perforación y la concentración de cloruro precisas.

RESULTADOS

Fracción de volumen de agua, φ_W : _____

Fracción de volumen de aceite, φ_O : _____

Fracción de volumen de sólidos en la retorta, φ_S : _____



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO


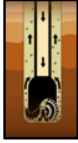
Página 21 de 34

PROGRAMA DE INGENIERÍA
DE PETRÓLEOS

GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS
BASE AGUA

Fecha:
2014-03-06

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Página 22 de 34 Fecha: 2014-03-06

GUÍA DE LABORATORIO No.5 CONTENIDO DE ARENA

INTRODUCCIÓN

El contenido de arena del fluido de perforación es el porcentaje (fracción de volumen) de las partículas de diámetro mayor que 74 micras. Se mide por un conjunto de arena tamiz.

MARCO TEÓRICO

Arena, por definición de la API, abarca las partículas de tamaño mayor que una malla de 200 mesh (74 micras). Si estas partículas fueran en realidad arena de acuerdo a la definición geológica (cuarzo y sílice), podrían ser considerablemente abrasivas.

La arena se incorpora al lodo en el proceso de perforar formaciones que contienen cuarzo y sílice. El ensayo para determinar la concentración de arena involucra el empleo de un tubo para contenido de arena, que es un tubo calibrado para leer directamente el porcentaje de arena en volumen.



EQUIPOS Y REACTIVOS



- Tamiz**, 74 micras (200 mesh) y 63,5 mm (2,5 in) de diámetro.
- Embudo**, para adaptarse al tamiz.
- Tubo medidor de vidrio**, marcado para que el volumen del fluido de perforación sea adicionado y graduado de 0% a 20% con el fin de leer el porcentaje de arena directamente.

PROCEDIMIENTO

1. Llene el tubo medidor de vidrio con el fluido de perforación hasta la marca de "fluido de perforación". Agregue agua hasta la siguiente marca. Cierre la boca del tubo y agite vigorosamente.
2. Vierta la mezcla sobre el tamiz limpio y húmedo. Deseche el líquido que pasa a través del tamiz. Añada más agua al tubo, agite y vierta de nuevo en el tamiz. Repita hasta que el tubo esté limpio. Lave la arena retenida en el tamiz para liberarlo de cualquier restante en el fluido de perforación.
3. Ponga el embudo boca abajo sobre la parte superior del tamiz. Invierta lentamente el montaje e inserte la punta del embudo en la boca del tubo de vidrio. Lave la arena en el tubo por la reproducción de una fina pulverización de agua a través del tamiz. Permita que la arena se asiente. De las graduaciones sobre el tubo, lea el porcentaje en volumen de la arena.


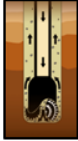
 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Página 23 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

4. Reporte el contenido de arena del fluido de perforación en forma de porcentaje (fracción de volumen).
5. Medir viscosidad y resistencia de gel .

RESULTADOS

PARÁMETRO A MEDIR	CONTAMINACIÓN 1		CONTAMINACIÓN 2		CONTAMINACIÓN 3	
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6
CONTENIDO DE ARENA LODO 1						
CONTENIDO DE ARENA LODO 2						

PARÁMETRO A MEDIR	RESULTADOS OBTENIDOS					
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6
DENSIDAD						
VISCOSIDAD DE EMBUDO						
Ø 600						
Ø 600						
GELES 10 SEG						
GELES 10 MIN						
CONTENIDO DE ARENA						


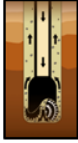
 <p>LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO</p>		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

ANÁLISIS

Realizar el informe de laboratorio (informe ejecutivo) por grupo, el cual debe contener:

1. Cuadro de resultados de todos los grupos.
2. Análisis comparativo de los resultados.
3. Conclusiones.

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Página 25 de 34 Fecha: 2014-03-06

GUÍA DE LABORATORIO No.6 DUREZA

INTRODUCCIÓN

La dureza del agua o del filtrado de los fluidos de perforación se debe principalmente a la presencia de iones de calcio y de magnesio. Cuando EDTA (o su sal) se añade al agua o al filtrado, esta combina tanto el calcio y el magnesio y el punto final se determina con un indicador adecuado. La dureza total del agua o del filtrado se expresa como miligramos de calcio por litro. Un punto extremo oscurecido por componentes oscuros a menudo se puede remediar mediante la oxidación con un reactivo tal como hipoclorito de sodio.

MARCO TEÓRICO

Este método de ensayo es un análisis químico para medir los iones de dureza en filtrados de lodos a base de agua o en el agua complementaria. La dureza se determina cuantitativamente mediante titulación utilizando el reactivo normalizado EDTA (versenato) y un tampón (débil) de hidróxido de amonio, típicamente de acuerdo con procedimientos del API. Los resultados se presentan como ion calcio en mg/L. El ion de dureza Ca^{+2} puede ser analizado solo mediante otro método de titulación con EDTA descrito por el API.

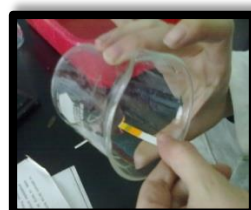
EQUIPOS Y REACTIVOS



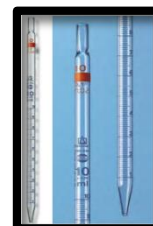
Papel pH



Reactivos (indicadores)


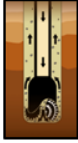


Baker



Pipetas

1. Solución estandarizada de EDTA
2. Solución Buffer, cloruro de 67,5 g de amonio y 570 ml de hidróxido de amonio (CAS No. 1336-21-6) (15 N) diluido a 1 000 ml con agua destilada.
3. Solución indicadora/dureza, 1 g/l Calmagita o equivalente; 1-(1-hidroxi-4-metil-2-fenilazo)-2naftol-4-ácido sulfúrico en agua destilada.
4. Ácido acético, glacial.
5. Agente enmascarante, 01:01:02 volumen mezclado de trietanolamina (CAS No. 102-71-6): tetraetilenpentamina: agua.
6. Solución de hipoclorito de sodio, fracción de masa de 5,25 % en agua desionizada.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS		Página 26 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA		Fecha: 2014-03-06

7. Agua desionizada o destilada.
8. Vaso de titulación, beaker de 150 ml.
9. Pipetas graduadas, 5 ml (TD) y 10 ml (TD).
10. Pipetas volumétricas, 1 ml (TD), 2 ml (TD) y 5 ml (TD).
11. Placas eléctricas (necesarias si se colorea filtrado).
12. Tira de papel pH.

PROCEDIMIENTO

1. Mida uno o más mililitros de la muestra en un vaso de precipitados de 150 ml. (Si el filtrado es claro, o está sólo, ligeramente coloreado, omite los pasos de 2-5 del procedimiento en **Dureza total/calcio.**)
2. Añada 10 ml de solución de hipoclorito de sodio y mezcle.
3. Añada 1 ml de ácido acético glacial y mezcle.
4. Hierva la muestra durante 5 min. Mantenga el volumen de la muestra mediante la adición de agua desionizada según se requiera durante la ebullición. La ebullición se requiere para eliminar el exceso de cloro. La ausencia de cloro puede ser verificada mediante la inmersión de una tira de papel pH en la muestra. Si el papel continúa blanco se requiere seguir hirviendo. Trabaje en un área con ventilación adecuada.
5. Enfríe la muestra.
6. Enjuague el interior del vaso de precipitados con agua desionizada y diluya la muestra de 50 ml con agua desionizada. Añada aproximadamente 2 ml de solución buffer y agite para mezclar.
7. Añada suficiente indicador de dureza (2 gotas a 6 gotas) y mezcle. Un color rojo vino se desarrolla si el calcio y/o magnesio está/están presentes.
8. Mientras se agita, títule con solución de EDTA hasta el punto final adecuado. Indicadores de calcio producen un cambio de rojo a azul. El punto final es el mejor descrito como el punto en el que el EDTA adicional no produce aún más rojo que el cambio de color azul. El volumen de titulación de EDTA se utiliza en los cálculos de **Dureza total/calcio.**

CÁLCULOS

La concentración de iones de dureza total, de calcio más magnesio, C_{Ca+Mg} , expresado en miligramos por litro como el calcio, se calcula como se indica en la ecuación (36):

$$C_{Ca+Mg} = 400 \times \frac{V_{EDTA}}{V_s} \quad (36)$$

Donde

V_{EDTA} es el volumen de solución de EDTA, expresado en mililitros;

V_s es el volumen de la muestra, expresado en mililitros.

NOTA La concentración de calcio y magnesio es comúnmente conocida en la industria como la dureza total, y se presenta como el calcio.



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO

Página 27 de 34

PROGRAMA DE INGENIERÍA
DE PETRÓLEOS


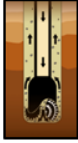
GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS
BASE AGUA

Fecha:
2014-03-06

RESULTADOS

$C_{Ca+Mg} =$ _____

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	
		Página 28 de 34	
		Fecha: 2014-03-06	

GUÍA DE LABORATORIO No.7 CAPACIDAD DE AZUL DE METILENO

INTRODUCCIÓN

La capacidad de azul de metileno del fluido de perforación es una indicación de la cantidad de arcillas reactivas (bentonita y/o sólidos de perforación) presentes según lo determinado por la prueba de azul de metileno. Una solución de azul de metileno se añade a una muestra de fluido de perforación (que ha sido tratada con peróxido de hidrógeno y se acidificó) hasta su saturación notada por la formación de un "halo" de tinte alrededor de una gota sólida puesta sobre papel de filtro.

MARCO TEÓRICO

La capacidad de azul de metileno proporciona una estimación de la capacidad de intercambio catiónico total de los sólidos del fluido de perforación. La capacidad de azul de metileno y la capacidad de intercambio catiónico no son necesariamente equivalentes, siendo el primero normalmente algo menor que la capacidad de intercambio de cationes real.

Los fluidos de perforación con frecuencia contienen sustancias, además de arcillas reactivas que absorben el azul de metileno. El pre-tratamiento con peróxido de hidrógeno M está destinado a eliminar el efecto de materiales orgánicos, tales como lignosulfonatos, lignitos, polímeros de celulosa, poliacrilatos, etc.

EQUIPOS Y REACTIVOS


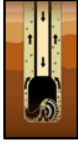
- Solución de azul de metileno
- Peróxido de hidrógeno, solución al 3 %.

PELIGRO - H_2O_2 es un oxidante fuerte. El contacto con la piel debe ser evitado.

- Ácido sulfúrico, diluido, aproximadamente 2,5 mol/l (5 N).

PELIGRO - H_2SO_4 es un ácido fuerte y tóxico.

- Jeringa, 2,5 ml (TD) o 3 ml (TD).
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Bureta, 10 ml (TD); micropipeta, 0,5 ml (TD), o pipetas graduadas, 1 ml (TD).
- Cilindro graduado, 50 ml (TD).
- Varilla agitadora.
- Placas eléctricas.
- Papel de filtro, Whatman N ° 1 o equivalente.

 <p>LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO</p>		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	
		Página 29 de 34	
		Fecha: 2014-03-06	

PROCEDIMIENTO

1. Añada 2,0 ml de fluido de perforación (o volumen adecuado de fluido de perforación para requerir de 2 ml a 10 ml de solución de azul de metileno) a 10 ml de agua en el matraz Erlenmeyer. La jeringa usada debe tener una capacidad de más de 2 ml, generalmente 2,5 ml o 3 ml. Al utilizar una jeringa más grande, no es necesario eliminar el aire atrapado en la jeringa. Para asegurar que exactamente 2,0 ml de fluido de perforación se están agregando, utilice el procedimiento siguiente.
 - a) Quite el aire o gas atrapado en el fluido de perforación. Agite el fluido de perforación para romper el gel y rápidamente extraiga el fluido de perforación dentro de la jeringa. Después descargue lentamente la jeringa de nuevo en el fluido de perforación, manteniendo la punta sumergida.
 - b) Una vez más dibuje el fluido de perforación dentro de la jeringa hasta que el extremo del émbolo se encuentre en la última graduación de la jeringa (por ejemplo, en la línea de 3 ml en una jeringa de 3 ml).
 - c) Entregue 2,0 ml de fluido de perforación, empujando el émbolo hasta que el extremo del émbolo esté exactamente 2 ml de la última graduación de la jeringa. Esto, en una jeringa de 3 ml, se encuentra en la línea de 1 ml.
2. Añada 15 ml de peróxido de hidrógeno al 3% y 0,5 ml de ácido sulfúrico. Hierva a fuego lento durante 10 minutos, pero no permita que hierva hasta secarse. Diluya hasta 50 ml con agua.
3. Añada la solución de azul de metileno al matraz en incrementos de 0,5 ml. Si la cantidad aproximada de solución de azul de metileno necesario para alcanzar el punto final es conocido a partir la prueba anterior, incrementos más grandes (1 ml a 2 ml) pueden ser utilizados al comienzo de la titulación. Después de cada adición de solución de azul de metileno, agite el contenido del matraz durante aproximadamente 30 s. Si bien todavía se suspenden los sólidos, retire una gota de líquido con la varilla de agitación y ponga la gota sobre el papel filtro. El criterio de valoración inicial de la titulación se alcanza cuando el colorante aparece como un anillo azul o turquesa que rodea los sólidos teñidos, como se muestra en el punto 5 en la Figura 1.
4. Cuando se detecta que el tinte azul se extiende desde el punto, agite el matraz durante 2 minutos más y ponga una gota más en el papel filtro. Si el anillo azul es evidente de nuevo, se ha alcanzado el punto final, como se muestra en el punto 7 (7 ml) en la Figura 1.

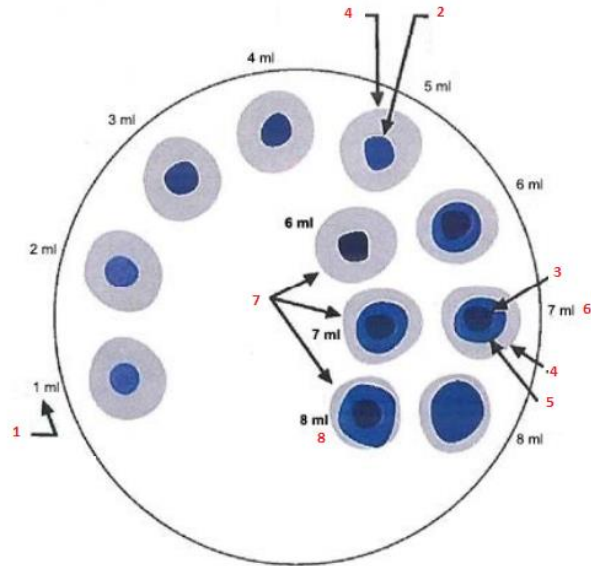


Figura 1. Pruebas in situ para el punto final de la titulación de azul de metileno.

1. Volumen de la solución de azul de metileno agregada
2. No libre, colorante presente in-absorbido
3. Sólidos de perforación teñidos de azul
4. Humedad, no hay color
5. Colorante libre en agua
6. Punto final alcanzado
7. Punto final reevaluado después de 2 min de la reacción
8. Punto final excedido

CÁLCULOS

Reporte la capacidad de azul de metileno, C_{MBT} , del fluido de perforación en la forma siguiente, ecuación (1):

$$C_{MBT} = \frac{V_{mb}}{V_{df}} \quad (1)$$

Donde:



V_{mb} es el volumen de solución de azul de metileno, expresado en mililitros;

V_{df} es el volumen de la muestra de fluido de perforación, expresado en mililitros.

Alternativamente, la capacidad del azul de metileno puede ser reportada como el equivalente de bentonita (basada en bentonita con una capacidad de intercambio catiónico de 70 meq/100 g), $E_{BE,A}$, expresado en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (2) o $E_{BE,B}$, expresada en libras por barril, como se indica en la ecuación (3)]:

$$E_{BE,A} = \frac{14.25 \times V_{mb}}{V_{df}} \quad (2)$$

$$E_{BE,B} = \frac{5 \times V_{mb}}{V_{df}} \quad (3)$$

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	Página 31 de 34
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Fecha: 2014-03-06

NOTA Los kilogramos por metro cúbico (o libras por barril) de bentonita equivalente a partir de las ecuaciones (2) y (3) no son iguales a la cantidad de bentonita comercial en el fluido de perforación. Arcillas reactivas en los sólidos de perforación contribuyen a esta cantidad, así como la bentonita comercial.

RESULTADOS


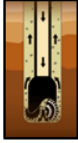
PARÁMETRO A MEDIR		GRUPOS					
		1	2	3	4	5	6
LODO 1	Volumen (ml) de AZUL DE METILENO (CEC)						
	MBC (MBCX5)						
LODO 2	Volumen (ml) de AZUL DE METILENO (CEC)						
	MBC (MBCX5)						

ANÁLISIS

Realizar el informe de laboratorio (informe ejecutivo) por grupo, el cual debe contener:

1. Cuadro de resultados de todos los grupos.
2. Calcule el contenido equivalente de bentonita.
3. Calcule las cantidades respectivas de los sólidos contenidos en el lodo, utilizando la información de los laboratorios anteriores.
4. Análisis comparativo de los resultados.
5. Conclusiones.

OBSERVACIONES:

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Página 32 de 34 Fecha: 2014-03-06

GUÍA DE LABORATORIO No.8

pH

INTRODUCCIÓN

La medición en campo del pH de un fluido de perforación (o filtrado) y los ajustes en el pH son fundamentales para el control de fluidos de perforación. Interacciones de la arcilla, la solubilidad de diversos componentes y contaminantes, y la eficacia de los aditivos son todas dependientes del pH, como lo son los procesos de control de ácidos y sulfuro de corrosión.

MARCO TEÓRICO

El término "pH" indica el logaritmo negativo de los iones de hidrógeno, H, actividad en soluciones acuosas (la actividad y concentración son iguales sólo en soluciones diluidas): $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. Para agua pura a 24°C (75°F) la actividad de los iones de hidrógeno $[\text{H}^+]$ es 10^{-7} mol/l y $\text{pH} = 7$. Este sistema se denomina "neutro" debido a que la actividad de los iones hidroxilo $[\text{OH}^-]$ también es de 10^{-7} mol/l. En los sistemas acuosos a 24°C (75°F) el producto de iones, $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$, es 10^{-14} (una constante). En consecuencia, un aumento de H^+ denota una disminución como en $[\text{OH}^-]$. Un cambio en el pH de una unidad indica un cambio de diez veces tanto en $[\text{H}^+]$ y $[\text{OH}^-]$. Soluciones con pH inferior a 7 se denominan "ácidos" y las que tienen un pH superior a 7 se denominan "bases" o "alcalinas".

El método recomendado para la medición del pH del fluido de perforación es con un medidor de pH (electrodo de vidrio). Este método es preciso y da valores de pH fiables, siendo libre de interferencias si un sistema de electrodo de alta calidad se utiliza con un instrumento apropiadamente diseñado. Instrumentos de pH resistentes están disponibles para que la temperatura automáticamente compense la pendiente y se prefieren sobre los instrumentos ajustados manualmente.

Tiras de papel de colour-matching del pH y palos se utilizan para las mediciones de campo del pH, pero no son los métodos recomendados. Estos métodos son fiables sólo en los fluidos de perforación base agua muy simples. Los sólidos de los fluidos de perforación, las sales disueltas y productos químicos y líquidos de color oscuro causan graves errores en los valores del papel para el pH. La legibilidad está normalmente cerca de 0,5 unidades de pH.

EQUIPOS Y REACTIVOS




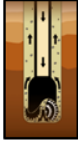
pHmetro



Termómetro



Limpiador de tubo

 <p>LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO</p>		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	
		PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS	
		GUÍAS DE LABORATORIO PARA LODOS BASE AGUA	Página 33 de 34 Fecha: 2014-03-06

1. Soluciones buffer

Las soluciones buffer pueden ser obtenidas de las casas de suministros como soluciones pre-hechas, paquetes de polvo seco, o una fórmula dada. La vida útil de todas las soluciones buffer no debe exceder de seis meses antes de su eliminación. La fecha de preparación de la solución se debe mostrar en botellas que se utilizan en el campo. Las botellas deben mantenerse siempre bien tapadas.

2. Agua destilada o desionizada, en botella de spray.
3. Detergente líquido suave.
4. El hidróxido de sodio, 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar el electrodo.
5. Ácido clorhídrico, (CAS No. 7674-01-0), 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar electrodo.
6. Bifluoruro de amonio (N^o CAS 1341-49-7), solución al 10% (aproximadamente), para reacondicionar el electrodo.
7. Potenciómetro de alcance-milivoltios
8. Tejido, suave, para limpiar los electrodos.
9. Termómetro, de vidrio, 0°C a 105°C (32°F a 220°F).
10. Cepillo para limpiar tubos, de cerdas suaves, para limpiar los electrodos.
11. Storage vial para electrodos, para mantener los electrodos húmedos.

PROCEDIMIENTO

1. Obtenga una muestra de líquido para ensayar. Espere hasta que alcance 24°C ± 3°C (75°F ± 5°F).
2. Deje que la solución buffer llegue a la misma temperatura que el fluido a ensayar. Para la medición de pH precisa, el fluido de ensayo, la solución buffer y el electrodo de referencia deben estar todos en la temperatura de la muestra. El pH de la solución buffer indicada en la etiqueta del envase es el pH correcto solamente a 24°C (75°F). Si intenta calibrar a otra temperatura, se debe utilizar el pH actual de la sln buffer a esta temperatura. Tablas de valores de pH de soluciones buffer a diversas temperaturas están disponibles por los proveedores y se deben utilizar en el procedimiento de calibración.
3. Limpie los electrodos, lavándolos con agua destilada y séquelos.
4. Ubique la sonda en pH 7,0.
5. Encienda el medidor, espere 60 s para que la lectura se estabilice.
6. Mida la temperatura de la solución buffer pH 7,0.
7. Ajuste esta temperatura en el mando "temperatura".
8. Ajuste la lectura del medidor a "7,0" con la perilla de "calibración".
9. Enjuague la sonda con agua destilada y seque.
10. Repita las operaciones de procedimiento de 6 a 9 utilizando pH 4,0 o pH 10,0 de la solución buffer. Utilice pH 4,0 si la muestra es "ácida" o pH 10,0 si es "alcalina" para ser evaluada. Ajuste el medidor hasta el número "4,0" o "10,0", respectivamente, con la perilla de ajuste "pendiente". (Si no existe ningún botón de "pendiente", utilice el botón "temperatura" para ajustar "4,0" o "10,0" en metros.)



11. Compruebe el medidor de nuevo con una solución buffer de pH 7,0. Si ha cambiado, vuelva a "7,0", con la perilla de "calibración". Repita el procedimiento de 6 a 9. Si el medidor no se calibra correctamente, reacondicione o sustituya los electrodos.
12. Si el medidor se calibra adecuadamente, enjuague el electrodo con agua destilada y seque. ubique el electrodo en la muestra a analizar y revuelva suavemente. Espere 60 s - 90 s para que la lectura se estabilice.
13. Lleve el pH de la muestra a la unidad más cercana a 0,1 pH y la temperatura de la muestra.
14. Con cuidado, limpie el electrodo en la preparación para el próximo uso. Conserve en frasco la sln buffer pH 4,0. Nunca deje que la punta de la sonda se reseque.
15. Gire el medidor y cierre la cubierta para proteger el instrumento. Evite almacenar el instrumento a temperaturas extremas [por debajo de 0°C (32°F) o por encima de 50°C (120°F)].

RESULTADOS

PARÁMETRO A MEDIR	GRUPOS					
	1	2	3	4	5	6
pH						

OBSERVACIONES:

PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA PRUEBAS DE CAMPO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN API 13B-2 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



CONTENIDO

1. PRUEBAS DE LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN API 13B-2 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE	4
1.1 DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN.....	5
1.2 LA VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL.....	9
1.3 FILTRACIÓN	12
1.4 PRUEBA DE LA RETORTA PARA EL CONTENIDO DE ACEITE, AGUA Y SÓLIDOS	18
1.5 ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE	21
1.6 PRUEBA DE ESTABILIDAD ELÉCTRICA	27
1.7 CÁLCULOS DE CAL, SALINIDAD Y SÓLIDOS	30
2. ANEXO A	39
3. ANEXO B	41
4. ANEXO C	44
5. ANEXO D	47
6. ANEXO E.....	50
7. ANEXO F.....	57
8. ANEXO G	59
9. ANEXO H	61
10. ANEXO I.....	64
11. ANEXO H	66
12. ANEXO K.....	69
13. ANEXO L.....	72
14. ANEXO M	75

1. PRUEBAS DE LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN API 13B-2 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE

Pruebas de laboratorio para la determinación de las siguientes características de los fluidos base aceite:

- a) la densidad del fluido de perforación (peso del lodo);
- b) la viscosidad y resistencia del gel;
- c) filtración;
- d) el agua, el aceite y el contenido de sólidos;
- e) la alcalinidad, el contenido de cloruro y el contenido de calcio;
- f) estabilidad eléctrica;
- g) contenido de cal y calcio, contenido de cloruro de calcio y cloruro de sodio;
- h) contenido de sólidos de baja gravedad y materiales pesados.

Los anexos de la A a la K y L proporcionan métodos de ensayo adicionales que se pueden utilizar opcionalmente para la determinación de la resistencia al corte, contenido de agua y aceite de los cortes, la actividad del fluido de perforación, punto de anilina, la actividad de los cortes, sulfuros activos; método de ensayo PPA para celdas con tornillos fijos y método de ensayo PPA para celdas con tapones roscados.

Los anexos F, G y J proporcionan procedimientos que pueden utilizarse opcionalmente para el muestreo, la inspección y el rechazo, el muestreo en taladro, calibración y verificación de material de vidrio, termómetros, viscosímetros, kit de retorta y fluidos de perforación balanceados.

El anexo E proporciona ejemplos de cálculos para la cal, la salinidad y el contenido de sólidos.

El anexo M contiene un ejemplo de un formulario-informe de un fluido de perforación.

1.1 DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

Este procedimiento de ensayo es un método para determinar la masa de un volumen dado de líquido (equivalente a la densidad). La densidad del fluido de perforación se expresa como gramos por centímetro cúbico, kilogramos por metro cúbico, libras por galón o libras por pie cúbico.

-Equipo

1. **Instrumento de medición de densidad:** De una precisión de 0,01 g/ml o 10 kg/m³ (0,1 lb/gal o 0,5 lb/ft³). La balanza de lodo es el instrumento que se utiliza generalmente para determinar la densidad del fluido de perforación. La balanza de lodo es diseñada de tal manera que la copa de muestra del fluido de perforación, en un extremo de la viga, está equilibrada por un contrapeso fijo en el otro extremo, con una pesa deslizante libre de moverse a lo largo de una escala graduada. Un nivel de burbuja está montado en la viga para permitir el equilibrio exacto. Implementos para extender el rango de la balanza pueden utilizarse cuando sea necesario. El instrumento se debe calibrar con frecuencia con agua fresca. El agua dulce debe dar una lectura de 1,00 g/ml o 1 000 kg/m³ (8,33 lb/gal o 62,3 lb/ft³) a 21°C (70°F). Si no es así, ajuste el tornillo de equilibrio o la cantidad de (perdigones de plomo) lo mejor que el extremo del brazo graduado requiera.
2. **Termómetro:** con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220°F).

-Procedimiento

1. La base del instrumento se debe establecer en una superficie plana y nivelada.
2. Mida y registre la temperatura del fluido de perforación.
3. Llene la copa limpia y seca, con el fluido de perforación que será probado, ponga la tapa en la copa de muestra del fluido de perforación y gire la tapa hasta que quede bien sellada. Asegúrese de que una parte del fluido de perforación es expulsado a través del orificio de la tapa con el fin de liberar el aire atrapado o gas.
4. Manteniendo la tapa firmemente sobre la copa de muestra del fluido de perforación (con el orificio de la tapa cubierto), lave o limpie la parte exterior de la copa hasta que quede limpia y seca.
5. Sitúe la viga en el soporte de la base y equilíbrela moviendo la pesa deslizante a lo largo de la escala graduada. El equilibrio se consigue cuando la burbuja se encuentra bajo la línea central.
6. Lea la densidad del fluido de perforación en el borde de la pesa deslizante hacia la copa del fluido de perforación. Haga las correcciones apropiadas cuando se utilice un extensor de rango.

-Cálculos

1. Reporte la densidad del fluido de perforación, ρ_s , Con precisión de 0.01 g/cm³, 10 kg/m³, 0.1 lb/gal o 0.5 lb/ft³.
2. Para convertir la lectura a otras unidades, utilice lo siguiente:
$$\rho_s = 1\,000 \times g/cm^3 \quad (1)$$
$$\rho_s = 16 \times lb/ft^3 \quad (2)$$
$$\rho_s = 119.8 \times lb/US\ gal \quad (3)$$

Donde ρ_s es la densidad, expresada en kilogramos por metro cúbico.

$$\nabla \rho_s = 9.81 \times g/cm^3 \quad (4)$$

$$\nabla \rho_s = 0.0226 \times psi/1000\ ft \quad (5)$$

Donde $\nabla\rho_s$ es el gradiente de la densidad del fluido de perforación, expresado en kilopascasles por metro.

Una lista de las conversiones de densidad del SI a unidades del USC se da en la Tabla 1.

Tabla 1- Conversiones de densidad entre las unidades del SI y USC

Gramos por centímetro ³ g/cm ³	Kilogramo por metro ³ Kg/m ³	Libras por US galón Lb/US gal	Libras por pie ³ Lb/ft ³
0.70	700	5.8	43.6
0.80	800	6.7	49.8
0.90	900	7.5	56.1
1.00	1000	8.345 ^b	62.3
1.10	1100	9.2	68.5
1.20	1200	10.0	74.8
1.30	1300	10.9	81.0
1.40	1400	11.7	87.2
1.50	1500	12.5	93.5
1.60	1600	13.4	99.7
1.70	1700	14.2	105.9
1.80	1800	15.0	112.1
1.90	1900	15.9	118.4
2.00	2000	16.7	124.6
2.10	2100	17.5	130.8
2.20	2200	18.4	137.1
2.30	2300	19.2	143.3
2.40	2400	20.0	149.5
2.50	2500	20.9	155.8
2.60	2600	21.7	162.0
2.70	2700	22.5	168.2
2.80	2800	23.4	174.4
2.90	2900	24.2	180.7

Fuente: API 13B2

- a El mismo valor que la densidad relativa.
- b Factor de conversión exacta.

MÉTODO ALTERNATIVO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

La balanza de lodo a presión proporciona un método más preciso para determinar la densidad de un fluido de perforación que contiene aire atrapado o gas, de lo que lo hace la balanza de lodo convencional. La balanza de lodo a presión es similar en funcionamiento a la balanza de lodo convencional, con la diferencia de que la muestra de suspensión se vierte en una copa de muestra de volumen fijo bajo presión.

El propósito de poner la muestra bajo presión es para minimizar el efecto de aire o gas atrapado en las mediciones de densidad de la lechada. Por la presurización de la copa de muestra, el aire o el gas atrapado se reduce a un volumen insignificante, proporcionando así una medición de densidad de la suspensión, más estrechamente de acuerdo con la obtenida bajo condiciones de fondo de pozo.

-Equipo

1. Cualquier instrumento de medición de la densidad tiene una precisión de +/- 0,01 g/ml, +/- 10 kg/m³, +/- 0,1 lb/gal o +/- 0,5 lb/ft³.
2. **La balanza de lodo a presión** es el instrumento que se utiliza generalmente para determinar la densidad de los fluidos de perforación a presión. La balanza de lodo a presión está diseñada de tal manera que la copa de llenado del fluido de perforación y su tornillo-en la tapa, en un extremo de la viga, se compense con un contrapeso fijo en el otro extremo, con una pesa deslizante libre de moverse a lo largo de una escala graduada. Un nivel de burbuja está montado en la viga para permitir el equilibrio exacto.
3. **Termómetro:** con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220 °F)

-Procedimiento

1. Mida y registre la temperatura del fluido de perforación.
2. Llene la copa para muestras a un nivel ligeramente (aproximadamente 6 mm) por debajo de su borde superior.
3. Ponga la tapa en la copa de muestra, con la válvula de control adjunta en la posición de abajo (abierto). Empuje la tapa hacia abajo en la boca de la copa hasta que se haga contacto superficial entre el faldón exterior de la tapa y el borde superior de la copa. Cualquier exceso de suspensión se expulsa a través de la válvula de control. Cuando la tapa se ha colocado en la copa, tire de la válvula de control hasta la posición de cerrado, enjuague la copa y la rosca con agua, y selle la tapa en la copa.
4. El émbolo de presurización es similar en funcionamiento a una jeringa. Llene el émbolo sumergiendo su extremo en la suspensión con el vástago del pistón completamente dentro. A continuación, lleve el vástago del pistón hacia arriba, llenando así el cilindro con lechada. Este volumen debe ser expulsado con la acción del émbolo y volverse a llenar con muestra de suspensión fresca para asegurar que este volumen del émbolo no se diluye con el líquido restante de la última limpieza del mismo.
5. Empuje la nariz del émbolo sobre la superficie de la junta de acoplamiento de la tapa de la válvula. Presurice la copa de la muestra por el mantenimiento de una fuerza hacia abajo sobre la carcasa del cilindro con el fin de sostener la válvula de control hacia abajo (abierta) y al mismo tiempo para forzar la varilla de pistón en el interior. Una fuerza de aproximadamente 225 N (50 lbf) o mayor debe mantenerse sobre la varilla de pistón.
6. La válvula de control en la tapa es accionada por presión; cuando se presuriza el interior de la copa, la válvula de control es empujada hacia arriba a la posición cerrada. Al cerrar la válvula gradualmente se alivia la carcasa del cilindro mientras se mantiene la presión sobre el vástago del pistón. Cuando la válvula de control se cierre, libere la presión en el vástago antes de desconectar el émbolo.
7. La muestra de suspensión a presión está ahora lista para pesar. Enjuague el exterior del vaso y séquelo. Póngalo sobre el filo de la cuchilla. Mueva la pesa deslizante hacia la izquierda hasta que la viga esté equilibrada. La viga se equilibra cuando la burbuja se encuentra centrada entre las dos marcas negras. Lea la densidad de una de las cuatro escalas calibradas en el lado de la flecha de la pesa de deslizante. La densidad se puede leer directamente en unidades de gramos por centímetro cúbico, libras por galón, y libras por pie cúbico, o como un gradiente de fluido de perforación en libras por pulgada cuadrada por cada 1000 pies.
8. Para liberar la presión dentro de la copa, vuelva a conectar el émbolo vacío al conjunto y empuje hacia abajo en el cuerpo del cilindro.
9. Limpie la copa y enjuague al fondo con aceite.

-Cálculos

1. Reporte la densidad del fluido de perforación, ρ_s , Con precisión de 0.01 g/cm^3 , 10 kg/m^3 , 0.1 lb/gal o 0.5 lb/ft^3 .
2. Para convertir la lectura a otras unidades, utilice las anteriores formulas dadas en el anterior método de la balanza convencional.

1.2 LA VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL

La viscosidad y la resistencia del gel son mediciones que se relacionan con las propiedades de flujo (reología) de fluidos de perforación. Los siguientes instrumentos se utilizan para medir la viscosidad y / o resistencia del gel de fluidos de perforación:

- a) **Marsh Funnel**: un dispositivo simple para indicar la viscosidad de forma rutinaria.
- b) **Viscosímetro de indicación directa**: un dispositivo mecánico para la medición de la viscosidad a velocidades de corte diferentes.

NOTA- la información sobre la reología de los fluidos de perforación se puede encontrar en la API RP 13D.

Determinación de la viscosidad utilizando el Marsh Funnel

-Equipo

1. **El Marsh Funnel** calibrado con un suministro de 946 cm³ (1 cuarto de gal) de agua fresca a una temperatura de 21 ± 3°C (70 ± 5°F) en 26 ± 0,5s, con una taza graduada como receptor.

El Marsh funnel tendrá las siguientes características:

- **Cono embudo**, longitud 305 mm (12,0 pulgadas), diámetro de 152 mm (6,0 pulgadas) y una capacidad de fondo de filtro de 1 500 cm³ (1,6 litros);
 - **Orificio**, longitud 50,8 mm (2,0 pulgadas) y un diámetro interior de 4,7 mm (0,185 in);
 - **Filtro**, con 1,6 mm (0,063 pulgadas), aberturas (12 mesh); fijado en 19,0 mm (0,748 pulgadas) por debajo de la parte superior del embudo.
2. **Vaso graduado**, con una capacidad mínima de 946 cm³ (1 cuarto de gal).
 3. **Cronómetro**.
 4. **Termómetro**: con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220 °F).

-Procedimiento

1. Cubra el orificio del embudo con un dedo y vierta el fluido de perforación recién muestreado a través del filtro limpio, en posición vertical. Llene hasta que el fluido llegue a la parte inferior del filtro.
2. Retire el dedo e inicie el cronómetro. Mida el tiempo que gasta el fluido de perforación para llenar los 946 cm³ (1 cuarto de gal) que marca el vaso.
3. Mida la temperatura del fluido, en grados Celsius (grados Fahrenheit).
4. Reporte el tiempo del paso (2), el segundo más cercano, con el volumen, como la viscosidad Marsh funnel. Reporte la temperatura en (3) del fluido al grado Celsius más cercano (grados Fahrenheit).

Determinación de la viscosidad y/o resistencia de gel utilizando un viscosímetro de indicación directa

-Equipo

1. **El Viscosímetro de indicación directa**, es accionado por un motor eléctrico o una manivela.
El fluido de perforación se pone en el espacio anular entre dos cilindros concéntricos. El cilindro o manga exterior del rotor es accionado a una velocidad de rotación constante. La rotación de la camisa del rotor en el fluido produce un torque en el interior del cilindro o el bob. Un torque restringe el movimiento del bob, y una esfera

unida a este indica el desplazamiento del mismo. Las constantes del instrumento deben ajustarse, de manera que la viscosidad plástica y el yield point se obtienen mediante el uso de las lecturas de velocidad de la manga del rotor de 300 r/min y 600 r/min.

Los componentes deberán cumplir las siguientes especificaciones.

- **Manga del rotor**
Diámetro interior: 36,83 mm (1.450 pulgadas)
Longitud total: 87,0 mm (3,425 pulgadas)
Línea trazada: 58,4 mm (2,30 pulgadas) por encima de la parte inferior de la manga, con dos hileras de 3,18 mm (0,125 pulgadas), agujeros espaciados 120° (2,09 rad) de distancia, alrededor de la manga del rotor justo debajo de la línea trazada.
- **Bob, cerrado, con base plana y la parte superior cónica**
Diámetro: 34,49 mm (1.358 pulgadas)
Longitud del cilindro: 38,0 mm (1.496 pulgadas)
- **Muelle de torsión-Torque constante:**
386 dinas-cm/grado de deflexión
- **Velocidades de la manga del rotor**
Alta velocidad: 600 r/min
Velocidad baja: 300 r/min

NOTA Otras velocidades del rotor están disponibles en viscosímetros de distintos fabricantes.

2. **Cronómetro.**
3. **Copa del viscosímetro** controlada termostáticamente.
4. **Termómetro:** con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220°F).

-Procedimiento

1. Ponga una muestra del fluido de perforación en la copa del viscosímetro controlado termostáticamente. Deje suficiente volumen vacío (aproximadamente 100 cm³) en la copa, para el desplazamiento del fluido debido al bob del viscosímetro y la manga. Sumerja la camisa rotativa exactamente hasta la línea demarcada. Las mediciones en campo deben ser hechas con un mínimo de tiempo desde el momento del muestreo del fluido de perforación. La prueba debe llevarse a cabo en cualquiera de estas condiciones: (50 ± 1) °C [(120 ± 2) °F] o (65 ± 1) °C [(150 ± 2) °F]. El lugar del muestreo debe indicarse en el informe.

La temperatura de operación máxima recomendada es de 90°C (200°F). Si los líquidos tienen que ser probados por encima de esta temperatura, ya sea un bob de metal sólido, o un bob de metal hueco con un interior completamente seco, deben ser utilizados.

PRECAUCIÓN: líquido atrapado dentro de un bob hueco puede vaporizarse cuando se sumerge en un fluido de alta temperatura y hacer que este explote.

2. Caliente (o enfríe) la muestra a la temperatura seleccionada. Hágalo intermitente o a una constante de corte de 600 r/min para agitar la muestra durante el calentamiento (o enfriamiento) y obtener una temperatura uniforme. Después de que la temperatura de la copa alcanza la temperatura seleccionada, sumerja el termómetro en la muestra y continúe agitando hasta que la muestra alcance la temperatura deseada. Registre la temperatura de la muestra.

3. Con la manga rotando a 600 r/min, espere a que la lectura del viscosímetro llegue a un valor constante (el tiempo necesario depende de las características del fluido de perforación). Registre la lectura R_{600} en pascales para 600 r/min.
4. Reduzca la velocidad del rotor a 300 r/min y espere a que la lectura alcance un valor estacionario. Registre la lectura de R_{300} en pascales para 300 r/min.
5. Agite la muestra del fluido de perforación durante 10 s en 600 r/min.
6. Permita que la muestra de fluido de perforación repose durante 10s. Poco a poco y de manera constante gire la rueda manual en la dirección apropiada para producir una lectura positiva. Registre la lectura máxima, así como la resistencia del gel inicial. Para los instrumentos que tienen una velocidad de 3 r/min, la lectura máxima alcanzada después de comenzar la rotación en 3 r/min es la resistencia del gel inicial. Registre la resistencia de gel inicial (gel de 10 segundos) en libras por 100 pies cuadrados.

NOTA Para convertir la lectura a libras por cada 100 pies cuadrados: $1 \text{ Pa} = 0,48 \text{ lb}/100 \text{ ft}^2$.

7. Vuelva a agitar la muestra de fluido de perforación a 600 r/min durante 10s, y luego permita que el fluido de perforación esté en reposo durante 10 min. Repita las mediciones como en el paso (6) y reporte la máxima lectura para 10 minutos del gel en pascales (libras por 100 pies cuadrados).

NOTA Para convertir la lectura a libras por cada 100 pies cuadrados: $1 \text{ Pa} = 0,48 \text{ lb}/100 \text{ ft}^2$.

-Cálculos

1.

$$n_p = R_{600} - R_{300} \quad (6)$$

$$n_Y = 0.48 \times (R_{600} - n_p) \quad (7)$$

$$n_A = R_{600}/2 \quad (8)$$

Donde:

n_p es la viscosidad plástica, en milipascales segundos;

NOTA La viscosidad plástica es comúnmente conocida en la industria por la abreviatura PV.

n_Y es el yield point, en pascales;

n_A es la viscosidad aparente, en milipascales segundos;

R_{600} es la lectura a 600 r/min, en pascales (libras por 100 pies cuadrados);

R_{300} es la lectura a 600 r/min, en pascales (libras por 100 pies cuadrados);

NOTA 1 Para convertir a CGS unidades de centipoises, $1 \text{ mPa} \cdot \text{s} = 1 \text{ cP}$.

NOTA 2 Cuando calculamos valores en unidades USC, el yield point (en libras por 100 pies cuadrados) se calcula de la siguiente manera:

$$n_Y = R_{300} - n_p)$$

1.3 FILTRACIÓN

La medición del comportamiento de la filtración y de las características de la torta de filtro de un fluido de perforación base aceite, es fundamental para el tratamiento y control del mismo, por ejemplo el análisis de las características del filtrado, tales como el contenido de aceite, agua o emulsión.

Las características de filtración de un fluido de perforación base aceite son afectadas por la cantidad, tipo y tamaño de las partículas sólidas, el agua emulsionada en el fluido de perforación, y por las propiedades de la fase líquida. Las interacciones de estos diversos componentes pueden ser influenciadas por la temperatura y la presión.

Las pruebas de filtración se realizan a temperatura ambiente (baja) la temperatura y en condiciones de alta temperatura se proporcionan datos con fines de comparación. Dos procedimientos de filtración son dados: uno para pruebas de hasta 175°C (350°F) y uno para pruebas de 175°C (350°F) a 230°C (450°F). Utilice sólo el equipo de filtración y el procedimiento especificado para la temperatura requerida.

NOTA No existe un procedimiento de prueba de filtración de bajas temperaturas para fluidos de perforación base aceite que se especifique en este documento, pero se puede realizar al igual que la prueba de fluido de perforación base de agua previsto en la norma ISO 10414-1. Cualquiera de los siguientes valores 175 cm³, 250 cm³, 500 cm³, pueden ser usados para las pruebas de filtración hasta los 175°C (350°F). Para las pruebas por encima de 175°C (350°F), se utilizará únicamente la unidad 500 cm³. Esto deberá estar equipado con un termostato para medir la temperatura del fluido de perforación en la celda, y se deberá usar un filtro medio poroso.

Prueba (alta temperatura/alta presión) hasta 175°C (350°F)

-Equipo

1. **Filtro Prensa (alta temperatura/alta presión)** que consiste de:
 - **Celda del filtro**, para contener las presiones de trabajo hasta 9000 kPa (1300 psi) en la temperatura;
 - **Fuente de gas presurizado**, tal como dióxido de carbono o nitrógeno, con reguladores;

NOTA Se prefiere nitrógeno.

- **Sistema de calefacción**, para calentar a 175°C (350°F);
- **Recipiente de recolección (alta presión) para el filtrado**, manteniendo una adecuada contrapresión. (Ver Tabla 2) para evitar intermitencia o la evaporación del filtrado;
- **Celda de filtrado**, que contiene un termómetro, equipado con un extremo desmontable, un soporte de filtro-medio y con juntas resistentes al aceite.

PRECAUCIÓN No todos los equipos de los fabricantes son capaces de alcanzar las mismas temperaturas y presiones. Adhiérase rígidamente a las recomendaciones del fabricante en cuanto a volúmenes de muestra, temperaturas y presiones. El no hacerlo podría resultar en lesiones graves.

Tabla 2. Mínimo de contrapresión recomendado

Temperatura de evaluación		Presión de vapor		Mínimo de contrapresión	
(°C)	(°F)	kPa	Psi	kPa	Psi
100	212	101	14.7	690	100
120	250	207	30	690	100
150	300	462	67	690	100
Limite normal de pruebas de campo					
175	350	932	135	1104	160
200	400	1704	247	1898	275
300	450	2912	422	3105	450

Fuente: API 13B2

2. **Medio filtrante/Filtro medio⁴¹**, incluyendo Whatman N° 50 o S&S 576, o papel de filtro equivalente, para temperaturas de hasta 200°C (400°F).
3. **Temporizador mecánico o electrónico**, con al menos un intervalo de 30 min.
4. **Termómetro**, con un alcance de hasta 260°C (500°F), y con unos 12,5 cm (5 pulgadas) o tallo largo.
5. **Cilindro largo delgado graduado (TC)**, con una capacidad de 10 cm³ o 20cm³.
6. **Cilindro graduado**, opcional, (TC), con una capacidad de 25 cm³.
7. **Mezclador de campo**, de tipo copa, para operar a 10 r/min, 1000 r/min y 15000 r/min.
8. **Regla**, medida en milímetros, para medir el espesor de la torta de filtro.

-Procedimiento

1. Ponga el termómetro en el fondo de la camisa de calentamiento. Precaliente la camisa a aproximadamente 6°C (10° F) por encima de la temperatura de ensayo deseada. Ajuste el termostato a la temperatura de ensayo deseada.
 Si la unidad de filtración está equipada con un termopar para medir la temperatura del fluido de perforación dentro de la celda (temperatura de ensayo), entonces la temperatura debería ser controlada y mantenida durante el ensayo de filtración. Los resultados pueden diferir de este procedimiento estándar, que utiliza la temperatura de la pared de la celda como la temperatura de ensayo. Note si se ha utilizado el método de termopar.
2. Agite la muestra de fluido de perforación durante 5 minutos usando el mezclador de campo. Vierta la muestra de fluido en la celda del filtro, dejando por lo menos 2,5 cm (1 pulgada) de espacio en la celda para permitir la expansión del fluido. Instale el papel de filtro en la celda.
3. Complete el montaje de la celda del filtro, con dos válvulas superior e inferior cerradas, y póngalo en la camisa de calentamiento. Transfiera el termómetro de la camisa de calentamiento al fondo de la celda de filtro.
4. Conecte el recipiente de recolección del filtrado de alta presión en el vástago de la válvula inferior y fíjela en su lugar. Asegúrese de que el recipiente de recogida está completamente libre de agua o aceite.

5. Conecte la fuente de presión regulada a la válvula superior. Conecte una fuente de presión regulada similar al recipiente de recogida de filtrado, y bloquee estas conexiones en su lugar.
6. Mantenga los dos vástagos de las válvulas cerrados, ajuste la presión en el regulador de presión superior a 690 kPa (100 psi) más alto que el valor de contrapresión mínima, como se muestra en la Tabla 2. Ajuste el regulador inferior al valor mínimo de presión de retorno, como se muestra en la Tabla 2, para la temperatura de ensayo. Mantenga esta presión hasta que se alcance la temperatura de ensayo.

NOTA Si el tiempo necesario para alcanzar la temperatura de ensayo es superior a 1 h, el calentador puede ser defectuoso y la validez de la prueba es cuestionable.

7. Cuando la muestra llega a la temperatura de ensayo seleccionada, abra el vástago de la válvula inferior y aumente inmediatamente la presión en el regulador superior a 3450 kPa (500 psi) superior a la presión de retorno. Esto iniciará el proceso de filtración. Inicie el temporizador. Mantenga la temperatura de ensayo de $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5\text{ }^{\circ}\text{F}$) durante la prueba. Si la contrapresión se eleva por encima de la seleccionada durante la prueba, con cautela, aspire y recoja una porción del filtrado para reducir la contrapresión.
8. Recoja el filtrado en el largo y delgado cilindro graduado (u opcionalmente una probeta). Lea el volumen del filtrado total de 30-min (agua más aceite). Lea también los volúmenes de las fases sólida y acuosa, si están presentes.

NOTA El cilindro delgado de vidrio largo, permite la detección y la medición de los volúmenes de aceite, agua y sólidos en el filtrado más precisos. La calefacción del cilindro cerca de una interfaz de emulsión puede mejorar la separación de agua, sólidos y el aceite en el filtrado.

9. Inmediatamente después de la recolección de los 30 min de filtrado, cierre la válvula superior e inferior para contener la presión. Siga las instrucciones detalladas del fabricante, la presión de purga de los reguladores y mangueras, a continuación, desconecte el sistema de presurización. Retire la celda de la camisa de calentamiento y permita que se enfríe por debajo de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (125°F). Mantenga la celda hacia arriba durante el enfriamiento, despresurice y desmonte.

PRECAUCIÓN La presión en la celda del filtro puede ser peligrosamente alta, incluso después de que se enfríe. Abrir la celda antes de liberar la presión puede causar lesiones.

10. Purgue la presión de la celda del filtro, abriendo lentamente la válvula superior. Evite rociar fluido de perforación en forma de gas que sale. Asegúrese de que la presión se libera por completo antes de quitar el tapón. Desmonte cuidadosamente la celda.
11. Vierta el líquido de la celda.
12. Retire la torta de filtro sobre el papel filtro. Mida el espesor de la torta de filtro, en su centro, al milímetro más cercano.
13. La sedimentación de los sólidos en la torta de filtración pudo haber ocurrido durante la prueba. Observe las indicaciones de esta, tales como una torta anormalmente gruesa o de textura gruesa. Registre estas características. Para minimizar la sedimentación, los tiempos de calentamiento y enfriamiento deben ser minimizados y la torta debe ser recuperada y examinada con prontitud.

-Cálculos

1. El volumen de filtrado se debe corregir a un área de filtro de 4580mm² (7.1 pulgadas²). Las celdas de filtración HT / HP por lo general tienen la mitad del área de filtro estándar o 2258 mm² (3,5 pulg²), por lo tanto el doble del volumen observado antes reportado.
2. Reporte el espesor de la torta en el milímetro más acertado (32nd pulgadas).

Prueba (alta temperatura / alta presión) desde 175°C (350°F) hasta e incluyendo 230°C (450°F)

-Equipo

1. **Filtro-prensa HT/HP**, que consta de los siguientes componentes:
 - **La celda del filtro**, para contener las presiones de trabajo de hasta 14.500 kPa (2.250 psi) a una temperatura de 230°C (450°F);
 - **Fuente de gas presurizado**, tal como dióxido de carbono o nitrógeno con reguladores;
 - **Sistema de calefacción**, para calentar hasta 230°C (450°F);
 - **Recipiente de recogida de filtrado de alta presión**, mantenido a contrapresión adecuada (ver Tabla 2), para evitar intermitencia o evaporación del filtrado;
 - **Celda del filtro**, equipado con un **termopar-termoeléctrico** interno para controlar la temperatura de una muestra de fluido de perforación cerca de su centro en la celda, equipado con sellos de aceite-resistente.

NOTA Los vástagos de las válvulas en cada extremo de la celda pueden ser abiertos o cerrados durante una prueba.

PRECAUCIÓN No todos los equipos de prueba de filtración están calificados para realizar de forma segura a temperaturas y presiones requeridas este procedimiento. Es esencial seguir las recomendaciones del fabricante resguardando la máxima seguridad de operación de la temperatura, presión y volúmenes de la muestra. El no hacerlo podría resultar en lesiones. Los 175 cm³ y 250 cm de las celdas de filtración no se recomiendan para usarse en estas condiciones de altas temperaturas y presiones.

No utilice cartuchos de óxido nitroso como fuentes de presión para la filtración de HT / HP. Bajo condiciones de temperatura y presión, el óxido nitroso puede detonar en presencia de grasa, aceite o materiales carbonosos. Los cartuchos de óxido nitroso sólo se utilizarán para el análisis "Garrett gas train carbonate" (véase el anexo I).

2. **Filtro medio**, Dynalloy X-5²ⁱⁱ o el equivalente a un disco poroso, para temperaturas superiores a 200°C (400°F). Se requiere un nuevo disco para cada prueba.
3. **Temporizador mecánico o electrónico**, con al menos un intervalo de 30 min.
4. **Termómetro**, capaz de medir hasta 260°C (500°F) con 20 cm (8 pulgadas) o de vástago largo.
5. **Cilindro graduado largo y delgado (TC)**, con un volumen de 10 cm³ o 20 cm³.
6. **Cilindro graduado**, opcional (TC), con un volumen de 25 cm³.
7. **Mezclador de campo**, de tipo copa, para funcionar a 10 r/min, 1000 r/min y 15.000 r/min.
8. **Regla**, graduada en milímetros (o pulgadas), para medir el grosor de torta de filtro.

-Procedimiento

1. Coloque el termómetro en el fondo de la camisa de calentamiento. Precaliente la camisa a aproximadamente 6 °C (10 °F) por encima de la temperatura de ensayo deseada. Ajuste el termostato a la temperatura de ensayo.
2. Agite la muestra de fluido de perforación durante 5 minutos usando el mezclador de campo. Vierta la muestra de fluido en la celda del filtro, dejando por lo menos 2,5 cm (1 pulgada) de espacio en la celda para permitir la expansión del fluido de perforación. Instalar el filtro medio en la celda.
3. Complete el montaje de la celda del filtro. Instale el termopar dentro de la celda para controlar la temperatura del fluido cerca de su centro. Ponga la celda, con los vástagos de las válvulas superior e inferior cerrados, en la camisa de calentamiento. Conecte el termopar al instrumento de lectura de la temperatura y determine que esta leyendo correctamente.
4. Conecte el recipiente de recolección del filtrado de alta presión en el vástago de la válvula inferior y fijelo. Asegúrese de que el recipiente de recolección del filtrado está libre de agua residual o aceite.
5. Conecte la fuente de presión a la válvula superior. Conecte una fuente de presión similar a la taza de recolección inferior y bloquee estas conexiones en su lugar.
6. Mantenga los dos vástagos de las válvulas cerrados, ajuste la presión en el regulador de presión superior a 690 kPa (100 psi) más alta que el valor de contrapresión mínima, como se muestra en la Tabla 2. Ajuste el regulador inferior al valor mínimo de presión de retorno, como se muestra en la Tabla 2, para la temperatura de ensayo. Mantenga esta presión hasta que se alcance la temperatura de ensayo.
7. Cuando la muestra llega a la temperatura de ensayo seleccionada, como se indica por el termopar, abra el vástago de la válvula inferior y aumente inmediatamente la presión en el regulador superior a 3450 kPa (500 psi) por encima de la contrapresión. Esto iniciará el proceso de filtración. Inicie el temporizador. Mantenga la temperatura de ensayo con una precisión ± 3 °C (± 5 °F) durante la prueba. Si la contrapresión se eleva por encima de la contrapresión seleccionada durante la prueba, con cautela, aspire y recoja una porción del filtrado para reducirla.
8. Recoja el filtrado en el cilindro largo y delgado (u opcionalmente un cilindro graduado). Registre el volumen del filtrado de un total de 30-min (agua más aceite). También registre los volúmenes de las fases sólidas y agua, si están presentes.
9. Inmediatamente después de la recolección del filtrado a los 30 min, cierre los vástagos de las válvulas superior e inferior para contener la presión. Siga las instrucciones detalladas del fabricante, sobre la presión de purga de los reguladores y mangueras, a continuación, desconecte el sistema de presurización. Retire la celda de la camisa de calentamiento y permita que se enfríe por debajo de 50 °C (125 °F). Mantenga la celda en posición vertical durante el enfriamiento, la despresurización y el desmontaje.

PRECAUCIÓN La presión en la celda del filtro puede ser peligrosamente alta, incluso después de que esta se enfría. La apertura de la celda antes de liberar la presión puede causar lesiones.

10. Purgue la presión de la celda del filtro, abriendo lentamente la válvula superior. Evite rociar fluido de perforación en forma de gas que sale del vástago. Asegúrese de que la presión se libera por completo antes de quitar el tapón. Desmonte cuidadosamente la celda.
11. Vierta el líquido de la celda.
12. Retire la torta de filtración sobre el filtro medio. Mida su espesor, en su centro, al milímetro más cercano.

13. La sedimentación de sólidos en la torta de filtración pudo haber ocurrido durante la prueba. Observe las indicaciones de esta, tales como una torta anormalmente gruesa o de textura gruesa. Registre estas características de la torta. Para minimizar la sedimentación, los tiempos de calentamiento y enfriamiento deben ser minimizados y la torta debe ser recuperada y examinada con prontitud.

-Cálculos

1. El volumen de filtrado se debe corregir a un área de filtro de 4580mm^2 (7.1 pulgadas²). Las celdas de filtración HT / HP por lo general tienen la mitad del área de filtro estándar o 2258 mm^2 (3,5 pulg²), por lo tanto el doble del volumen observado antes reportado.
2. Reporte el espesor de la torta en el milímetro más acertado (32nd pulgadas).

1.4 PRUEBA DE LA RETORTA PARA EL CONTENIDO DE ACEITE, AGUA Y SÓLIDOS

Una prueba de retorta mide el agua y el aceite liberados de una muestra de fluido de perforación base aceite, cuando esta se calienta en un calibrado y correctamente operado instrumento de retorta.

El conocimiento de los contenidos de agua, aceite y sólidos es fundamental para el control adecuado de las propiedades del fluido de perforación, tales como relación de aceite / agua, reología, densidad, filtración y la salinidad de la fase acuosa. El conocimiento de los sólidos en un fluido de perforación base de aceite es esencial para la evaluación de los equipos de control de sólidos.

En una prueba de retorta, un volumen conocido de fluido de perforación base aceite se calienta en un instrumento de retorta para vaporizar los componentes líquidos. Estos vapores se condensan y se recogen en un receptor de precisión-graduada. La fracción de volumen, expresado como un porcentaje, de los sólidos de la retorta se calcula restando el volumen total de líquido del volumen inicial de fluido de perforación base aceite y dividiendo por el volumen inicial.

Equipo

1. Instrumento de retorta.

- **Montaje de la retorta**, que incluye un cuerpo de retorta, taza y tapa construida de acero inoxidable 303 o equivalente.
Las medidas estándar de las tazas son 10 cm³ (precisión ± 0,05 cm³), 20 cm³ (precisión ± 0,1 cm (precisión ± 0,25 cm³)). El volumen de la taza de la retorta con tapa, debe ser verificado por gravimetría. El procedimiento y los cálculos se indican en el **anexo J**.
NOTA Otras medidas de las tazas de muestra están disponibles por los fabricantes de estos equipos.
- **Condensador**, capaz de enfriar los vapores de aceite y agua por debajo de su temperatura de vaporización.
- **Cámara de calefacción**, potencia nominal de 350 W.
- **Controlador de temperatura**, capaz de limitar la temperatura de la retorta a 500°C ± 40°C (930°F ± 70°F).

2. Receptor de líquido (TC), artículo de vidrio cilíndrico de diseño especial con un fondo redondeado para facilitar la limpieza y una tapa en forma de embudo para atrapar la caída de gotas, reúne los siguientes requisitos:

Volumen total:	10 cm ³	20 cm ³	50 cm ³
Precisión (0 %-100 %):	± 0,05 cm ³	± 0,05 cm ³	± 0,05 cm ³
Frecuencia de las marcas de graduación (0 %-100 %):	0.10cm ³	0.10cm ³	0.50cm ³

Calibración: Contener "TC" a 20°C (68°F).

Escala: mililitros, centímetros cúbicos o fracción volumétrica (en porcentaje).

Material: transparente e inerte al aceite, el agua y las soluciones de sal a temperaturas de hasta 32°C (90°F). El volumen receptor debe ser verificado por gravimetría. El procedimiento y los cálculos se indican en el **anexo J**.

3. **Lana de acero fina, libre de aceite**. "Lana de acero líquido" o sustitutos de lana de acero recubiertas no se utilizarán para esta aplicación.
4. **Grasa de silicona resistente a altas temperaturas**, para ser utilizado como un sello de rosca y lubricante.
5. **Tubos limpiadores**.
6. **Sacacorchos**.

7. **Jeringa**, de capacidades: 10cm³, 20cm³ o 50cm³ para llenar la taza de la retorta.
8. **Marsh funnel** (embudo).

Procedimiento

1. Asegúrese que el recipiente para la muestra de retorta, el condensador y el recipiente de líquidos están limpios, secos y refrigerados luego de su anterior uso. Limpie a fondo el interior de la taza de la muestra y la tapa con un cuchillo de masilla o una espátula antes de cada prueba. Periódicamente, el interior de la taza de la muestra debe ser también ligeramente pulido con lana de acero. El condensador también debe limpiarse y secarse antes de cada prueba usando tubos limpiadores. Una acumulación de material en el condensador puede disminuir la eficiencia de la condensación y causar lecturas erróneas de líquidos en una prueba.
2. Recoja una muestra representativa de los fluidos de perforación base aceite y deje que se enfríe a aproximadamente 26°C (80°F). Extienda la muestra de prueba a través de los 1,68 mm (0,066 in) de malla 12) de todo el Marsh funnel para eliminar el material de pérdidas de circulación, grandes recortes o desechos.
3. Mezcle la muestra de fluido de perforación en el fondo para asegurar su homogeneidad. Tenga cuidado de no atrapar aire y asegúrese de que no hay sólidos en el fondo del envase.
4. Llene la taza de la retorta lentamente para evitar que quede aire atrapado. Golpee ligeramente el lateral de la taza para expulsar el aire. Coloque la tapa en el recipiente. Gire la tapa para obtener un ajuste adecuado. Asegúrese de que un pequeño exceso de fluido de perforación fluye fuera del agujero en la tapa. Limpie el exceso de muestra de la tapa, evitando que absorba los fluidos de perforación.
5. Empaque la capa de la retorta con lana de acero.
6. Aplique lubricante/sellador a las roscas del recipiente de la retorta. Con la tapa en su lugar, apriete a mano la taza.
7. Aplique lubricante/sellador a las roscas del vástago de la retorta y conecte el condensador. Coloque el montaje de la retorta en la camisa de calentamiento. Cierre la tapa aislante.
8. Ponga el recipiente de líquido limpio y seco por debajo de la salida del condensador.

NOTA La longitud del recipiente puede requerir que sea inclinado hacia fuera de la retorta y tal vez apoyado en el borde de la mesa de trabajo.

9. Encienda la camisa de calentamiento, y deje que el montaje de la retorta corra un mínimo de 45 min. Si el fluido de perforación se desborda en el recipiente, empaque la capa de la retorta con una mayor cantidad de lana de acero y repita la prueba.
10. Retire el líquido recogido y deje que se enfríe. Registre el volumen, el volumen total de aceite líquido y el volumen de agua en el receptor.

NOTA Si una interfaz de emulsión está presente entre las fases de aceite y agua, caliente la interfaz para que se pueda romper la emulsión. Como sugerencia, retire el montaje de la retorta de la camisa de calentamiento, sujetando el condensador. Caliente con cuidado el receptor a lo largo de la banda de emulsión tocando suavemente el receptor por intervalos cortos con el montaje de la retorta caliente. Evite la ebullición del líquido. Después de que la interfaz de la emulsión se rompa, deje que el líquido depositado se enfríe. Registre el volumen de agua en el punto más bajo del menisco.

11. Apague la camisa de calentamiento, y deje que el montaje de la retorta se enfríe antes de limpiarlo.

-Cálculos

Utilizando los volúmenes medidos de aceite y agua y el volumen de la muestra original del fluido de perforación (10 cm³, 20 cm³ o 50 cm³), calcule, en forma de porcentajes, las fracciones de volumen de agua, aceite y sólidos totales en el fluido de perforación.

1. Fracción volumétrica de aceite:

$$\varphi_o = 100 \times \frac{V_o}{V_s} \quad (9)$$

Donde,

φ_o es la fracción de volumen de aceite, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra;

V_o es el volumen de aceite, en mililitros;

V_s es el volumen de la muestra de fluido de perforación, en mililitros.

2. Fracción volumétrica de agua:

$$\varphi_w = 100 \times \frac{V_w}{V_s} \quad (10)$$

Donde,

φ_w es la fracción de volumen de agua, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra;

V_w es el volumen de agua, en mililitros;

V_s es el volumen de la muestra de fluido de perforación, en mililitros.

3. Fracción volumétrica de los sólidos de la retorta:

$$\varphi_s = 100 - (\varphi_w + \varphi_o) \quad (11)$$

Donde,

φ_s es la fracción de volumen de los sólidos de la retorta, expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra.

NOTA Los sólidos de la retorta calculados sobreestiman el volumen de sólidos en suspensión debido a las sales disueltas. Una corrección volumétrica para la salinidad se puede hacer usando los factores de volumen conocido para soluciones de sal (ver cláusula 11).

1.5 ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE ACEITE

El procedimiento de prueba de la alcalinidad de todo fluido de perforación es un método de titulación que mide el volumen de ácido de referencia necesario para reaccionar con materiales alcalinos (básicos), en una muestra de fluido de perforación base aceite.

El valor de la alcalinidad se utiliza para calcular la concentración de cal sin reaccionar, el "exceso" en el fluido de perforación base aceite. El exceso de materiales alcalinos, como la cal, ayudan a estabilizar la emulsión y también neutralizar el dióxido de carbono o de hidrógeno de sulfuro de los gases ácidos.

El procedimiento de prueba del cloruro en el fluido de perforación es un método de titulación que mide el volumen de nitrato de plata estándar requerido para reaccionar con los iones de cloruro (y otros haluros) para formar sales como cloruro de plata insoluble (o haluro de plata).

El procedimiento de prueba puede utilizar la misma muestra que la prueba de alcalinidad, siempre que la muestra sea ácida (pH inferior a 7,0). El valor del cloruro reportado en todo el fluido de perforación base aceite se puede asignar a la fase de agua hasta el punto de saturación. La concentración de sal soluble en agua está relacionada con la eficacia de un fluido de perforación base aceite en el control del shale a través del concepto "actividad de la fase acuosa". También se necesita el valor de la salinidad de la fase acuosa para ajustar el valor del agua de la retorta y obtener un contenido de sólidos corregido para el fluido de perforación base aceite.

El análisis de calcio en todo el fluido de perforación es un método de titulación que mide el volumen de un agente de quelación de calcio estándar (EDTA) requerido para reaccionar con todo el calcio (y otros iones alcalino-térreos solubles en agua), liberado del fluido de perforación base aceite en la fase acuosa, cuando se utiliza una mezcla de disolventes para extraer el fluido de perforación base de aceite. El calcio medido en esta prueba puede venir a partir del cloruro de calcio (CaCl_2) y cal [CaO o $\text{Ca}(\text{OH})_2$] utilizado para preparar el fluido de perforación, pero otro calcio podría provenir del yeso o anhidrita (CaSO_4).

Además, algún calcio normalmente insoluble se podría medir a partir de carbonato de calcio perforado o a partir del carbonato de calcio que se utiliza como un aditivo de fluido de perforación. Los resultados del análisis de calcio se pueden utilizar, junto con las pruebas de cloruro y de contenido de agua, para calcular el CaCl_2 y cloruro de sodio (NaCl) de la salinidad de la fase acuosa del fluido de perforación.

Este análisis de calcio excluye los iones de magnesio (Mg^{2+}). Si se esperan Mg^{2+} , el calcio y el magnesio especial de la titulación y los procedimientos de cálculo deben ser arreglados por el técnico y/u operador del fluido de perforación.

Procedimientos para los cálculos basados en estos análisis químicos se proporcionan en la cláusula 11.

Incluyendo en estos procedimientos una etapa de filtración opcional, puede eliminar la interferencia del color de la muestra de fluido. Un ejemplo es cuando el fluido de perforación contiene hematita. La filtración hace que sea más fácil ver los puntos finales para todas las titulaciones, incluyendo la prueba de calcio, incluso cuando la hematita no está presente, sin embargo, tenga en cuenta que la alcalinidad se puede bajar por filtración.

Se debe tener cuidado en la obtención de muestras para asegurar la homogeneidad. La sedimentación o separación en el recipiente de la muestra puede conducir a resultados erróneos, por lo tanto, agitar el contenedor puede ser necesario. Otros factores a considerar incluyen la vida útil de los reactivos de prueba de las soluciones, la contaminación cruzada de las pipetas y la contaminación del agua si no es de fuente destilada o desionizada. Para evitar la contaminación cruzada, las pipetas nunca deben usarse durante más de una (1) solución de reactivos. Todas las soluciones de reactivos deben estar bien cerradas cuando no estén en uso y desecharlas adecuadamente según las instrucciones del proveedor cuando se produzca la fecha de caducidad.

La media de titulación utilizada para la determinación alcalinidad en el fluido de perforación base aceite se consume una pequeña cantidad de alcalinidad. Esto ha sido etiquetado como Base de alcalinidad demandada (BAD). El BAD se puede determinar mediante el uso de 0,1 N de hidróxido de sodio para titular el punto final de fenolftaleína de la matriz de valoración sin ningún fluido de perforación. Una vez determinado, el BAD se puede añadir a la medición de alcalinidad para el fluido de perforación base aceite para obtener una representación más precisa del contenido de alcalinidad/cal.

NOTA La corrección BAD no se puede aplicar a fluidos que no presentan ninguna alcalinidad.

La suposición de que la cal es 100% activa puede llevar a una confusión al comparar los resultados de alcalinidad con el valor de alcalinidad esperado basado en adiciones de cal. El grado de cal en campo es normalmente menos de 100% activo. Para reconciliar las diferencias entre lo calculado contra la cal añadida, será necesario determinar la actividad de la fuente de alcalinidad (cal). Hay un procedimiento publicado, **ASTMC25**, que puede ser utilizado para la cal de ensayo en campo.

Equipos y Reactivos

1. **Solvente**, que consiste en propilenglicol éter normal-propilo (PNP) (Nº CAS 1569-01-3)
2. **Recipiente de titulación**, vaso de precipitados de 400 cm³, con tapa, o un frasco.
3. **Fenolftaleína (CAS No. 77-09-8)** solución indicadora, 1 g/100 cm³ en 1:1 isopropanol: Solución de agua.
4. **Solución de ácido sulfúrico (CAS No. 7664-93-9)**, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,05 \text{ mol/l}$.
5. **Cromato de potasio (CAS No. 7789-00-6)** Solución indicadora, 5 g/100 cm³ de agua.
6. **Nitrato de plata (CAS No. 7761-88-8)**, Reactivo de $c(\text{AgNO}_3) = 47,91 \text{ g/l}$ [$c(\text{Cl}^-) = 0,01 \text{ g/cm}^3$ o 0.282 mol/l], almacenada en una color ámbar o opaca botella.
7. **Agua destilada o desionizada.**
8. **Jeringa desechable**, dos de 5 cm³.
9. **Cilindro graduado (TC)**, uno de 25 cm³.
10. **Pipetas graduadas (TD)**, dos 1 cm³ y dos de 10 cm³

NOTA Un par (1 cm³ y 10 cm³) de pipetas para el ácido sulfúrico y un par para el nitrato de plata.

11. **Pipeta balón.**
12. **Agitador magnético**, con 4 cm (1,5 pulgadas) barra de agitación (recubierto).
13. **Solución amortiguadora para el calcio**, $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/l}$ (Nº CAS 1310-73-2; NaOH) preparada a partir de hidróxido de sodio de calidad fresca "certificado ACS", que contiene menos de 1% de fracción de masa de carbonato de sodio.

NOTA Mantenga solución amortiguadora de calcio en una botella cerrada para minimizar la absorción de CO₂ del aire.

14. **Indicador de calcio**, tipo Calver rOll^{iii} o hidroxinaftol azul (CAS No. 63451-35-4).
15. **Solución EDTA (CAS No. 139-33-3)**, c (EDTA) 0,1 mol/l, disódico hidrato estandarizada etilendiamina-tetraacetato (1 cm³ = 10000 mg/l CaCO₃, 1 cm³ = 4000 mg/l de Ca⁺⁺).

NOTA Esta solución de EDTA es diez veces más concentrada que la utilizada en las pruebas de fluido de perforación base agua.

16. **Solución de hidróxido de sodio (CAS N ° 1310-73-2)**, c (NaOH) = 1 mol/l.
17. **Filtro prensa API (Baja temperatura/Baja presión).**
18. **Papel filtro Whatman 50, S&S 376, o su equivalente.**
19. **Fuente de presión del filtro prensa**, la presión se puede aplicar con cualquier medio fluido no peligroso, ya sea gas o líquido, excepto el CO₂ comprimido.

Base de alcalinidad demandada (BAD)

Procedimiento

1. Añada 100 cm³ de PNP solvente en un Baker de 400 cm³.
2. Agregue 200 cm³ de agua destilada (o desionizada).
3. Añada 15 gotas de solución indicadora de fenolftaleína.
4. Mientras se agita con un agitador magnético de tal manera que el vórtice esté a la mitad de la altura del líquido, titule inmediatamente con 0,1 mol/l de hidróxido de sodio hasta que aparezca el color rosa.

NOTA La técnica de agitación es importante porque una agitación muy vigorosa producirá resultados erróneos.

5. Continúe la agitación durante 5 min. Si el color rosa se mantiene, se ha alcanzado el punto final. Si el color rosa desaparece, repita el paso 3.

-Cálculos

1. $\text{BAD} = 0,1 \text{ mol/l de hidróxido de sodio, cm}^3$ (12)

Alcalinidad del fluido de perforación

-Procedimiento

1. Añada 100 cm³ de PNP solvente en un Baker de 400 cm³.
2. Llene la jeringa de 5cm³ con fluido de perforación más allá de la marca de 3cm³.
3. Agregue 2,0 cm³ de fluido de perforación en el Baker.
4. Agite el fluido de perforación base aceite y el solvente hasta que la mezcla sea homogénea.
5. Agregue 200 cm³ de agua destilada (o desionizada). Si no se necesita la filtración, pase al punto 7.
6. (Filtración Opcional) Agite la mezcla durante 5 min con un agitador magnético de tal manera que el vórtice esté a la mitad de la altura del líquido.
 - Vierta la mezcla en un filtro prensa API de (Baja temperatura/Baja presión), equipado con papel de filtro.

- Cierre la celda y aplique una presión 690 kPa (100 psi). No utilice cartuchos de CO₂ u otras botellas de CO₂ como fuente de presión.
 - Recoja todo el filtrado en un vaso de precipitados limpio hasta que la celda esté seca.
 - Use todo el filtrado y continúe con el paso 7.
7. Añada 15 gotas de solución indicadora de fenolftaleína.
 8. Mientras se agita con un agitador magnético de tal manera que el vórtice esté a la mitad de la altura del líquido, titule inmediatamente con 0,1 mol/l de ácido sulfúrico hasta que desaparezca el color rosa.

NOTA 1 La técnica de agitación es importante porque una agitación muy vigorosa producirá resultados erróneos.

NOTA 2 Puede ser necesario detener la agitación de la mezcla y permitir la separación de las dos fases con el fin de ver más claramente el color en la fase acuosa.

9. Continúe la agitación durante 5 min. Si el color rosa no reaparece, se ha alcanzado el punto final. Si el color rosa regresa, repita el paso 8. Registre el volumen de 0,1 mol/l de ácido sulfúrico ($V_{H_2SO_4}$), en mililitros.
10. Utilice 0.1 mol/l de solución de ácido sulfúrico, expresado en mililitros, requerido al alcanzar el punto final, para calcular la alcalinidad del fluido de perforación (Alk_{TOT}).

-Cálculos

1.

$$V_{SA} = (V_{H_2SO_4} + BAD) / V_S \quad (13)$$

$$Cal_{OM} , \frac{lb}{bbl} = 1.295 V_{SA} \quad (14)$$

$$Cal \text{ en campo} , \frac{lb}{bbl} = Cal_{OM} , \frac{lb}{bbl} / Cal \text{ de prueba} ; \text{fracción en peso.} \quad (15)$$

Donde:

V_{SA} es la alcalinidad del fluido de perforación;

$V_{H_2SO_4}$ es el volumen de 0,05 mol/l de ácido sulfúrico, en mililitros;

V_S es el volumen de la muestra de fluido de perforación, en mililitros.

NOTA V_{SA} es el equivalente al P_{OM} usado en previas ediciones de esta norma. BAD es el cm³ de 0,1 mol/l de la sln de hidróxido de sodio requerida al encontrar el punto final de la fenolftaleína, en la titulación del fluido matriz sin fluido de perforación. La cal de campo hace referencia a la cantidad de grados de cal de campo que debe ser añadida a un sistema de fluido de perforación para alcanzar una concentración de cal objetivo. Este grado es por lo general menos de 100% activa.

Contenido de cloruros del fluido de perforación

Procedimiento

1. Lleve a cabo los procedimientos de alcalinidad en el paso 1 para la evaluación de la **alcalinidad del fluido de perforación** hasta su paso 10.

Asegúrese de que la mezcla que se titula para el cloruro es ácida (por debajo de pH 7,0) mediante la adición de 10 a 20 gotas, o más, de 0,05 mol/l de ácido sulfúrico.

2. Agregue de 10 a 15 gotas de la solución del indicador de Cromato de potasio [9.2 e)].
3. Titule lentamente con 0,282 mol/l de reactivo de nitrato de plata [9.2.f)], mientras agita rápidamente con un agitador magnético, hasta obtener un color rosa salmón que permanezca estable durante al menos 1 min. Puede ser necesario detener la agitación de la mezcla y permitir la separación de las dos fases con el fin de ver más claramente el color en la fase acuosa.

NOTA Una adicional solución indicadora de Cromato de potasio puede ser necesaria durante el proceso de titulación.

4. Utilice 0,282 mol/l de reactivo de nitrato de plata necesario (V_{AgNO_3}) en mililitros para llegar al punto final en el paso 3 del la prueba de alcalinidad, para calcular el contenido de cloruros del fluido de perforación $c(Cl^-)_{TOT}$.

-Cálculos

1.

$$c(Cl^-)_{TOT} = (10000 \times (V_{AgNO_3}) / V_S) \quad (16)$$

Donde:

$c(Cl^-)_{TOT}$ contenido de cloruros del fluido de perforación, en miligramos por litro;
 (V_{AgNO_3}) es el volumen de 0,282 mol/l de reactivo de nitrato de plata, en mililitros;
 V_S es el volumen de la muestra del fluido de perforación, en mililitros.

Contenido de calcio del fluido de perforación

Procedimiento

1. Añada 100 cm³ de solvente PNP a un recipiente de titulación tapado.
2. Llene la jeringa de 5 cm³ más allá de la marca de 3 cm³ de fluido de perforación base aceite.
3. Vierta 2,0 cm³ de fluido de perforación base aceite en el recipiente de titulación.
4. Agite el fluido de perforación base aceite y el solvente hasta que la mezcla sea homogénea.
5. Agregue 200 cm³ de agua destilada o desionizada al recipiente de titulación.
6. (Opcional) Si se necesita la filtración, agite la mezcla durante 5 min con un agitador magnético de tal manera que el vórtice esté a la mitad de la altura del líquido.
 - Vierta la mezcla en un filtro prensa API (baja-temperatura/baja-presión) equipado con papel de filtro.
 - Cierre la celda y aplique una presión de 690 kPa (100 psi). No utilice cartuchos de CO₂ u otras botellas de CO₂ como fuente de presión.
 - Recoja todo el filtrado en un vaso de precipitados limpio hasta que esté seco.
 - Use todo el filtrado y continúe con el paso 6 de la prueba para evaluar el contenido de calcio.
7. Añada 6,0 cm³ de la solución amortiguadora de hidróxido de sodio.
8. Añada de 0,7 g a 1,0 g de indicador de calcio CalverII®.
9. Ubique el recipiente de titulación con el agitador magnético y agite.
10. Titule muy lentamente, agregando 0,1 mol/l de EDTA , gota a gota , de la pipeta mientras se agita sólo lo suficientemente rápido como para agitar la fase acuosa (inferior) sin volver a mezclar las fases superior e inferior . Un cambio de color distinto del color de rojizo a un

color azul-verde se produce en el punto final. Anote el volumen de EDTA añadido (V_{EDTA}) en mililitros.

11. Utilice el volumen de EDTA necesario (V_{EDTA}) para llegar al punto final en el paso 10 de la prueba para el calcio anterior, y calcule el contenido total de calcio del fluido de perforación, $c(Ca^{++})_{TOT}$.

-Cálculos

1.

$$c(Ca^{++})_{TOT} = (4000 \times V_{EDTA}) / V_S \quad (17)$$

Donde:

$c(Ca^{++})_{TOT}$ es el contenido de calcio del fluido de perf en miligramos por litro;

V_{EDTA} es el volumen de 0,1 mol/l de EDTA, en mililitros;

V_S es el volumen de la muestra del fluido de perforación, en mililitros.

1.6 PRUEBA DE ESTABILIDAD ELÉCTRICA

La estabilidad eléctrica (ES) de un fluido de perforación base aceite es una propiedad relacionada con la estabilidad de la emulsión y la capacidad humectante del aceite. La (ES) se determina mediante la aplicación de una señal eléctrica sinusoidal de (tensión - en rampa) a través de un par de electrodos de placa plana, paralelos inmersos en el fluido de perforación. La corriente resultante se mantiene baja hasta que se alcanza la tensión de umbral, después de lo cual la corriente aumenta muy rápidamente. Esta tensión de umbral se conoce como la (ES) del fluido de perforación base aceite y se define como la tensión (en voltios pico) medida cuando la corriente llega a $61 \mu\text{A}$.

NOTA La onda sinusoidal es especificada para los resultados de la rampa de tensión en el más eficiente energizante de los fluidos y genera valores de (ES) considerablemente inferiores (de menos de la mitad) que la forma de onda de punta del instrumento descrito en anteriores ediciones de la norma 10414-2/RP 13B- 2 . La simetría de la señal sinusoidal también inhibe la acumulación de sólidos en las caras de los electrodos y mejora la reproducibilidad.

Para mejorar aún más la reproducibilidad, las especificaciones del instrumento incluyen rampa de voltaje automático con una rata de rampa fija.

La Composición química y la el corte histórico de un fluido de perforación controlan la magnitud absoluta de la (ES) de manera compleja. En consecuencia, la interpretación del estado de la humectabilidad de un fluido de perforación, a partir de una única medida de la (ES) no es apropiado. Sólo las (ES) frecuentes (tendencia) se utilizarán para tomar decisiones de tratamientos.

-Equipo

1. **Medidor de estabilidad eléctrica**, con las siguientes características:

Forma de onda:	seno, <5% de distorsión armónica total;
Frecuencia AC:	340 Hz \pm 10 Hz;
Unidades de salida:	voltios Peak;
Tasa/rata de rampa:	50 V/s \pm 10 V/s, funcionamiento automático;
Rango:	3 V a 2 000 V (peak);
Corriente de viaje:	61 μA \pm 5 μA (peak).

2. **Electrodos**, con las siguientes características:

Housing:	material resistente a los componentes de fluidos de perforación base aceite de hasta 105 °C (220 °F);
Material:	metal resistente a la corrosión;
Diámetro:	3,18 mm \pm 0,03 mm (0,125 \pm 0,001 en pulgadas);
Espaciado (gap):	1,55 mm \pm 0,03 mm (0,061 \pm 0,001 en pulgadas) a 22 °C (72 °F).

3. **Calibración resistores/diodos**, con las siguientes características:

Número:	dos (bajo y alto);
Tipos:	resistores estándar o diodos Zener;
Rango:	dar lecturas de (ES) de: (a) bajas: 500V a 1000V (b) altas: > 1 900 V;

Precisión: 2% de lo esperado del voltaje, temperatura corregida por la Tabla del fabricante (si es necesario y proporcionado).

NOTA Las resistencias estándar se utilizan para comprobar la relación entre la lectura de voltaje y la corriente de disparo. Los diodos Zener comprueban la lectura de voltaje

directamente. La óptima fiabilidad del desempeño del medidor de (ES) se obtiene a partir de pruebas con resistencias y diodos.

4. **Termómetro**, con un rango de 0 °C a 105 °C (32 °F a 220 °F).
5. **Marsh Funnel**.
6. **Viscosímetro controlado termostáticamente**.
7. **Isopropanol** (CAS No. 67-63-0).

Prueba de calibración/rendimiento del Equipo

1. Inspeccione la sonda del electrodo y el cable para detectar daños.
2. Asegúrese de que todo el espacio del electrodo esté libre de depósitos, y que el conector al instrumento esté limpio y seco.
3. Desconecte la sonda del electrodo (si es posible) y corra una prueba de rampa de tensión, siguiendo las instrucciones en el manual del medidor de (ES). Si el medidor está funcionando correctamente, la lectura de la (ES) debería alcanzar el voltaje máximo permitido por el instrumento.
4. Vuelva a conectar la sonda de electrodo al medidor de (ES) y repita la prueba de rampa de tensión en aire. Una vez más, la lectura de (ES) debe alcanzar la tensión máxima permitida. Si no, puede ser necesario limpiar o sustituir la sonda del electrodo y el conector.
5. Repita la prueba de rampa de tensión con la sonda del electrodo en agua del grifo. La lectura de la (ES) no debe exceder de 3V. Si la (ES) excede 3V, o bien limpie la sonda del electrodo, o sustitúyala.
6. Compruebe la exactitud del medidor de (ES) con las resistencias estándar y/o diodos Zener (véase la calibración de los resistores/diodos). Las lecturas de (ES) deben estar dentro del 2,5% (incertidumbre combinada de medidor/resistencias/diodos) de los valores esperados. Si alguna de las lecturas de (ES) caen fuera de este rango, el instrumento debe ser devuelto al proveedor para su ajuste o reparación.

NOTA En **Prueba de calibración/rendimiento del Equipo**, no se comprueba la forma de onda, frecuencia AC o la rata de rampa. Haga que el medidor de (ES) y la sonda del periódicamente sean verificados por un técnico calificado para asegurarse de que ambas unidades cumplen con todas las especificaciones.

Medidas de estabilidad eléctrica (ES)

1. Verifique la calibración/rendimiento del equipo como se describe en el anteriormente.
2. Vierta la muestra de fluido de perforación a través del Marsh funnel.
3. Lleve la muestra de fluido de perforación al viscosímetro cup mantenido a 50 °C ± 2 °C (120 °F ± 5 °F). Registre la temperatura del fluido de perforación.
4. Limpie el cuerpo de la sonda del electrodo minuciosamente frotando con una toalla de papel limpia. Pase la toalla a través de la separación de electrodos un par de veces. Agite la sonda de electrodo en la base de aceite utilizada para formular el fluido de perforación. Si la base de aceite no está disponible, otro aceite o un solvente suave, tal como isopropanol, es aceptable. Limpie y seque la sonda de electrodo como antes.

NOTA No utilice soluciones detergentes o disolventes aromáticos, tales como xileno, para limpiar la sonda de electrodo o cable.

5. Agite a mano la muestra de 50°C (120°F) con la sonda del electrodo durante aproximadamente 10 s para garantizar que la composición y la temperatura del fluido de perforación son uniformes. Coloque la sonda del electrodo de modo que no toque el fondo o los lados del recipiente, y asegúrese de que las superficies de los electrodos están completamente cubiertas por la muestra.

6. Comience la prueba tensión de rampa. Siga el procedimiento descrito en el manual de instrucciones del medidor de (ES). No mueva la sonda del electrodo durante esta prueba.
7. Al término de la prueba de tensión de rampa, anote el valor (ES) mostrada en el dispositivo de lectura.
8. Repita el procedimiento con la misma muestra de fluido de perforación. Los dos valores de (ES) no deben diferir en más de un 5%. Si la diferencia es superior al 5%, compruebe el medidor o la sonda de electrodo para saber de un funcionamiento defectuoso.
9. Registrar el promedio de las dos mediciones de (ES).

1.7 CÁLCULOS DE CAL, SALINIDAD Y SÓLIDOS

Las ecuaciones en este procedimiento permiten cálculos del contenido de los siguientes componentes para un fluido de perforación a base de aceite:

- La cal, expresada como Ca(OH)_2 , del fluido de perforación;
- CaCl_2 y/o NaCl del fluido de perforación;
- CaCl_2 y/o NaCl disueltos en la fase acuosa;
- Sólidos de baja gravedad-livianos (sal NaCl y/o sólidos perforados);
- Materiales pesados.

Los datos que figuran a continuación y se utilizan en las ecuaciones se determinan a partir de las pruebas de fluidos de perforación base aceite especificadas en (**Densidad del fluido de perforación, prueba de la retorta para el contenido de aceite, agua y sólidos y análisis químico de los fluidos de perforación base aceite**):

- La densidad del fluido de perforación, ρ ;
- La alcalinidad del fluido de perforación, Alk_{TOT} ;
- El contenido de calcio del fluido de perforación, $C(\text{Ca}^{++})_{\text{TOT}}$;;
- El contenido de cloruro del fluido de perforación, $C(\text{Cl})_{\text{TOT}}$;;
- El volumen de aceite de réplica, V_o , y el agua, V_w , (véase el punto 8).

Los datos conocidos o supuestos son los siguientes:

- La densidad de materiales pesados (en gramos por centímetro cúbico), ρ_{wm} ;
- La densidad de los sólidos livianos (en gramos por centímetro cúbico), ρ_{lg} ;
- La densidad del aceite (en gramos por centímetro cúbico), ρ_o .

Estos cálculos no utilizan una "corrección de cal" para el ajuste entonces del contenido de calcio del fluido de perforación lo determinamos como se hizo por la titulación EDTA.

Asegúrese de utilizar las unidades solicitadas en las ecuaciones. Las unidades para todos los datos y resultados de cada ecuación son indicadas; los cálculos deben estar preferentemente en unidades del SI aunque se permiten las unidades US habituales.

Ejemplos de cálculos se pueden encontrar en el **anexo E**.

-Equipo

1. **Una calculadora**, debe utilizarse para llevar a cabo de forma rápida y correcta las operaciones matemáticas que se detallan en los siguientes procedimientos:

Cálculos para los fluidos de perforación

1. Contenido de cal en el fluido de perforación

El total del contenido de cal [Ca(OH)_2], expresada en kilogramos por metro cúbico (libras por barril) es:

$$c[\text{Ca(OH)}_2]_{\text{TOT}} = 3.691 \times \text{Alk}_{\text{TOT}} \text{ kg/m}^3 \quad (18)$$

$$c[\text{Ca(OH)}_2]_{\text{TOT}} = 1.295 \times \text{Alk}_{\text{TOT}} \text{ lb/bbl} \quad (19)$$

Donde:

$c[\text{Ca(OH)}_2]_{\text{TOT}}$ es el contenido de cal total en el fluido de perforación;

Alk_{TOT} es la alcalinidad del fluido de perforación.

NOTA $c[Ca(OH)_2]_{TOT}$ se refiere a menudo como "el exceso de cal."

2. Contenido de cloruro de calcio y cloruro de sodio del fluido de perforación.
 Un fluido de perforación base aceite probablemente contendrá al menos una y quizás las dos sales: cloruro de calcio ($CaCl_2$), y cloruro de sodio ($NaCl$). Utilice los datos de la titulación y proceda a continuación a determinar si ambas están presentes.

- El contenido de $CaCl_2$, basado en el análisis de calcio total, calculado en miligramos por litro o kilogramos por metro cúbico (libras por barril) es:

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 2.774 \times c[Ca^{++}]_{TOT}, mg/l \quad (20)$$

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.002774 \times c[Ca^{++}]_{TOT}, kg/m^3 \quad (21)$$

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.000971 \times c[Ca^{++}]_{TOT}, lb/bbl \quad (22)$$

Donde:

$c[CaCl_2]_{TOT}$ es el contenido de $CaCl_2$ del fluido de perforación, expresado en miligramos por litro;

$c[Ca^{++}]_{TOT}$ es el contenido de calcio del fluido de perforación, expresado en miligramos por litro.

- El ion cloruro asociado con el $CaCl_2$, basado en el análisis total de calcio, es:

$$(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT} = 1.77 \times c[Ca^{++}]_{TOT} \quad (23)$$

Donde:

$(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT}$ es el contenido de cloruro del fluido de perforación basado en $CaCl_2$, expresado en miligramos por litro;

$c[Ca^{++}]_{TOT}$ es el contenido de calcio del fluido de perforación, expresado en miligramos por litro.

- Verifique que el valor numérico es mayor.
 Si $(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT}$ es mayor o igual a $c(Cl^-)_{TOT}$, a continuación, asuma que sólo $CaCl_2$ está presente en el fluido de perforación y no hay $NaCl$ presente. Vaya al siguiente punto, a la ecuación (24).
 Si $c(Cl^-)_{TOT}$, es mayor que $(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT}$ entonces asuma que tanto $CaCl_2$ y $NaCl$ están presentes en el fluido de perforación. Vaya al punto a "La cantidad de $CaCl_2$ ".
- La concentración de $CaCl_2$, basada en el análisis total de iones de cloruro, es:

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 1.57 \times c(Cl^-)_{TOT} \quad (24)$$

Donde $c[CaCl_2]_{TOT}$ es la concentración de $CaCl_2$ en el fluido de perforación, expresado en miligramos por litro.

Utilice este resultado en lugar del valor calculado en la ecuación (20) cuando está presente de $NaCl$.

- La cantidad de $CaCl_2$ presente se puede convertir en kilogramos por metro cúbico y (libras por barril) como sigue:**

$$CaCl_2, kg/m^3 = 0.001 \times c[CaCl_2]_{TOT} \quad (25)$$

$$CaCl_2, lb/bbl = 0.00035 \times c[CaCl_2]_{TOT} \quad (26)$$

Utilice estos resultados en lugar del valor calculado en la ecuación (21) o (22) cuando no hay $NaCl$ presente.

En este punto, continúe directamente con **cálculos para la fase acuosa**.

- La concentración total de CaCl_2 ya se ha determinado en las ecuaciones (20), (21) o (22). La cantidad de iones cloruros asociados con NaCl es:

$$c(\text{Cl}^-_{\text{NaCl}}) = c(\text{Cl}^-)_{\text{TOT}} - (\text{Cl}^-_{\text{CaCl}_2})_{\text{TOT}} \quad (27)$$

Donde:

$c(\text{Cl}^-_{\text{NaCl}})$ es la concentración de cloruros de NaCl en el fluido de perforación, en miligramos por litro.

- El contenido de NaCl es:

$$c(\text{NaCl})_{\text{TOT}} = 1.65 \times c(\text{Cl}^-_{\text{NaCl}})_{\text{TOT}} \quad (28)$$

Donde:

$c(\text{NaCl})_{\text{TOT}}$ es la concentración de NaCl en el fluido de perforación, en miligramos por litro.

- La cantidad de NaCl presente se convierte en kilogramos por metro cúbico y (libras por barril) de la siguiente manera:

$$\text{NaCl}, \text{kg}/\text{m}^3 = 0.001 \times c(\text{NaCl})_{\text{TOT}} \quad (29)$$

$$\text{NaCl}, \text{lb}/\text{bbl} = 0.00035 \times c(\text{NaCl})_{\text{TOT}} \quad (30)$$

Cálculos de la fase acuosa

1. Los cálculos anteriores han implicado sólo todo el contenido de sal del fluido de perforación. Con el fin de determinar las concentraciones de sal en la fase acuosa del fluido de perforación, los datos de la titulación en los siguientes cálculos se deben combinar con los datos de la retorta que se describen en **prueba de la retorta para el contenido de aceite**.
2. Las siguientes ecuaciones (31) y (32) calculan las cantidades de NaCl y CaCl_2 , respectivamente, en la fase acuosa de un fluido de perforación base aceite. La fracción de masa CaCl_2 es:

$$w_{\text{CaCl}_2} = \frac{100 \times c(\text{CaCl}_2)_{\text{TOT}}}{c(\text{CaCl}_2)_{\text{TOT}} + c(\text{NaCl})_{\text{TOT}} + 10000\phi_w} \quad (31)$$

Donde:

w_{CaCl_2} es la fracción de masa de CaCl_2 en la fase acuosa, expresada como un porcentaje de la fase acuosa total;

$c(\text{CaCl}_2)_{\text{TOT}}$ es el contenido de CaCl_2 en el fluido de perforación, expresado en miligramos por litro;

$c(\text{NaCl})_{\text{TOT}}$ es el contenido de NaCl en el fluido de perforación, expresado en miligramos por litro;

ϕ_w es la fracción de volumen de agua, expresada como un porcentaje del volumen de muestra de la retorta.

3. La fracción de masa de NaCl es:

$$w_{\text{NaCl}} = \frac{100 \times c(\text{NaCl})_{\text{TOT}}}{c(\text{CaCl}_2)_{\text{TOT}} + c(\text{NaCl})_{\text{TOT}} + 10000\phi_w} \quad (32)$$

Donde:

w_{NaCl} es la fracción de masa de NaCl en la fase acuosa, expresada como un porcentaje de la fase acuosa total;

$c(\text{CaCl}_2)_{\text{TOT}}$ es el contenido de CaCl_2 en el fluido de perforación, expresado en miligramos por litro;

$c(\text{NaCl})_{\text{TOT}}$ es el contenido de NaCl en el fluido de perforación, expresado en miligramos por litro;

ϕ_w es la fracción de volumen de agua, expresada como un porcentaje del volumen de muestra de la retorta.

4. Compruebe la Figura 1 para determinar si las fracciones de masa de NaCl, w_{NaCl} , están fuera del límite de solubilidad mutua de soluciones de salmuera NaCl/CaCl₂ a 25 °C. Si lo están, NaCl no disuelto, está presente en el fluido de perforación base aceite. Las salinidades de fase acuosa, tal como se calcula en las ecuaciones (31) y (32), son, por tanto, incorrectas porque todo el NaCl no está en realidad en solución.

Para determinar el correcto $c(NaCl)_{TOT}$, sistemáticamente más bajo, haga esto usando un método de relación con las ecuaciones (31) y (32), hasta que los cálculos de w_{NaCl} y w_{CaCl_2} caigan en el intervalo que se muestra en la Figura 1. Siguiendo los siguientes pasos de **1 a 6**, proporcione una solución de iteración con aproximación de los valores correctos de $c(NaCl)_{TOT}$, w_{NaCl} y w_{CaCl_2} . Un ejemplo de este cálculo figura en el anexo E.

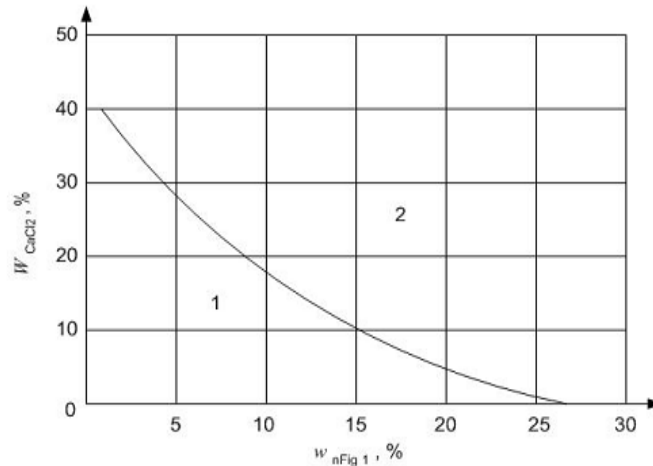
- 1. Calcule el valor de la relación a continuación. Será inferior a 1,00, incluso cuando haya una gran cantidad de NaCl insoluble presente en el fluido de perforación. No se requieren más de tres cálculos "de prueba".

$$\frac{w_{nFig1}}{w_{NaCl}} \quad (33)$$

Donde:

w_{nFig1} es la fracción de masa de NaCl en la fase acuosa, expresada como un porcentaje de la fase acuosa total de la Figura 1,

w_{NaCl} es la fracción de masa de NaCl en la fase acuosa, expresada como un porcentaje de la fase acuosa total medida.



Claves:

- 1- NaCl soluble
- 2- NaCl no soluble

Figura 1 - concentración máxima de NaCl en la salmuera de CaCl₂ a 25 ° C

- 2. Multiplique los $c(NaCl)_{TOT}$ utilizados en las ecuaciones (31) y (32) por el valor de esta relación para obtener un nuevo valor de ensayo $c(NaCl)_{TOT}$:

$$Nuevo\ c(NaCl)_{TOT} = Relación \times w_{NaCl} \quad (34)$$

- 3. Utilice el Nuevo $c(NaCl)_{TOT}$ en el denominador de la ecuación (31) para calcular un nuevo w_{CaCl_2} y utilice el Nuevo $c(NaCl)_{TOT}$ en el denominador y el numerador de la ecuación (32) para calcular un nuevo w_{NaCl} .

- 4. Lea un nuevo valor de $C(\text{NaCl})_{\text{TOT}}$ a partir de la Figura 1 utilizando el nuevo $w\text{CaCl}_2$ del paso 3. en el gráfico.
- 5. Calcule una segunda relación usando $C(\text{NaCl})_{\text{TOT}}$ encontrado en la Figura 1 del paso 4 y $w\text{NaCl}$ calculada a partir del paso 3.
- 6. Calcule un segundo nuevo $w\text{CaCl}_2$ y $w\text{NaCl}$, como en el paso 3. Anote estos valores cuando el valor de la relación se convierte en 0,95 o mayor.

NOTA 1 Cuando el valor de la relación se convierte en 0,95 o mayor, no es necesario realizar más cálculos de nuevos valores para $c(\text{NaCl})_{\text{TOT}}$, $w\text{CaCl}_2$ y $w\text{NaCl}$. Esto por lo general no requiere más de tres ciclos de este cálculo.

NOTA 2 El NaCl no disuelto tiene una gravedad específica más baja que la mayoría de los sólidos de perforación. Si está presente en el lodo base aceite, esto hará que los cálculos de sólidos sean erróneos. Ninguna técnica se proporciona en este procedimiento para compensar para ese tipo de error.

- 7. La densidad de la salmuera, ρ_B , en gramos por centímetro cúbico, es:

$$\begin{aligned} \rho_B = & 0.99707 + 0.006504(w_{\text{NaCl}}) + 0.007923(w_{\text{CaCl}_2}) \\ & + 0.00008334(w_{\text{NaCl}})(w_{\text{CaCl}_2}) + 0.00004395(w_{\text{NaCl}})^2 \\ & + 0.00004964(w_{\text{CaCl}_2})^2 \end{aligned} \quad (35)$$

NOTA La Tabla 3 contiene las densidades de las soluciones salinas simples de CaCl_2 . La Tabla 4 contiene las densidades de las soluciones de sal individuales de NaCl.

- 8. La concentración de CaCl_2 corregida, expresada en miligramos por litro, es la siguiente:

$$c(\text{CaCl}_2) = 10000 \times w_{\text{CaCl}_2} \times \rho_B \quad (36)$$

Cálculos de sólidos

1. Contenido de sólidos corregidos

La combinación de agua y sales disueltas se conoce como salmuera.

Determinar el contenido de sólidos corregido en el fluido de perforación de la siguiente manera:

La fracción de volumen de salmuera es:

$$\varphi_B = \frac{100 \times V_w}{\rho_B \times [100 - (w_{\text{NaCl}} + w_{\text{CaCl}_2})]} \quad (37)$$

Donde φ_B es la fracción de volumen de salmuera, expresada como un porcentaje de todo el fluido de perforación.

La fracción de volumen de sólidos corregido es:

$$\varphi_{\text{sol}} = 100 - (V_o + \varphi_B) \quad (38)$$

Donde φ_{sol} es la fracción de volumen de sólidos corregido, expresada como un porcentaje de todo el fluido de perforación.

2. Cálculos de relación aceite/agua

La relación aceite/agua, φ_o/φ_w se calcula a partir de los siguientes componentes:

$$\varphi_o = \frac{100 \times V_o}{V_o + V_w} \quad (39)$$

Donde ϕ_o es la fracción de volumen de aceite, expresado como un porcentaje.

$$\phi_w = \frac{100 \times V_w}{V_o + V_w} \quad (40)$$

Donde ϕ_w es la fracción de volumen de agua, expresada como un porcentaje.

NOTA La relación de aceite/agua se expresa a veces como OWR.

Tabla 3. Salmuera de Cloruro de calcio

Fracción de masa (CaCl ₂)	Contenido de cloruro de calcio	Contenido de cloruros	Volumen final	Actividad del agua ^a	Densidad	
					%	mg/l
0	0	0	1.000	1.000	0.9980	8.330
2	20330	12990	1.004	0.996	1.0166	8.484
4	41340	26410	1.008	0.989	1.0334	8.624
6	63030	40280	1.013	0.979	1.0505	8.766
8	85420	54590	1.018	0.967	1.0678	8.911
10	108540	69360	1.024	0.951	1.0854	9.058
12	132400	84600	1.030	0.933	1.1033	9.207
14	157050	100360	1.037	0.912	1.1218	9.361
16	182510	116630	1.044	0.888	1.1407	9.519
18	208780	133410	1.051	0.862	1.1599	9.679
20	235920	150750	1.060	0.832	1.1796	9.844
22	263930	168650	1.069	0.800	1.1997	10.011
24	292820	187100	1.078	0.765	1.2201	10.182
26	322660	206170	1.089	0.727	1.2410	10.356
28	353420	225820	1.100	0.686	1.2622	10.533
30	385140	246090	1.113	0.643	1.2838	10.713
32	417890	267020	1.126	0.597	1.3059	10.898
34	451620	288570	1.141	0.548	1.3283	11.047
36	486430	310780	1.156	0.496	1.3512	11.276
38	522310	333740	1.173	0.441	1.3745	11.470
40	559280	357370	1.192	0.384	1.3982	11.668

NOTA 1 El contenido de iones de calcio se puede determinar restando el contenido de iones cloruro a partir del contenido de CaCl₂.

NOTA 2 Propiedades a 20 °C, con excepción de la actividad del agua que se encuentra a 25 °C.

A- Véase la referencia [6].

Tabla 4. Salmuera de Cloruro de sodio

Fracción de masa (CaCl ₂)	Contenido de cloruro de calcio	Contenido de cloruros	Volumen final	Actividad del agua ^a	Densidad	
					%	mg/l
0	0	0	1.000	1.000	0.9980	8.330
2	20250	12310	1.006	0.989	1.0143	8.464
4	41140	24960	1.013	0.976	1.0286	8.584

6	62590	37980	1.020	0.964	1.0431	8.705
8	84620	51350	1.028	0.950	1.0578	8.827
10	107260	60680	1.036	0.935	1.0726	8.951
12	130510	79200	1.045	0.919	1.0876	9.076
14	154390	39680	1.054	0.901	1.1028	9.203
16	178910	108570	1.065	0.882	1.1182	9.331
18	204100	123840	1.076	0.861	1.1339	9.462
20	229960	139540	1.087	0.839	1.1498	9.595
22	265520	155660	1.099	0.815	1.1660	9.730
24	283800	172210	1.113	0.788	1.1825	9.868
26	311820	189210	1.127	0.759	1.1993	10.008
NOTA 1 El contenido de iones de calcio se puede determinar restando el contenido de iones cloruro a partir del contenido de CaCl ₂ .						
NOTA 2 Propiedades a 20 °C, con excepción de la actividad de agua que se encuentra en 25 °C.						
A- Véase la referencia [7].						

3. Cálculos de la relación aceite/salmuera

La relación aceite / salmuera, ϕ_o / ϕ_B , se calcula a partir de los siguientes componentes:

$$\phi_o = \frac{100 \times V_o}{V_o + V_B} \quad (41)$$

Donde ϕ_o es la fracción de volumen de aceite, expresada como un porcentaje.

$$\phi_B = \frac{100 \times V_B}{V_o + V_B} \quad (42)$$

Donde ϕ_B es la fracción de volumen de salmuera, se expresada como un porcentaje.

NOTA La relación aceite/salmuera se expresa a veces como OBR.

4. Concentración y densidad de los sólidos

Los sólidos en un fluido de perforación base aceite se componen de sólidos livianos de baja gravedad, sólidos de perforación y sólidos pesados, como la barita o hematita. Las densidades de estos materiales que se presentan comúnmente en los fluidos de perforación base aceite se encuentran en la Tabla 5.

La densidad media (masa volumétrica) de los sólidos en suspensión es:

$$\bar{\rho}_{sol} = \frac{100\rho_s - (\phi_o \cdot \rho_o) - (\phi_B \cdot \rho_B)}{\phi_{sol}} \quad (43)$$

Donde:

$\bar{\rho}_{sol}$ es la densidad media de los sólidos en suspensión, expresada en gramos por centímetro cúbico;

ρ_s es la densidad del fluido de perforación, expresada en gramos por centímetro cúbico;

ϕ_o es la fracción de volumen de aceite, expresada como un porcentaje del volumen de muestra de retorta;

ρ_o es la densidad del aceite, expresada en gramos por centímetro cúbico;

ϕ_B es la fracción de volumen de salmuera, se expresa como un porcentaje del fluido de perforación;

ρ_B es la densidad de la salmuera, expresada en gramos por centímetro cúbico;

φ_{sol} es la fracción de volumen corregido de sólidos.

La ecuación (43) también puede calcularse en las unidades US, mediante el uso de valores de la densidad expresada en libras por barril para la densidad del fluido de perforación (ρ_s) y las densidades de aceite y salmuera (ρ_o y ρ_B).

Tabla 5. Densidades comúnmente usadas

Componente del fluido de perforación	Densidad (masa volumétrica)		
	g/cm ³	kg/m ³	Lb/gal
Agua fresca	1.00	1000	8.345
Aceite diesel (típico)	0.84	840	7.00
Aceite de baja viscosidad (típico)	0.80	800	6.70
Sólidos de baja gravedad-livianos	2.65	2650	22.10
Materiales-sólidos pesados			
Barita	4.20	4200	35.00
Hematita	5.05	5050	42.10

5. Fracciones volumétricas y concentraciones de materiales pesados y sólidos de baja gravedad-livianos

- La fracción volumétrica de materiales pesados es:

$$\varphi_{wm} = \frac{\bar{\rho}_{sol} - \rho_{lg}}{\rho_{wm} - \rho_{lg}} (\varphi_{sol}) \quad (44)$$

Donde:

φ_{wm} es la fracción de volumen de los sólidos de materiales pesados, expresada como un porcentaje del total de los sólidos en suspensión;

ρ_{wm} es la densidad de los sólidos de materiales pesados, expresada en gramos por centímetro cúbico;

ρ_{lg} es la densidad de los sólidos de baja gravedad, expresada en gramos por centímetro cúbico.

- La fracción volumétrica de los sólidos de baja gravedad es:

$$\varphi_{lg} = \varphi_{sol} - \varphi_{wm} \quad (45)$$

Donde:

φ_{lg} es la fracción de volumen de los sólidos de baja gravedad, expresada como un porcentaje de los sólidos totales en suspensión.

- La concentración en masa del material de ponderación, calculado en kilogramos por metro cúbico (libras por barril), se puede calcular como:

$$c_{wm}, kg/m^3 = 10\rho_{wm} \cdot \varphi_{wm} \quad (46)$$

$$c_{wm}, lb/bbl = 3.5\rho_{wm} \cdot \varphi_{wm} \quad (47)$$

Donde:

c_{wm} es la concentración de materiales pesados.

- La concentración en masa de sólidos de baja gravedad se puede calcular en kilogramos por metro cúbico (libras por barril), así:

$$c(lg), kg/m^3 = 10\rho_{lg} \cdot \varphi_{lg} \quad (48)$$

$$c(lg), lb/bbl = 3.5\rho_{lg} \cdot \varphi_{lg} \quad (49)$$

Donde:

$c(lg)$ es la concentración de sólidos de baja gravedad.

2. ANEXO A (Informativo)

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE UTILIZANDO EL TUBO SHEAROMETER

La experiencia ha demostrado que algunos fluidos de perforación tienden a desarrollar resistencia al corte excesiva en condiciones estáticas, especialmente a temperaturas elevadas. Los resultados de la resistencia al corte excesivas en altas presiones de la bomba "rompen la circulación", y pueden resultar en la pérdida de rendimiento. Alta resistencia al corte también puede causar dificultades en la evaluación-logging del pozo, perforación y otras operaciones de "fondo de pozo".

La técnica descrita en este anexo se puede utilizar para determinar esta tendencia y para estimar el grado en que el fluido de perforación desarrollará excesiva resistencia al corte. Esta medida la resistencia al corte se hace normalmente en una muestra estática de fluido de perforación envejecido en caliente. Por lo tanto, las temperaturas de envejecimiento se seleccionan para estar cerca de la temperatura de fondo estimada del pozo. Se requiere que las celdas de envejecimiento o recipientes utilizados cumplan las exigencias de presión y de temperatura para la prueba.

-Equipo

1. **Tubo shearometer de acero inoxidable**, con las siguientes características:

- Longitud: 89 mm (3,5 pulgadas);
- Diámetro exterior: 36 mm (1,4 pulgadas);
- Espesor de la pared: 0,2 mm (0,008 in).

NOTA Una ligera conicidad exterior en la parte inferior del tubo de corte se ha encontrado para mejorar la reproducibilidad de los resultados de la prueba.

2. **Plataforma** para pesos.
3. **Set de pesos**, en incrementos de gramos.
4. **Regla**, graduada en milímetros (pulgadas).

-Procedimiento

1. Coloque y equilibre el tubo de corte cuidadosamente sobre la superficie de la muestra envejecida que se ha enfriado a temperatura ambiente. Puede ser necesario cambiar los pesos en la plataforma para garantizar que la penetración inicial del tubo en el fluido de perforación es vertical. Si se desarrolla una corteza en la muestra - envejecida en caliente, esta corteza debe ser rota suavemente antes de ajustar el tubo de corte en su lugar para la prueba.
2. Coloque con cuidado pesos suficientes en la plataforma para iniciar el movimiento hacia abajo del tubo de corte. A menos que se añada demasiada masa, el tubo detendrá su recorrido hacia abajo en el punto donde la resistencia al corte del fluido de perforación envejecido contra la superficie del tubo, sea suficiente para soportar la masa aplicada. Es deseable sumergir por lo menos una mitad de la longitud del tubo.
3. Registre la masa total, en gramos, de la plataforma y pesas. Mida la porción del tubo sumergido en el fluido, en centímetros. La longitud del tubo sumergido se puede determinar con más precisión midiendo la longitud de la porción no sumergida mientras el tubo está en su máxima profundidad de penetración. Una pequeña regla en la superficie del fluido de perforación y al lado del tubo facilitará esta medida. La longitud del tubo menos la longitud expuesta es igual a la parte sumergida.

-Cálculos

1. La resistencia al corte se calcula como sigue:

$$\gamma = \frac{4.40 \times (m_{st} + m_{tot})}{l} - 1.02\rho_s \quad (A1)$$

Donde:

γ es la resistencia al corte del fluido de perforación, en pascales;

m_{st} es la masa del tubo de corte, expresada en gramos;

m_{tot} es la masa de corte total, expresada en gramos (suma de plataforma y pesos);

l es la longitud sumergida del tubo de corte, expresada en centímetros;

ρ_s es la densidad del fluido de perforación, expresada en gramos por centímetro cúbico.

La resistencia al corte se puede convertir en unidades de USC usando la siguiente fórmula:

$$\gamma, \text{ en } \frac{lb}{100ft^2} = 2.083 \times (\gamma \text{ en } Pa) \quad (A2)$$

3. ANEXO B (Informativo)

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA Y ACEITE DE LOS CORTES PARA PORCENTAJES MAYORES DEL 10%

Este procedimiento mide la cantidad de aceite a partir de los cortes generados durante una operación de perforación. Esta es una prueba de retorta, que mide todo el aceite y el agua liberada de una muestra de cortes cuando se calientan en un instrumento de retorta calibrado y funcionando correctamente.

Una masa conocida de los cortes se calienta en la cámara de la retorta para vaporizar los líquidos asociados con la muestra. Los vapores de aceite y agua se condensan entonces, se recogen y se miden en un recipiente de precisión graduada.

NOTA La obtención de una muestra representativa requiere una atención especial a los detalles del manejo de la muestra (ubicación, método, frecuencia). El procedimiento de muestreo en un área determinada puede ser especificado por las normas locales o gubernamentales.

-Equipo

1. Instrumento retorta:

- **Montaje de retorta**, que incluye un cuerpo de retorta, la taza y la tapa con un volumen de 50 cm³ (precisión de $\pm 0,25$ cm³), construida de acero inoxidable 303, o equivalente.
- El volumen de **la taza de la retorta** con tapa debe ser verificada por gravimetría. El procedimiento y los cálculos se indican en el anexo J.
- **Condensador**, capaz de enfriar los vapores de aceite y agua por debajo de su temperatura de vaporización.
- **Cámara de calefacción**, potencia nominal de 350 W.
- **El controlador de temperatura**, capaz de limitar la temperatura de la retorta a $500\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($930\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 70\text{ }^{\circ}\text{F}$).

2. Receptor de líquido (TC), Diseño especial de cristal cilíndrico con base redondeada para facilitar la limpieza y una parte superior en forma de embudo para atrapar la caída de gotas, reúne los siguientes requisitos:

Volumen total	10cm ³ 20cm ³ 50cm ³
Precisión (0% a 100%)	$\pm 0,05\text{cm}^3$ $\pm 0,05\text{cm}^3$ $\pm 0,5\text{cm}^3$
Frecuencia de las marcas de graduación (0% a 100%)	0.10cm ³ 0.20cm ³ 0.50cm ³
Calibración: Para contener "TC" a 20 °C (68 °F)	
Escala: ml, cm ³ o fracción de volumen (en porcentaje)	

Material: transparente e inerte al aceite, el agua y las soluciones de sal a temperaturas de hasta 32 °C (90 °F).

El volumen del receptor debe ser verificado por gravimetría. El procedimiento y los cálculos se dan en el anexo J.

3. **Equilibrio de carga superior**, capaz de pesar 2,000g con una exactitud de $\pm 0,1\text{g}$.
4. **Lana de acero fina**, libre de aceite. "Lana de acero líquido" o sustitutos de lana de acero recubiertas no se utilizarán para esta aplicación.
5. **Grasa de silicona de alta temperatura**, que se utilizará como sellador de roscas y lubricante.

6. **Limpiadores de tubería.**
7. **Brush.**
8. **Cuchillo de masilla o espátula**, con forma para adaptarse a las dimensiones interiores de la copa de la muestra de la retorta.
9. **Sacacorchos.**

-Procedimiento

1. Limpie y seque el montaje de la retorta y el condensador.
2. Empaque el cuerpo de la retorta con lana de acero.
3. Aplique lubricante/sellador a las roscas de la copa de la retorta y su tubo.
4. Pese y registre la masa total de la copa de la retorta, la tapa y el cuerpo de retorta con lana de acero. Esta es la masa m_1 , expresada en gramos.
5. Recoja una muestra representativa de cortes húmedos.
6. Llene parcialmente el recipiente de la retorta con cortes, y coloque la tapa en el recipiente. Enrosque el recipiente (con tapa) en el cuerpo de la retorta, pese y registre la masa total. Esta es la masa m_2 , expresado en gramos.
7. Conecte el condensador. Coloque el montaje de la retorta en la camisa de calentamiento.
8. Pese y registre la masa del recipiente de líquido limpio y seco. Esta es la masa m_3 , expresada en gramos. Coloque el recipiente por debajo de la salida del condensador.
9. Encienda la camisa de calentamiento. Deje el montaje de la retorta a funcionar durante un mínimo de 1 hr.

NOTA Si los sólidos se derraman en el recipiente-receptor, empaque el cuerpo de la retorta con una mayor cantidad de lana de acero y repita la prueba.

10. Retire el recipiente de líquido. Deje que se enfríe. Registre el volumen de agua recuperada. Este es el volumen V_1 , expresado en mililitros, que se convierte en gramos.

NOTA Si una interfaz de emulsión se presenta entre las fases de aceite y agua, calentando la interfaz puede romper la emulsión. Como sugerencia, retire el montaje de la retorta de la camisa de calentamiento, sujetando el condensador. Caliente con cuidado el receptor a lo largo de la banda de emulsión, tocando suavemente el receptor por intervalos cortos con el montaje de la retorta caliente. Evite la ebullición del líquido. Después de que la interfaz de la emulsión se rompa, deje que el depósito de líquido se enfríe. Lea el volumen de agua en el punto más bajo del menisco.

11. Pese y registre la masa del receptor y su contenido de líquidos (aceite, + agua). Esta es la masa m_4 , expresada en gramos.
12. Apague la camisa de calentamiento. Retire el conjunto de la retorta y el condensador de la camisa de calentamiento y deje que se enfríen. Retire el condensador.
13. Pese y registre la masa del conjunto de la retorta enfriado sin el condensador. Esto es la masa m_5 , en gramos.
14. Limpie el conjunto de la retorta y el condensador.

-Cálculos

1. Calcule la masa de aceite de los cortes de la siguiente manera:

$$m_w = m_2 - m_1$$

(B1)

Donde:

m_w es la masa de los cortes húmedos, expresada en gramos;

m_2 es la masa del montaje de la retorta lleno, expresada en gramos;

m_1 es la masa del montaje de la retorta vacía, expresada en gramos.

$$2. \quad m_d = m_5 - m_1 \quad (B2)$$

Donde:

m_d es la masa de los recortes de retorta secos, expresada en gramos;

m_5 es la masa del montaje de la retorta enfriada, se expresa en gramos;

m_1 es la masa del montaje de la retorta vacía, expresada en gramos.

$$3. \quad m_o = m_4 - (m_3 + V_w) \quad (B3)$$

Donde:

m_o es la masa del aceite, expresada en gramos;

m_4 es la masa del recipiente de líquido con su contenido, expresado en gramos;

m_3 es la masa del recipiente seco, expresado en gramos;

V_w es el volumen del agua, expresada en mililitros = gramos.

NOTA Suponiendo que la densidad del agua es 1 g/cm³, la masa, en gramos, del volumen de agua es numéricamente equivalente al volumen del agua medido en mililitros.

4. Balance de masa requerido: la suma de m_d , m_o y V_w , debe estar dentro del 5% de la masa de la muestra húmeda, es decir:

$$0.95 \leq \frac{m_d + m_o + V_w}{m_w} \leq 1.05 \quad (B4)$$

Repita el procedimiento si no se cumple este requisito.

Reporte aceite de los cortes:

5. Masa de aceite (en gramos) por kilogramo de muestra de cortes húmedos
 $= (m_o / m_w) \times 1000 \quad (B5)$

6. Masa de aceite (en gramos) por kilogramo de muestra de cortes de retorta secos
 $= (m_o / m_w) \times 1000 \quad (B6)$

NOTA Cuando se reporte aceite a partir de cortes en términos de los cortes de retorta secos, el contenido de aceite puede ser más alto que el calculado a partir de la muestra de cortes húmedos, debido al agua intersticial extraída durante la prueba de la retorta. También, un corte que contiene un porcentaje más alto de agua que otro corte que contiene un menor porcentaje de agua, aparecerá para dar una masa de aceite de retención más alta por las mismas razones. El contenido de agua se reporta como la masa de agua (en gramos) por kilogramo de cortes mojados de la muestra.

4. ANEXO C (Informativo)

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA FASE ACUOSA DEL AGUA EMULSIONADA MEDIANTE UN ELECTRO-HIGRÓMETRO

Este procedimiento describe el uso de un electro-higrómetro para medir la humedad relativa en un espacio de aire cerrado por encima de un fluido de perforación base aceite, y relaciona la humedad a la actividad del agua emulsionada. Actividad, a_w , es una medida del potencial químico o disponibilidad de reacción de una especie química, en este caso agua. Las condiciones del hueco en los shales sensibles al agua pueden ser correlacionadas con los cambios en la actividad de agua emulsionada en los fluidos de perforación base aceite.

La abundancia de partículas cargadas, superficies y iones en shales reduce la actividad del agua y aumenta la tendencia de un shale para absorber agua. El agua migrará a través de una membrana semi-permeable de una región de la salinidad más baja (alta actividad) a uno de mayor salinidad (actividad menor). Las películas de aceite que rodean las gotitas de agua emulsionada en un fluido de perforación base aceite constituyen membranas semi-permeables a través de las cuales el agua puede pasar por ósmosis.

El agua transferida de un fluido de perforación base aceite se puede prevenir mediante la disolución de una sal en el agua emulsionada. La sal disminuye la actividad de la fase de agua, reduciendo así la tendencia del agua a ser absorbida por los shales. La transferencia de agua al shale se elimina cuando la actividad del agua emulsionada se reduce a un valor igual o menor que la de los shales expuestos. Las condiciones del hueco y la textura de los cortes pueden guiar el ajuste de una propia actividad.

La sal más eficiente, comúnmente disponible para reducir la actividad del agua en los fluidos de perforación base aceite es el cloruro de calcio. La salmuera, que tiene una actividad determinada, conservará esa actividad cuando sea emulsionada en aceite. La actividad de la fase acuosa de un fluido de perforación base aceite se cambiará por evaporación de agua o la adición de agua, o mediante la incorporación por disolución de otras sales solubles en agua.

NOTA Una práctica para combatir la hidratación de shales en base a un análisis de iones parcial de la fase de agua del fluido de perforación base aceite se puede utilizar. Sin embargo, este método es propenso a errores, porque se basa en la dilución sustancial de agua, varias titulaciones, y un análisis de retorta para cada prueba. Además, existen datos insuficientes en la actividad de los sistemas de sales mixtas para permitir a los análisis de iones estar relacionados con la precisión de la actividad de la fase acuosa cuando múltiples sales están presentes. El uso de electro-higrómetros como se describe aquí es una manera de determinar la actividad, independientemente de la composición de la fase agua.

-Reactivos y equipo

1. Soluciones saturadas estándar de sales:

Las soluciones saturadas estándar de sales se describen en la Tabla C.1.

Tabla C.1 Soluciones saturadas estándar de sales

Sal	No CAS	A _w a 25 °C (77 °F)	Concentración g/100cm ³ de agua
Cloruro de calcio	10043-52-4	0,295	100
Nitrato de calcio	10124-37-5	0,505	200
Cloruro de sodio	7647-14-5	0,753	200
Nitrato de potasio	7757-79-1	0,938	200

- Cada solución de sal debe ser preparada por la adición del número de gramos de sal indicados en la Tabla C.1 a 100 cm³ de agua destilada o desionizada, agitando a temperaturas entre 65 °C y 90 °C (150 °F y 200 °F) durante 30 min, a continuación, se enfría a una temperatura entre 25 °C y 27 °C (75 °F y 80 °F). La sal sólida deberá ser visible en el líquido después del equilibrio.
 - Si no hay cristales visibles, se deben añadir algunos cristales adicionales o granos de la misma sal para inducir la precipitación. Esto es a menudo necesario con el cloruro de calcio. Se recomiendan las sales de pureza de grado reactivo. Sin embargo, si es necesario, el grado de campo NaCl o CaCl₂ pueden ser sustituidos.
2. **Desecante**, cloruro de calcio anhidro (N ° CAS 10043-52-4).
 3. **Electro-higrómetro**, que incorpora un sensor de humedad relativa portátil y el indicador, con las siguientes especificaciones. Si este instrumento está equipado con una sonda de temperatura, un termómetro separado es innecesario.
 - La sonda del sensor de humedad relativa deberá ser adecuada para su inserción en el espacio aéreo de un frasco que contiene la muestra.
 - La respuesta de linealidad del instrumento deberá ser tal que el coeficiente de correlación entre la actividad publicada estándar de salmuera y la humedad relativa, tal como se mide por el instrumento encima de cada salmuera, sea mayor que 0,95.
 - El instrumento debe indicar dentro del 10% de la verdadera actividad dentro de 30 min, cuando se mide la actividad de salmuera de las soluciones de sal estándar.
 4. **Termómetro**, con un rango de 0 °C a 105 °C (32 °F a 220 °F).
 5. **Pequeño frasco de boca ancha**, con un volumen de aproximadamente 150cm³ y una superficie líquida de aproximadamente 38cm² (5,9 pulg²). El recipiente debe tener un tapón de elastómero flexible que, pase a través, forme un sello hermético alrededor del eje de la sonda del sensor.
 6. **Cubierta aislante**, hecha de espuma sintética, para el tarro de boca ancha. La cubierta debe quedar ajustada y debe aislar los lados y fondo de la jarra de las fluctuaciones de temperatura. Alternativamente, el frasco puede ser mantenido en un baño de agua de **temperatura constante**.
 7. **Papel milimetrado**.
 8. **Cloruro de calcio Anhydrous** (CAS 10043-524), u otro desecante, tal como Ca₂SO₄ (CAS 10101-41-4), Drierite® (CAS 7778-18-9), o gel de sílice (CAS 112926-00-8).

-Procedimiento

1. **Calibración del higrómetro.**
 - 1. Prepare cada nivel de humedad relativa conocida de conformidad con la Tabla C.1. Un volumen total de 40 cm³ es suficiente para cada recipiente de la muestra.

Estas soluciones salinas se mantendrán firmemente tapadas para evitar derrames, evaporación o contaminación.

- 2. Deseque la sonda con cloruro de calcio anhidro en un recipiente de muestra (otros desecantes pueden ser utilizados) mediante la puesta de la sonda del sensor (que está en la tapa de frasco) en el espacio de aire por encima de la sal. Espere 10 min a 15 min. Una lectura de la humedad relativa de 24% o menos indica que la sonda está seca. Mantenga una distancia de 12mm (0,5 pulgadas) entre la sonda de detección y el desecante, y mantenga la misma distancia de las soluciones salinas y muestras de fluidos de perforación. Nunca permita que la sonda entre en contacto directo con las muestras o soluciones.
- 3. Transfiera la sonda y el tapón del frasco a la primera (a_w más baja) solución estándar y permita 30 minutos para alcanzar el equilibrio. La temperatura de las soluciones estándar se debe mantener de 24 °C a 25 °C (75 °F a 77 °F).
- 4. Retire la sonda de la primera solución, y póngala en el contenedor con la solución de la segunda actividad más bajo conocida.
- 5. Proceda como en el anterior paso **3.** y mida la humedad relativa para cada solución estándar, partiendo de, con la más baja a la más alta actividad a_w .
- 6. Permita que cada estándar se equilibre la misma cantidad de tiempo. Registre la temperatura y el porcentaje de la humedad relativa (%RH).
- 7. Cuando se obtenga la data completa, ploteé (%RH) vrs a_w en papel milimetrado.

2. Mida la actividad a_w del fluido de perforación base aceite, a_{df} .

- Deseque la sonda durante 10 min a 15 min, como en el anterior paso **2.** Para la calibración
- Ubique una muestra de fluido de perforación a temperatura ambiente (40 cm³) en el recipiente de la muestra.
- Inserte la sonda en el espacio de aire de 12 mm (0,5 pulgadas) por encima de la superficie del fluido. La temperatura de la muestra debe estar entre 24 °C y 25 °C (75 °F y 77 °F).
- Encienda el higrómetro y espere 30 minutos (el mismo período de tiempo utilizado para la calibración estándar), y registre la humedad relativa y la temperatura indicada.

Examine el fluido para asegurar que no se ha producido la separación. La separación de una capa de aceite dará lugar a lecturas erróneas.

Asegúrese de que el recipiente de la muestra y la tapa están limpios y libres de sal antes de cada nueva muestra se vierte en el recipiente.

-Cálculos

1. **Actividad del fluido de perforación, a_{df} .** Busque la humedad relativa obtenida en el paso de **2.** para la calibración, en el gráfico representado en el paso **3.** Lea y registre la actividad correspondiente que aparece en el gráfico como la actividad del fluido de perforación (a_{df}).

5. ANEXO D (Informativo)

DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE ANILINA

El punto de anilina es la temperatura más baja a la que volúmenes iguales de muestras de anilina y de hidrocarburos son completamente miscibles. Este método de ensayo cubre la determinación del punto de anilina de productos de petróleo y disolventes de hidrocarburos, tales como aceites diesel y aceites minerales, utilizados en la preparación de fluidos de perforación base aceite. Este método es adecuado para muestras de líquido transparente que tengan un punto de ebullición inicial por encima de la temperatura ambiente, y en el que el punto de anilina esté por debajo del punto de burbuja y por encima del punto de solidificación de la muestra de anilina mezclada.

NOTA El lector es referido a la norma ISO 2977 [1] para obtener información adicional.

El punto de anilina es útil en la caracterización de los hidrocarburos puros. Por ejemplo, hidrocarburos aromáticos exhiben puntos de anilina bajos, e hidrocarburos parafínicos presentan valores altos. Cicloparafinas y olefinas presentan valores que se encuentran entre los de parafinas y aromáticos. En una serie homóloga, el punto de anilina aumenta con el aumento de masa molecular. El punto de anilina para mezclas de hidrocarburos, tales como gasóleos y aceites minerales, sirve de guía para juzgar el contenido de hidrocarburos aromáticos de un aceite y para la comparación de los aceites.

Al probar los aceites base para su uso en los fluidos base aceite de perforación, los bajos valores del punto de anilina (que se supone relacionada con mayor contenido aromático) advierte sobre posibles daños a los componentes del elastómero (caucho) que están en contacto con el fluido de perforación base aceite, como hisopos de bombeo, cauchos de drillpipes, cauchos de BOPS y mangueras. Los altos valores del punto de anilina (se supone representan menor contenido aromático) indican un menor riesgo de daños al elastómero, pero pueden indicar menos solubilidad de materiales asfálticos y capacidad reducida para dispersar materiales asfálticos en el fluido de perforación base aceite.

-Reactivos y equipo

1. **Anilina** (CAS No. 62-53-3), pura, libre de agua y no excesivamente oscura en color. Almacénela en un lugar fresco y oscuro.
PRECAUCIÓN La anilina es extremadamente tóxica. No pipeteé con la boca. La anilina es también tóxica por absorción a través de la piel. Manejela cuidadosamente con guantes de plástico adecuados. Deshágase de la anilina y sus mezclas de forma segura y correcta de acuerdo con las regulaciones ambientales y de salud locales.
2. **Agente de secado**, sulfato de calcio (CAS No. 7778-18-9) o sulfato de sodio (anhidro) (CAS No. 7757-82-6).
3. **Tubo de ensayo**, 25 mm de diámetro, 150 mm de longitud, y está hecho de vidrio resistente al calor.
4. **Camisa**, aproximadamente 37 mm a 42 mm de diámetro y 150 mm de longitud, y de cristal resistente al calor.
5. **Termómetro**, con un rango de 25 °C a 105 °C (75 °F a 220 °F).
6. **Tapones de corcho**, uno para caber dentro del tubo de ensayo para mantener el termómetro, y uno para caber dentro de la camisa para mantener el tubo de ensayo. No utilice tapones de goma.
7. **Agitadores Wire**, construidos de 1,5 mm a 1,7 mm (calibre 14) de alambre, doblados con un bucle de 19 mm de diámetro, que se utilizarán para agitar la mezcla en el tubo de ensayo.

8. **Baño calefactor**, por ejemplo, un baño de aire caliente, un baño líquido transparente no volátil (aceite o silicona - no el agua), o una lámpara de calefacción por infrarrojos (250 W a 375 W), para proporcionar un medio para calentar el tubo de ensayo y la muestra.

NOTA El agua no debe ser utilizada como un medio de calentamiento, debido a que la anilina es higroscópica. La anilina húmeda provocará resultados erróneamente elevados.

9. **Baño de enfriamiento**, por ejemplo, un baño de aire fresco o un baño de líquido transparente (no agua), para proporcionar un medio para enfriar el tubo de ensayo y la muestra por debajo de la temperatura ambiente.

NOTA El agua no debe ser utilizada como un medio de refrigeración, debido a que la anilina es higroscópica. La anilina húmeda provocará resultados erróneamente elevados.

10. **Pipeta (TD)**, con un volumen de 10 cm³.
11. **Plástico pera de succión de la pipeta**.
12. **Gafas de seguridad**.
13. **Guantes de plástico**, de un material que sea impermeable a la anilina.

-Procedimiento

1. Seque la muestra de aceite mediante la adición de aproximadamente 10% de fracción de volumen del agente de secado en el aceite. Agite enérgicamente durante 3 min a 5 min. Filtre o centrifugue para eliminar el agente de secado.
2. Limpie y seque el tubo de ensayo, la camisa, el termómetro y el agitador de alambre.
3. Pipeteé 10 cm³ de anilina (usando la pera de succión) en el tubo de ensayo. Del mismo modo, pipeteé 10 cm³ de muestra de aceite en el tubo de ensayo.
4. Monte el termómetro y agitador. Coloque el termómetro en el tubo de ensayo de manera que la marca de inmersión esté en la parte superior del líquido. Asegúrese de que el bulbo del termómetro no toque los lados del tubo. Centre el tubo de ensayo en el tubo envolvente.
5. Agite la mezcla rápidamente, a temperatura ambiente, usando un movimiento hacia arriba y hacia abajo del agitador. Evite la formación de burbujas de aire. Observe si la mezcla es miscible (clara) o inmisible (nublada). Si la mezcla es clara, vaya a al final, para continuar usando un baño de enfriamiento.

NOTA Para la mayoría de los base aceite, la mezcla de anilina-aceite será inmisible a temperatura ambiente.

6. Si la mezcla es turbia, aplique calor al tubo envolvente para aumentar la temperatura de la mezcla en el tubo de ensayo a una velocidad de 1 °C/min a 3 °C /min (2 °F/min a 5 °F/min).
7. Caliente con agitación hasta que la mezcla se vuelva completamente miscible (clara). Retire la mezcla de la fuente de calor.

PRECAUCIÓN No caliente una mezcla de anilina/aceite más allá de 90 °C (200 °F). Esto podría ser peligroso.

8. Continúe agitando mientras que la mezcla clara se enfría a una velocidad de 0,5 °C/min hasta 1,0 °C/min (1 °C/min a 2°F/min). Note cuando la nubosidad reaparezca primero. Registre como "punto de anilina" la temperatura a la que la mezcla se vuelve turbia.

NOTA El verdadero punto de anilina se caracteriza por una nubosidad que es suficiente para ocultar el bulbo del termómetro en la luz reflejada.

9. Continúe el enfriamiento de la mezcla, mientras se agita, a una temperatura de 1 °C a 2 °C (2 °F a 3,5 °F) por debajo de la primera aparición de turbidez.
10. Caliente la mezcla de nuevo hasta que se convierta de nuevo en miscible. Retire del fuego y enfríe la mezcla hasta que la nubosidad vuelva a obtener otra observación de la temperatura del punto de anilina.
11. Repita las observaciones del punto de anilina varias veces hasta que se haya determinado un valor con un margen de $\pm 0,5$ °C (± 1 °F).
12. Si la mezcla de anilina-aceite era completamente miscible a temperatura ambiente, sustituya el baño de enfriamiento por el baño de calentamiento. Deje que la mezcla se enfríe lentamente mientras se agita rápidamente a la velocidad especificada antes. Determine el punto de anilina.

6. ANEXO E (Informativo)

CÁLCULOS DE CAL, SALINIDAD Y SÓLIDOS

Los siguientes cálculos de ejemplo están diseñados para mostrar cómo se utilizan las ecuaciones en **cálculos de cal, salinidad y sólidos** para determinar la cantidad de sal y sólidos presentes en un fluido de perforación base aceite que contiene barita como material pesado.

Cuatro casos diferentes se presentan:

El fluido de perforación A: el fluido de perforación sólo contiene sal CaCl_2 ;

El fluido de perforación B: el fluido de perforación sólo contiene sal NaCl ;

El fluido de perforación C: el fluido de perforación contiene ambas sales CaCl_2 Y NaCl ;

El fluido de perforación D: el fluido de perforación contiene CaCl_2 y NaCl en exceso.

En este anexo se incluyen ejemplos en los que las unidades son típicas para la aplicación correspondiente.

NOTA 1 Una cifra significativa, con un decimal se considera lo suficientemente precisa para todos los cálculos de campo. Dos decimales se utilizan en estos cálculos para la densidad media de los sólidos en suspensión, materiales pesados, sólidos de baja gravedad y la densidad de la salmuera.

NOTA 2 En este anexo se muestran los números de ecuación pertinentes de las cláusulas 9 y 11 en el texto principal de esta Norma en paréntesis después de las fórmulas.

Los datos de prueba utilizados en los ejemplos

Propiedades físicas y químicas se presentan en la **Tabla E.1.**

Propiedad	Fluido de perf A Solo sal CaCl_2	Fluido de perf B Solo sal NaCl	Fluido de perf C Sales CaCl_2 y NaCl	Fluido de perf D Sales CaCl_2 y NaCl en exceso
1) Densidad del fluido de perf, g/cm^3	1.32	1.32	1.32	1.32
2) Contenido de aceite (φ_o), %fracción Vol	59.5	59.5	59.5	59.5
3) Contenido de agua (φ_w), %fracción Vol	25.0	25.0	25.0	25.0
4) EDTA (V_{EDTA}), cm^3/cm^3 de fluido de perf	10.0	0.0	8.4	8.4
5) Nitrato de plata (V_{SN}), cm^3/cm^3 de fluido de perf	5.8	4.4	7.0	10.0
6) Ácido Sulfúrico (V_{SA}), cm^3/cm^3 de fluido de perf	2.6	2.0	2.6	3.0
7) Densidad del aceite, g/cm^3	0.84	0.84	0.84	0.84
8) Densidad de los sólidos de baja grav, g/cm^3	2.65	2.65	2.65	2.65
9) Densidad de los materiales pesados (barita), g/cm^3	4.20	4.20	4.20	4.20

Fluido de perforación que contiene sólo CaCl_2 (Fluido de perforación A)

1. Contenido total de cal

$$c[\text{Ca}(\text{OH})_2]_{TOT} = 3.691 \times 2.6 = 9.6 \text{ kg/m}^3 \quad (18)$$

$$c[Ca(OH)_2]_{TOT} = 1.295 \times 2.6 = 3.4 \text{ lb/bbl} \quad (19)$$

2. Contenido total de calcio

$$c(Ca^{++})_{TOT} = 4000 \times 10.0 = 40000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (17)$$

3. Contenido total de cloro

$$c(Cl^-)_{TOT} = 10000 \times 5.8 = 58000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (16)$$

4. Contenido total de cloruro de calcio

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 2.774 \times 40000 = 110960 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (20)$$

Expresado en otras unidades:

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.002774 \times 40000 = 110.0 \text{ kg/m}^3 \quad (21)$$

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.000971 \times 40000 = 38.8 \text{ lb/bbl} \quad (22)$$

5. Contenido de cloro asociado al $CaCl_2$

$$(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT} = 1.77 \times 40000 = 70800 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (23)$$

6. Contenido de cloruro de sodio evaluado

$$c(Cl^-_{NaCl}) = 58000 - 70800 = -12800 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (27)$$

El número negativo indica que no hay NaCl presente en este lodo. Por lo tanto, el contenido de cloruro de calcio debe ser recalculado.

7. Contenido total de cloruro de calcio recalculado

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 1.57 \times 58000 = 91060 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (24)$$

Expresado en otras unidades:

$$CaCl_2, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0.001 \times 91060 = 91.06 \text{ kg/m}^3 \quad (25)$$

$$CaCl_2, \frac{\text{lb}}{\text{bbl}} = 0.00035 \times 91060 = 31.9 \text{ lb/bbl} \quad (26)$$

8. Fracción de masa de cloruro de calcio, expresada como un porcentaje

$$w_{CaCl_2} = \frac{100 \times 91060}{91060 + 0 + (10000 \times 25.0)} = 26.7\% \text{ fracción de masa} \quad (31)$$

9. Densidad de la salmuera de cloruro de calcio utilizando sólo el valor de $CaCl_2$

$$\rho_B = 0.99707 + 0.007923(26.7) + 0.00004964(26.7)^2 = 1.24 \text{ g/cm}^3 \quad (35)$$

10. Cloruro de calcio, en miligramos por litro

$$c(NaCl) = 10000 \times 26.7 \times 1.24 = 331808 \text{ mg/l} \quad (36)$$

11. Fracción volumétrica (como porcentaje) de salmuera

$$\varphi_B = \frac{100 \times 25.0}{[1.24 - (100 - 26.7)]} = 27.5\% \quad (37)$$

12. Fracción volumétrica de sólidos corregida (en porcentaje)

$$\varphi_{sol} = 100 - (59.6 + 27.5) = 13.0\% \quad (38)$$

13. Cálculos de la relación Aceite/agua (fracción volumétrica)

$$\varphi_o = \frac{100 \times 59.5}{59.5+25.0} = 70.4\% \text{ aceite} \quad (39)$$

$$\varphi_w = \frac{100 \times 25.0}{59.5+25.0} = 29.6\% \text{ agua} \quad (40)$$

$$\text{OWR} = 70.4/29.6$$

14. Cálculos de la relación aceite/salmuera (fracción volumétrica)

$$\varphi_o = \frac{100 \times 59.5}{59.5+27.5} = 68.4\% \text{ aceite} \quad (41)$$

$$\varphi_B = \frac{100 \times 27.5}{59.5+27.5} = 31.6\% \text{ salmuera} \quad (42)$$

$$\text{OWR} = 68.4/31.6$$

15. Densidad promedio (masa volumétrica) de los sólidos suspendidos

$$\bar{\rho}_{sol} = \frac{100 \times 1.32 - (59.5 \times 0.84) - (27.5 \times 1.24)}{13.0} = 3.68 \text{ g/cm}^3 \quad (43)$$

16. Fracción volumétrica (en porcentaje) de materiales pesados

$$\varphi_{wm} = \frac{3.68 - 2.65}{4.2 - 2.65} (13.0) = 8.6\% \quad (44)$$

17. Fracción volumétrica (en porcentaje) de sólidos de baja gravedad

$$\varphi_{lg} = 13.0 - 8.6 = 4.4\% \quad (45)$$

18. Concentración másica de los materiales pesados

$$c_{wm}, \frac{kg}{m^3} = 10 \times 4.20 \times 8.6 = 361.2 \quad (46)$$

$$c_{wm}, \frac{lb}{bbl} = 3.5 \times 4.20 \times 8.6 = 126.4 \quad (47)$$

19. Concentración másica de sólidos de baja gravedad

$$c(lg), \frac{kg}{m^3} = 10 \times 2.65 \times 4.4 = 116.6 \quad (48)$$

$$c(lg), \frac{lb}{bbl} = 3.5 \times 2.65 \times 4.4 = 40.8 \quad (49)$$

Fluido de perforación que contiene sólo la sal NaCl (fluido de perforación B)

1. Contenido total de cal

$$c[Ca(OH)_2]_{TOT} = 3.691 \times 2.0 = 7.38 \text{ kg/m}^3 \quad (18)$$

$$c[Ca(OH)_2]_{TOT} = 1.295 \times 2.0 = 2.6 \text{ lb/bbl} \quad (19)$$

2. Contenido total de calcio

$$c(Ca^{++})_{TOT} = 4000 \times 0.0 = 0.0 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (17)$$

3. Contenido total de cloro

$$c(Cl^-)_{TOT} = 10000 \times 4.4 = 44000 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (16)$$

4. Contenido total de cloruro de calcio

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 2.774 \times 0.0 = 0.0 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (20)$$

Expresado en otras unidades:

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.002774 \times 0.0 = 0.0 \text{ kg/m}^3 \quad (21)$$

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.000971 \times 0.0 = 0.0 \text{ lb/bbl} \quad (22)$$

5. Contenido de cloro asociado al $CaCl_2$

$$(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT} = 1.77 \times 0.0 = 0.0 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (23)$$

6. Contenido de cloruro de sodio evaluado

$$c(Cl^-_{NaCl}) = 44000 - 0 = 44000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (27)$$

El número positivo indica que hay NaCl presente en este lodo. Por lo tanto, el contenido de cloruro de sodio debe ser recalculado.

7. Contenido total de cloruro de sodio recalculado

$$c(NaCl)_{TOT} = 1.65 \times 44000 = 72600 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de fluido de perf} \quad (28)$$

Expresado en otras unidades:

$$NaCl, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0.001 \times 72600 = 72.6 \text{ kg/m}^3 \quad (29)$$

$$NaCl, \frac{\text{lb}}{\text{bbl}} = 0.00035 \times 72600 = 25.4 \text{ lb/bbl} \quad (30)$$

8. Fracción de masa de cloruro de sodio, expresada como un porcentaje

$$w_{NaCl} = \frac{100 \times 72600}{0 + 72600 + (10000 \times 25.0)} = 22.5\% \text{ fracción de masa} \quad (32)$$

9. Densidad de la salmuera de cloruro de sodio utilizando sólo el valor de NaCl

$$\rho_B = 0.99707 + (0.006504 \times 22.5) + (0.00004395 \times 22.5^2) = 1.17 \text{ g/cm}^3 \quad (35)$$

10. Contenido de cloruro de calcio, en la salmuera, en miligramos por litro

$$c(NaCl) = 10000 \times 22.5 \times 1.17 = 263250 \text{ mg/l} \quad (36)$$

11. Fracción volumétrica (como porcentaje) de salmuera

$$\varphi_B = \frac{100 \times 25.0}{[1.17 - (100 - 22.5)]} = 27.6\% \quad (37)$$

12. Fracción volumétrica de sólidos corregida (en porcentaje)

$$\varphi_{sol} = 100 - (59.5 + 27.6) = 13.0\% \quad (38)$$

13. Cálculos de la relación Aceite/agua (fracción volumétrica)

$$\varphi_o = \frac{100 \times 59.5}{59.5 + 25.0} = 70.4\% \text{ aceite} \quad (39)$$

$$\varphi_w = \frac{100 \times 25.0}{59.5 + 25.0} = 29.6\% \text{ agua} \quad (40)$$

$$OWR = 70.4/29.6$$

14. Cálculos de la relación aceite/salmuera (fracción volumétrica)

$$\varphi_o = \frac{100 \times 59.5}{59.5 + 27.6} = 68.3\% \text{ aceite} \quad (41)$$

$$\varphi_B = \frac{100 \times 27.6}{59.5 + 27.6} = 31.7\% \text{ salmuera} \quad (42)$$

$$\text{OWR} = 68.3/31.7$$

15. Densidad promedio de los sólidos suspendidos

$$\bar{\rho}_{sol} = \frac{100 \times 1.32 - (59.5 \times 8.84) - (27.6 \times 1.17)}{12.9} = 3.85 \text{ g/cm}^3 \quad (43)$$

16. Fracción volumétrica (en porcentaje) de materiales pesados

$$\varphi_{wm} = \frac{3.85 - 2.65}{4.2 - 2.65} (12.9) = 10.0\% \quad (44)$$

17. Fracción volumétrica (en porcentaje) de sólidos de baja gravedad

$$\varphi_{lg} = 12.9 - 10.0 = 2.9\% \quad (45)$$

18. Concentración másica de los materiales pesados

$$c_{wm}, \frac{kg}{m^3} = 10 \times 4.20 \times 10.0 = 147.0 \quad (46)$$

19. Concentración másica de sólidos de baja gravedad

$$c(lg), \frac{kg}{m^3} = 10 \times 2.65 \times 2.9 = 76.9 \quad (48)$$

Fluido de perforación que contiene tanto CaCl₂ Y NaCl por sales (fluido de perforación C)

1. Contenido total de cal

$$c[Ca(OH)_2]_{TOT} = 3.691 \times 2.6 = 9.6 \text{ kg/m}^3 \quad (18)$$

2. Contenido total de calcio

$$c(Ca^{++})_{TOT} = 4000 \times 8.4 = 33600 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (17)$$

3. Contenido total de cloro

$$c(Cl^-)_{TOT} = 10000 \times 7.0 = 70000 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (16)$$

4. Contenido total de cloruro de calcio

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 2.774 \times 33600 = 93206 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (20)$$

$$c[CaCl_2]_{TOT} = 0.000971 \times 33600 = 32.6 \text{ lb/bbl} \quad (22)$$

5. Contenido de cloro asociado al CaCl₂

$$(Cl^-_{CaCl_2})_{TOT} = 1.77 \times 33600 = 59472 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (23)$$

6. Contenido de cloruro de sodio evaluado

$$c(Cl^-_{NaCl}) = 70000 - 59472 = 10528 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (27)$$

El número positivo indica que hay NaCl presente en este lodo. Por lo tanto, el contenido de cloruro de sodio debe ser recalculado.

7. Contenido total de cloruro de sodio recalculado

$$c(NaCl)_{TOT} = 1.57 \times 59472 = 39371 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (28)$$

Expresado en otras unidades:

$$NaCl, \frac{kg}{m^3} = 0.001 \times 39371 = 39.4 \text{ kg/m}^3 \quad (29)$$

$$NaCl, \frac{lb}{bbl} = 0.00035 \times 93371 = 32.7 \text{ lb/bbl} \quad (30)$$

8. Contenido de Cloruro de sodio total

$$c(NaCl)_{TOT} = 1.65 \times 10528 = 17371 \frac{mg}{l} \text{ de fluido de perf} \quad (28)$$

$$NaCl, \frac{kg}{m^3} = 0.001 \times 17371 = 17.371 \quad (29)$$

$$NaCl, \frac{lb}{bbl} = 0.00035 \times 17371 = 32.7 \quad (30)$$

9. Fracción de masa de cloruro de sodio, expresada como un porcentaje

$$W_{NaCl} = \frac{100 \times 17371}{93371 + 17371 + (10000 \times 25.0)} = 4.8\% \text{ fracción de masa} \quad (32)$$

NOTA Buscando en la fig 1. Confirme que todo el cloruro de sodio está en sln.

10. Fracción de masa de cloruro de calcio, expresada como un porcentaje

$$W_{CaCl_2} = \frac{100 \times 93371}{913371 + 17371 + (10000 \times 25.0)} = 25.9\% \text{ fracción de masa} \quad (31)$$

11. Densidad de la salmuera de cloruro de sodio y cloruro de sodio

$$\rho_B = 0.99707 + (0.006504 \times 4.8) + (0.007923 \times 25.9) + 0.00008334(4.8)(25.9) + 0.00004395(4.8)^2 + 0.00004964(25.9)^2 = 1.28 \text{ g/cm}^3 \quad (35)$$

12. Concentración másica del cloruro de calcio, en miligramos por litro

$$c(CaCl_2) = 10000 \times 25.9 \times 1.28 = 33150 \text{ mg/l} \quad (36)$$

13. Concentración másica del cloruro de sodio, en miligramos por litro

$$c(NaCl) = 10000 \times 4.8 \times 1.28 = 61440 \text{ mg/l} \quad (36)$$

14. Fracción volumétrica (como porcentaje) de salmuera

$$\varphi_B = \frac{100 \times 25.0}{[1.28 - (100 - (25.9 + 4.8))]} = 28.2\% \quad (37)$$

15. Fracción volumétrica de sólidos corregida (en porcentaje)

$$\varphi_{sol} = 100 - (59.5 + 28.2) = 12.3\% \quad (38)$$

16. Cálculos de la relación Aceite/agua (fracción volumétrica)

$$\varphi_o = \frac{100 \times 59.5}{59.5 + 25.0} = 70.4\% \text{ aceite} \quad (39)$$

$$\varphi_w = \frac{100 \times 25.0}{59.5 + 25.0} = 29.6\% \text{ agua} \quad (40)$$

OWR= 70.4/29.6

17. Cálculos de la relación aceite/salmuera (fracción volumétrica)

$$\varphi_o = \frac{100 \times 59.5}{59.5 + 28.2} = 67.8\% \text{ aceite} \quad (41)$$

$$\varphi_B = \frac{100 \times 28.2}{59.5 + 28.2} = 32.2\% \text{ salmuera} \quad (42)$$

OWR= 67.8/32.2

18. Densidad promedio de los sólidos suspendidos

$$\bar{\rho}_{sol} = \frac{100 \times 1.32 - (59.5 \times 0.84) - (28.2 \times 1.28)}{12.3} = 3.75 \text{ g/cm}^3 \quad (43)$$

19. Fracción volumétrica (en porcentaje) de materiales pesados

$$\varphi_{wm} = \frac{3.75 - 2.65}{4.2 - 2.65} (12.3) = 8.5\% \quad (44)$$

20. Fracción volumétrica (en porcentaje) de sólidos de baja gravedad

$$\varphi_{lg} = 12.3 - 8.5 = 3.8\% \quad (45)$$

21. Concentración másica de los materiales pesados

$$c_{wm}, \frac{kg}{m^3} = 10 \times 4.20 \times 8.5 = 357.0 \quad (46)$$

22. Concentración másica de sólidos de baja gravedad

$$c(lg), \frac{kg}{m^3} = 10 \times 2.65 \times 3.8 = 100.7 \quad (48)$$

Fluido de perforación que contiene CaCl₂ y exceso de NaCl (fluido de perforación D)

7. ANEXO F (Informativo)

MUESTREO, INSPECCIÓN Y RECHAZO DE LOS MATERIALES DE PERFORACIÓN

El siguiente procedimiento provee muestreo, inspección y métodos de rechazo para materiales de fluidos de perforación que se ajusten a la norma ISO 13 500 [2]. Es aplicable a la barita, hematita, bentonita, bentonita no tratada, attapulgita, sepiolita, de calidad-técnica baja viscosidad carboximetilcelulosa, de calidad-técnica alta viscosidad carboximetilcelulosa y bentonita – grado OCMA.

Muestreo de material pulverizado en paquetes:

Tome 15 o más muestras de 0,5 kg (1,1 libras) para que muchas sean combinados como la muestra de ensayo.

Para cada lote de 1 000 paquetes o al menos, 15 paquetes se deben tomar muestras.

El muestreo se lleva a cabo por cualquiera de los métodos siguientes según lo acordado por las partes contratantes.

- Una muestra de un peso mínimo de 0,5 kg se debe tomar desde la parte superior de cada paquete, o
- Un tubo de muestreo capaz de tomar un núcleo de al menos 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro deben ser utilizados. El tubo debe ser insertado en el paquete que se muestrea de manera que se necesitará un núcleo de material para esencialmente toda la longitud del paquete.

Muestreo de material en polvo a granel:

Un tubo de muestreo capaz de extraer un núcleo de un diámetro no inferior a 2,5 cm (1 pulgada) se debe utilizar para recoger muestras de los recipientes de almacenamiento de de 25 000 kg a 100 000 kg (25 toneladas métricas a 100 toneladas métricas). El tubo debe ser de longitud suficiente para permitir la toma de una muestra sustancial desde la parte superior a la parte inferior del contenedor del material que está siendo muestreado.

15 muestras deben tomarse de cada lote (contenedor). Si las dimensiones del recipiente son tales que la muestra no puede ser tomada de esta forma, la muestra debe ser tomada por un método acordado por las partes contratantes.

Tomar por lo menos una muestra de cada recipiente que contiene menos de 20 000 kg (20 toneladas métricas), hasta un montón de 10 contenedores. El número total de muestras tomadas de cada lote de 100 000 kg (100 toneladas métricas) o menos no debe ser inferior a 10.

Preparación de la prueba de la muestra

Las muestras de cada lote se deben combinar, mezclar, y partir o estriar para proporcionar una muestra de prueba de 7 kilogramos (15 libras) que se dividirán en tres partes iguales.

Cada parte debe ser sellada en un envase hermético, a prueba de humedad adecuado. Una de las muestras debe ser entregada al comprador, una para el proveedor, y la tercera muestra debe conservarse durante un ensayo de referencia, si es necesario.

Prueba

Cada parte debe hacer la medición en su muestra de ensayo de acuerdo con el procedimiento de la prueba específica que se indica en la norma ISO 13500 [2].

Inspección

El inspector del comprador debe conceder todas las facilidades razonables para el cuidado del muestreo y la inspección. Un período de seis días se debe permitir para el muestreo y la realización de la prueba de aceptación.

Rechazo

El rechazo del material, basado en la no aprobación de la prueba que se establece en el pliego de condiciones, se debe informar al proveedor inmediatamente después de la finalización de las pruebas, y la causa de rechazo deberá indicarse.

Repetición

- Cualquiera de las partes contratantes podrá solicitar una nueva prueba en la semana siguiente a la fecha del informe de ensayo original.
- Si las partes contratantes no pudiesen llegar a un acuerdo, la tercera muestra de material debe ser entregada, sin abrir, a un laboratorio para las pruebas, y los resultados de este ensayo de arbitraje será vinculante para ambas partes.

8. ANEXO G (Informativo)

MUESTREO EN TALADRO

El siguiente es un procedimiento recomendado para la obtención de muestras de ensayo, en sitio (en el taladro), de las cargas específicas de los materiales de los fluidos de perforación. Previo acuerdo de las partes contratantes, este procedimiento se puede utilizar para probar las propiedades del material entregado al sitio de perforación.

Muestreo Bottom -flow (preferido)

-Equipo

1. Sampler con corriente lateral, como se muestra en la **Figura G.1**.
2. Bolso de lona, de aproximadamente 14 cm (5,5 pulg) de diámetro y 30 cm (12 pulgadas) de largo.
3. Contenedor apropiado, por ejemplo, una bolsa de empate, construida de tal manera que conserve todo bien.

-Procedimiento

1. Conecte un sampler de corriente lateral a la salida de los camiones.
2. Tome tres muestras de 1,5 kg a 2,5 kg (3 libras a 5 libras) durante la descarga, espaciados de modo que se toman cuando aproximadamente 1/4 , 1/2 y 3/4 de la carga ha sido transferida.

NOTA Una muestra de 4 kg a 7 kg (9 libras a 15 libras) se puede tomar con el reconocimiento de que existe la posibilidad de obtener una muestra no representativa. El mayor potencial de error en el muestreo es la contaminación de embarques previos de material en el mismo recipiente. Este error potencial puede ser minimizado al no tomar muestras de la superficie muy superior o desde el primer material de la parte inferior. Un segundo error potencial en la toma de muestras se presenta en la consideración de material de la toma de muestras de corriente lateral cuando la manguera de transferencia está sólo parcialmente llena. Esto puede ocurrir cuando el recipiente está casi vacío o el flujo de material se ha interrumpido. La segregación ha demostrado que puede producirse en estos casos.

3. Abrir la válvula momentáneamente para enjuagar cualquier material atrapado en la tubería lateral antes de tomar cada muestra individual. Envolver con una bolsa de lona limpia para la toma de muestras y llenarla en una operación de apertura de válvula.

NOTA cerrar parcialmente la válvula de inyección de aire en la salida del fondo antes de tomar la muestra, a menudo ayuda a conseguir un saco lleno con un mínimo de polvo.

4. Transfiera con cuidado la muestra de la bolsa de lona a una tie-bag u otro recipiente adecuado. Etiquete este recipiente con toda la información pertinente.
5. Vacíe la bolsa antes de tomar la siguiente muestra. Utilice siempre una bolsa de lona limpia o nueva para cada contenedor.

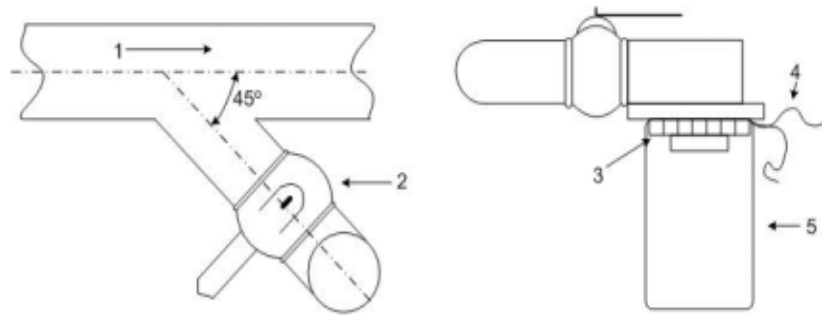


Figura G.1 - dispositivo de muestreo con corriente lateral

- 1 Dirección de flujo
- 2 5 cm (2 pulgadas) de la válvula de bola de 5 cm (2 pulgadas) de tubería lateral
- 3 bolas o labios para contener la bolsa de la cadena
- 4 Cuerda Draw
- 5 Bolsas de lona, 14cm × 30 cm (5,5 pulg × 12 pulg)

Muestreo puntual

-Equipo

1. **Porta-muestras** como se muestra en la Figura G.2, de dimensiones de 10 cm a 15 cm (4 a 6 pulgadas) de profundidad y 30 cm a 45 cm (12 a 18 pulgadas) de largo.
2. **Recipiente adecuado**, por ejemplo una bolsa de empaque, construida de tal manera que conserve todas bien.

-Procedimiento

1. Abra la escotilla superior con cuidado. No permita que la cubierta del golpeé con la parte superior del tanque.
2. Retire el material de la superficie superior debajo de la tapa para formar una zanja de 1,5 veces más ancho que el porta-muestras.
3. Lleve fuera de 1,5 kg a 2,5 kg (3 libras a 5 libras) de muestra de la parte inferior de esta trinchera y transfírela a una tie-bolsa u otro recipiente adecuado. Marque el recipiente.
4. Repita esta operación en otros dos puntos en la parte superior del material cerca del punto medio entre el centro y los extremos del tanque del camión.

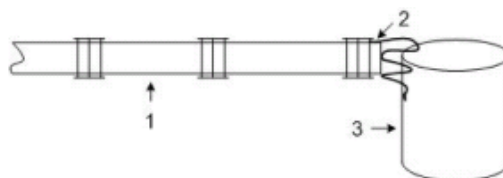


Figura G.2 – Porta-muestras

1. Mango de extensión del pintor con pieza de extremo aplanado para la bisagra
- 2 Correa bisagra
- 3 Lata

9. ANEXO H (Informativo)

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LOS CORTES POR EL MÉTODO DE CHENEVERT

Este procedimiento describe la medición del electro-higrómetro de la humedad relativa del aire estancado en equilibrio con unos recién recogidos y limpios cortes para la muestra tomada de un pozo. La actividad medida A_w , en un valor que va de 0 a 1, es proporcional a la tendencia del vapor de agua para escapar (fugacidad) de la muestra, y se refiere al potencial químico del agua para reaccionar. El agua que está siendo medida en los cortes por este método es principalmente agua asociada con la arcilla y otros minerales hidratados en los shales.

Este procedimiento proporciona instrucciones específicas sobre la recogida de muestras, la manipulación y el lavado. Proporciona instrucciones para probar cortes utilizando el electro-higrómetro. Se sigue de cerca el procedimiento en el **anexo C** para medir la actividad de un fluido de perforación base aceite, y permite una comparación fiable entre los datos de actividad para un fluido de perforación base aceite y los datos de actividad para los shale de la misma manera.

Las medidas de la actividad de los cortes en la superficie de esta prueba, probablemente no representan la actividad de la misma el fondo del pozo de shale. Un corte puede ser alterado debido a los cambios en el estado de la temperatura, la presión y el estrés cuando se mueve desde el pozo a la superficie. Además, una diferencia significativa entre el barro y la actividad del corte hace que esta actividad se acerque a la del fluido de perforación base aceite. Las tendencias de las medidas del fluido de perforación base aceite y de los cortes, en la mayoría de los casos, no permiten que se pueda juzgar, cual tiene el mayor o menor valor de la actividad.

-Reactivos y equipo

1. **Soluciones saturadas de las sales** listadas en la Tabla H.1.

Tabla H.1 Soluciones de sales saturadas

Sal	CAS No.	A_w A 25°C (77°F)	Concentración De agua g/100 cm ³
Cloruro de calcio	10043-52-4	0.295	100
Nitrato de calcio	10124-37-5	0.505	200
Cloruro de sodio	7647-14-5	0.753	200
Nitrato de potasio	7757-79-1	0.938	200

- Cada solución de sal debe ser preparado por la adición de el número de gramos de sal indicados en la Tabla H.1 a 100 cm³ de agua destilada o desionizada, agitando a temperaturas entre 65 ° C y 90 ° C (150 ° F y 200 ° F) durante 30 min, a continuación, enfriamiento a una temperatura entre 25 ° C y 27 ° C (75 ° F y 80 ° F). Sal sólida deberá ser visible en el líquido después del equilibrio.
- Si no hay cristales son visibles, se deben añadir algunos cristales adicionales o granos de la misma sal para inducir la precipitación. Esto es a menudo necesario con cloruro de calcio. Se recomiendan las sales de pureza de grado reactivo. Sin embargo, si es necesario, campo de grado NaCl o CaCl₂ pueden ser sustituidos.

2. **Desecante**, cloruro de calcio anhidro (N ° CAS 10043-52-4).
3. **Electro-higrómetro**, la incorporación de un sensor de humedad relativa portátil y el indicador, con las siguientes especificaciones. Si este instrumento está equipado con una sonda de temperatura, un termómetro separado es innecesario.
 - La sonda de sensor de la humedad relativa debe ser adecuado para la inserción en el espacio de aire de un frasco que contiene la muestra, como se muestra en la figura C.1.
 - La respuesta de linealidad del instrumento debe ser tal que el coeficiente de correlación entre la actividad publicada estándar de salmuera y la humedad relativa, tal como se mide por el instrumento encima de cada salmuera, es mayor que 0,95.
 - El instrumento debe dar una lectura dentro de 10 % de la verdadera actividad dentro de 30 min, cuando se mide la actividad de salmuera de las soluciones de sal estándar en un C.2).
4. **suministro de "aceite base"**, 1,0 l y 1,5 l .Utilice el mismo aceite que se ha utilizado en el fluido de perforación a base de aceite. Asegúrese de que no hay agua libre presente.
5. **termómetro**, con un rango de 0 ° C a 105 ° C (32 ° F a 220 ° F).
6. **Pequeño tarro de boca ancha**, con un volumen de aproximadamente 150 cm³, que tiene un área de superficie del líquido de aproximadamente 38 cm² (5,9 pulgadas²). El recipiente debe tener un tapón de elastómero flexible que, cuando se aburre a través, se forma un sello hermético alrededor del eje de la sonda del sensor.
7. **la cubierta aislante**, hecha de espuma sintética, por el tarro de boca ancha. La cubierta debe quedar ajustado y debe aislar los lados y fondo de la jarra de las fluctuaciones de temperatura. Alternativamente, el frasco puede ser mantenido en un baño de agua de temperatura constante.
8. **papel milimetrado**.
9. **toallas de papel**, uno o más rollos.
10. **Lavador**, botella de plástico con un volumen de 500 cm³ y con una tapa de rosca.
11. **Tamiz**, con aberturas de 0,589 mm (28 mesh)
12. **vaso de precipitados**, 400 cm³

-Procedimiento

1. Calibración del higrómetro.
 - Preparar cada estándar humedad relativa conocida. Un volumen total de 40 cm³ es suficiente para cada recipiente de la muestra. Estos contenedores se mantendrán firmemente tapado para evitar derrames, evaporación o contaminación de las soluciones.
 - Desecar la sonda con cloruro de calcio anhidro u otro desecante en un recipiente de la muestra mediante la colocación de la sonda del sensor (que está en la tapa de frasco) en el espacio de aire por encima de la sal . Espere 10 min a 15 min. Una lectura de la humedad relativa de 24 % o menos indica que la sonda está seca. Mantenga una distancia de 12 mm (0,5 pulgadas) entre la sonda de detección y el desecante, y mantener la misma distancia de las soluciones salinas y muestras de fluidos de perforación. Nunca permita que la sonda entre en contacto directo las muestras o soluciones.
 - Transfiera la sonda y el tapón del frasco a la primera (la más baja actividad aw) solución estándar y permiten 30 minutos para alcanzar el equilibrio. Temperatura de los estándares debe mantenerse a 24 ° C a 25 ° C (75 ° F a 77 ° F).
 - Retire la sonda de la primera solución, y colocarlo en el contenedor con la solución de la actividad de segundo más bajo conocido.

- Proceda como en H.3.1.3 y medir la humedad relativa para cada solución, en vista de que de las más bajas a las más altas a_w actividad.
- Permita que cada norma se equilibre la misma cantidad de tiempo. Anotar la temperatura y la humedad relativa de porcentaje (% RH) indica.
- Cuando se obtienen datos completos, parcela % RH frente a_w en papel milimetrado.

-Cálculos

1. Actividad de los cortes a_w s. Buscar la humedad relativa por ciento obtenido en 11 en el gráfico representa en 7. Lea y registre la correspondiente actividad de esquejes (a_w s) que aparece en el gráfico.

10. ANEXO I (Informativo)

ANÁLISIS QUÍMICO DE SULFUROS ACTIVOS POR EL MÉTODO DE EL TRANSPORTADOR DE GAS GARRETT

Este procedimiento utiliza la rampa de gas Garrett para medir sulfuros activos en un fluido de perforación a base de aceite. La rampa de gas se separa el gas de una muestra de líquido y pasa el gas a través de un detector de sulfuro de hidrógeno, el tubo Dräger, para el análisis cuantitativo de sulfuro. El tubo Dräger responde a H₂S oscureciendo progresivamente a lo largo de su longitud como H₂S reacciona con el reactivo del tubo. Dos tubos Dräger cubren una amplia gama de concentraciones de sulfuro, de aproximadamente 1 mg / l a 4 000 mg / l. El tubo de gama baja es de color blanco hasta H₂S convierte negro parduzco. El tubo de alta gama es azul pálido hasta H₂S convierte negro. No se conoce ningún componente común de fluido de perforación o contaminante que no sea el H₂S provoca esta decoloración en estos tubos Dräger.

Discos de papel de acetato de plomo se pueden colocar en el transportador de gas Garrett para detectar cualitativamente la presencia o ausencia de sulfuro. Si la presencia de sulfuro se indica mediante el oscurecimiento del papel de plomo-etilo, un tubo Dräger se debe utilizar para el análisis cuantitativo.

Todo el fluido de perforación a base de aceite, no filtrado, se analiza con el fin de capturar todos los sulfuros activos. Sulfuros activos son típicamente los productos de neutralización de H₂S y cal, además de cualquier gas H₂S sin reaccionar. Uso de un ácido débil en el tren de gas libera gases de H₂S de sulfuros activos, pero no de sulfuros inertes, tales como sulfuro de cinc, sulfuro de cobre o sulfuro de plomo.

-Reactivos y equipo

1. **Solución de ácido cítrico** (CAS N ° 77 929)/demulsifier/sopropanol (CAS No. 67-63-0). Preparar una solución de ácido cítrico al 2 mol / l por disolución de 420 g de grado reactivo ácido cítrico en agua desionizada para preparar 1 000 cm de solución. Mezclar 200 cm³ de isopropanol y 25 cm³ de desemulsionante 5), en 1 000 cm³ de solución de ácido cítrico al 2 mol/l.
2. **Anti-espumante**, octanol (CAS No. 111-87-5) en un frasco cuentagotas.
3. Acetona (CAS No. 67-64-1).
4. **Gas transportado-inerte**, sulfuro de hidrógeno, sales de sulfuro, ácido cítrico, desemulsionante, isopropanol y reactivos tubo Dräger. Se prefiere el nitrógeno, pero el dióxido de carbono es aceptable. Evitar de aire u otros gases que contienen oxígeno.
5. **Medidor de flujo**, preferido de tipo bola flotante, capaz de medir 300 cm³/min de CO.
6. El tubo flexible, inerte a sulfuro de hidrógeno y gas portador. Se prefiere la goma de látex o equivalente.
7. **Accesorios y tubería rígida**, inerte al sulfuro de hidrógeno y ácido.
8. Jeringa, 10 cm³, construidos de vidrio o plástico que es inerte a los fluidos y sulfuros de perforación a base de aceite.
9. **Cilindro graduado**, 25 cm³.
10. **Agitador magnético**, 2,5 cm (1 in) barra de agitación, recubiertas de vidrio o PTFE.
11. **Varilla agitadora**, recubierto con PTFE.
12. **Tubo de inyección de la muestra**, con 15 mm (6 pulg) de la aguja, de PTFE o equivalente, de plástico que es inerte a los fluidos y sulfuros de perforación a base de aceite.

-Procedimiento

1. Siga las instrucciones del fabricante para el montaje y operación del transportador de gas Garrett.
2. Pase el tubo de inyección a través del tapón de goma en la parte superior de la Cámara 1, asegurándose de que se sella en el tabique.
3. Ajuste la caja del tren de gas, con la tapa quitada, en el agitador magnético con el centro de la Cámara 1, sobre el centro del agitador. Coloque la barra de agitación en la Cámara 1. Quite las patas de goma de la caja del tren de gas por lo que estar plana sobre el agitador.
4. Añadir 20 cm³ de ácido / demulsificante/ solución de isopropanol cítrico [I.2. a)] en la cámara 1. I.3.5 Añadir 10 gotas de anti- espuma en la Cámara 1. I.3.6 véase el cuadro I.1 para el volumen y el tipo de tubo Dräger requerido para el rango esperado de sulfuro. Seleccione el tipo adecuado de tubo Dräger. Rompa la punta de cada extremo del tubo.
5. Inserte el tubo Dräger, con la flecha apuntando hacia abajo, en el receptáculo aburrido. Del mismo modo, se introducirá el tubo medidor de flujo, con " TOP" hacia arriba. Asegúrese de que el sello de las juntas tóricas alrededor del cuerpo de cada tubo.

Tabla I.1

Rangos de concentración del sulfuro mg/l	Volumen de muestra cm ³	Identificación del Tubo Dräger (ver el cuerpo del tubo)	Factor del tubo ^a (usado en los cálculos)
1.2 a 24	10.0	H ₂ S 100/a	0.12
2.4 a 48	5.0	H ₂ S 100/a	0.12
4.8 a 96	2.5	H ₂ S 100/a	0.12
30 a 1050	10.0	H ₂ S 0.2 %/a	1500
60 a 2100	5.0	H ₂ S 0.2 %/a	1500
120 a 4200	2.5	H ₂ S 0.2 %/a	1500

^a Si se usan otros tubos, la columna 4 (factor del tubo) debe ser cambiada de acuerdo a las especificaciones de fábrica.

-Cálculos

1. Usando el volumen de la muestra de fluido de perforación medido (V) En mililitros, la máxima longitud del tubo Dräger oscurecida (l) en las unidades de marcado en el tubo y el factor tubo (f) de la **Tabla I.1**, calcular la concentración en masa de sulfuros activos en la muestra de fluido de perforación.

11. ANEXO H (INFORMATIVO)

CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL MATERIAL DE VIDRIO, TERMÓMETROS, VISCOSÍMETROS, KIT DE RETORTA Y FLUIDOS DE PERFORACIÓN BALANCEADOS

En este anexo se sugiere métodos para la calibración de equipos de prueba de campo no están cubiertos por los procedimientos de prueba en la presente Norma.

Calibración de aparatos

Cristalería volumétrica

Calibración de pipetas, cilindros graduados y equipo similar se realiza generalmente por el proveedor de objetos de vidrio y puede ser parte de la especificación de la adquisición. Cuando se considere importante, los usuarios cristalería deben obtener evidencia documentada de calibración de la cristalería del proveedor. La calibración puede ser verificada por gravimetría. No se requiere recalibración periódica. Un procedimiento para la calibración de cilindros graduados se da en J.3.

Termómetros

Calibrar los termómetros utilizados en las pruebas de campo, especialmente los termómetros de metal de marcado de uso común, contra un termómetro estándar. Los termómetros deben ser calibrados antes de su puesta en servicio, y después periódicamente, en función de la importancia de la medición y la estabilidad del termómetro. Un procedimiento para la calibración de los termómetros se da en J.4.

Viscosímetros

Calibrar viscosímetros usados en las pruebas de campo contra fluidos de viscosidad estándar rastreable. Viscosímetros deben ser calibrados antes de su puesta en servicio, y después periódicamente, en función de la importancia de las mediciones y la estabilidad del viscosímetro. Mientras que en el servicio, viscosímetros se deben revisar al menos cada mes y con mayor frecuencia si el viscosímetro indica inestabilidad. Un procedimiento para la calibración de viscosímetros se da en J.5.

Fluidos de perforación balanceados

Calibrar la perforación de los saldos de fluidos utilizando agua desionizada, según se especifica en el procedimiento de prueba dada en 5.2 a). La frecuencia recomendada es de antes de cada serie de mediciones, o según lo especificado por el operador, la perforación de la compañía de líquido u otra parte interesada.

Kit de retorta

Calibrar réplica taza kit utilizando agua desionizada, según se especifica en el procedimiento de prueba que figura en J.6. La frecuencia recomendada es de antes de cada serie de mediciones, o según lo especificado por el operador, la perforación de la compañía de líquido u otra parte interesada.

-Procedimientos

Calibración de probetas graduadas

- Permitir el receptor y agua destilada hasta alcanzar la temperatura ambiente. Registre la temperatura con precisión de 0,5 ° C más cercana (1 ° F).
- Coloque el receptor limpio y vacío, con su base, en el equilibrio y la tara a cero.

Calibración de los termómetros

- Coloque el termómetro para calibrar de lado a lado con un termómetro estándar en un baño a temperatura constante [o recipiente adecuado de 4 l (1 galón) de capacidad o más, llenos de agua, en un cuarto donde la temperatura es relativamente constante y permitir que se equilibre durante 30 min.
- Lea ambos termómetros y registrar las lecturas.
- Repita las lecturas a intervalos de 5 minutos para obtener al menos cuatro grupos de lecturas.
- Calcular la lectura promedio para cada termómetro.

Tabla J.1 Densidad del agua en función de la temperatura

°C	°F	Densidad g/cm ³
15.0	59.0	0.999 1
15.5	59.9	0.999 1
16.0	60.8	0.999 0
16.5	61.7	0.998 9
17.0	62.6	0.998 8
17.5	63.5	0.998 7
18.0	64.4	0.998 6
18.5	65.3	0.998 5
19.0	66.2	0.998 4
19.5	67.1	0.998 3
20.0	68.0	0.998 2
20.5	68.9	0.998 1
21.0	69.8	0.998 0
21.5	70.7	0.997 9
22.0	71.6	0.997 7
22.5	72.5	0.997 6
23.0	73.4	0.997 5
23.5	74.3	0.997 4
24.0	75.2	0.997 3
24.5	76.1	0.997 1
25.0	77.0	0.997 0
25.5	77.9	0.996 9
26.0	78.8	0.996 8
26.5	79.7	0.996 6
27.0	80.6	0.996 5
27.5	81.5	0.996 4
28.0	82.4	0.996 2
28.5	83.3	0.996 1
29.0	84.2	0.995 9

29.5	85.1	0.995 8
30.0	86.0	0.995 6
30.5	86.9	0.995 5
31.0	87.8	0.995 3
31.5	88.7	0.995 2
32.0	89.6	0.995 0
32.5	90.5	0.994 9
33.0	91.4	0.994 7
33.5	92.3	0.994 5
34.0	93.2	0.994 4
34.5	94.1	0.994 2
35.0	95.0	0.994 0

Calibración de viscosímetros

Obtener fluido de calibración certificado (s) con la carta (viscosidad frente a la temperatura) para cubrir el rango de interés , tal como 50 mPa · s , 100 mPa · s , etc Asegúrese de que el número de lote en la tabla coincide con el lote número en el recipiente de fluido . Cada lote de fluido estándar está certificado individualmente. La viscosidad normalmente variará ligeramente de un lote a otro.

Limpie y seque el bob viscosímetro, el rotor y la copa. Coloque el viscosímetro y de lado a lado del fluido sobre un mostrador en una habitación con una temperatura razonablemente constante [$< 3^{\circ}\text{C}$ ($< 5^{\circ}\text{C}$ Variación por hora)]. Dejar reposar en menos 2 h a equilibrar.

Calibración del kit de retorta

Permitir el receptáculo de la retorta, la tapa y el agua destilada hasta alcanzar la temperatura ambiente. Registre la temperatura con precisión de $0,5^{\circ}\text{C}$ más cercana (1°F).

Coloque el limpio, receptáculo de la retorta vacía y tapa en el equilibrio y la tara a cero.

Llene la taza de retorta con agua destilada. Coloque la tapa en la taza. Gire la tapa para obtener un ajuste adecuado. Asegúrese un pequeño exceso de agua fluye fuera del agujero en la tapa. Limpie el exceso de agua de la tapa; evitar mecha fuera del agua.

Calibración del filtro de la junta de prensa y las juntas tóricas

Compruebe la junta o la junta tórica con una galga con un diámetro entre 75,8 mm (2,99 pulgadas) y 76,9 mm (3,03 pulgadas).

12. ANEXO K (Informativo)

PRUEBAS DE FILTRACIÓN ALTA-TEMPERATURA/ALTA-PRESIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE UTILIZANDO EL APARATO DE CONEXIÓN EN LA PERMEABILIDAD Y CELDAS EQUIPADAS CON ATORNILLADAS TAPAS CON GARANTÍA

Las mediciones de las características de comportamiento de filtración y construcción de muros de los fluidos de perforación son fundamentales para el control y tratamiento de fluidos de perforación, así como las características del propio filtrado, como el petróleo, el agua, o el contenido de la emulsión.

Estas características se ven afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el líquido, y por sus interacciones físicas y químicas. El enchufar Aparato Permeabilidad (PPA) es una alta temperatura modificado, filtro de alta presión de la prensa utilizada para evaluar estas interacciones a través de diversos tipos de medios de filtro a presiones de hasta 13 800 kPa (2 000 psi) y temperaturas desde la temperatura ambiente a tan alta como 260 ° C (500 ° F) . Al igual que la estándar de filtro prensa ATAP, la PPA es adecuado para su uso ya sea en el campo o el laboratorio.

Operación segura de la PPA requiere que el operador de entender y practicar el correcto montaje y funcionamiento del equipo. El montaje incorrecto, uso incorrecto, o el uso de piezas defectuosas pueden crear la posibilidad de fuga de células o el fracaso, lo que resulta en lesiones graves o daños al equipo.

La celda de muestra está caliente durante el funcionamiento. El operador debe estar al tanto de las zonas calientes y evite el contacto con ellos. Las quemaduras pueden ser el resultado de tocar partes del equipo durante el funcionamiento normal. Estos instrumentos son calentados eléctricamente, y, al igual que con cualquier dispositivo eléctrico, si el cableado está dañado o defectuoso, cortocircuitos eléctricos pueden ocurrir y crear el riesgo de incendio, lesiones y daños al equipo. Utilice estos dispositivos sólo en circuitos de tierra.

Calefacción Segura

Se debe tener precaución para evitar lesiones durante la operación del PPA. Llega a ser lo suficientemente caliente como para causar quemaduras graves. Nunca deje un caliente o calefacción, PPA desatendido sin publicar un aviso.

La práctica de la eliminación de la celda y de enfriamiento con agua es peligrosa y se debe evitar. Las lesiones graves pueden ser causa por el vapor generado cuando una célula contactos de agua caliente, por el contacto directo con el celular, o por una caída accidental de la celda.

Funcionamiento eléctrico seguro

Asegúrese de que la fuente de energía se fusiona y conectado a tierra. Verifique que el cable de alimentación de la cámara de calefacción está en buenas condiciones y que está conectado a tierra correctamente.

Los problemas eléctricos en el cableado o calentadores no siempre se pueden detectar por inspección visual. La primera señal de problemas es a menudo sopla fusibles, desconexión de disyuntores, tiempo de calentamiento prolongado, o el rendimiento del termostato errático. Nunca comience cualquier reparación eléctrica sin antes desconectar el aparato de la fuente de alimentación.

-Equipo

Aparato de Permeabilidad

El PPA está diseñado para proporcionar mejores mediciones estática de filtración y puede ser operado a presiones y temperaturas que se aproximan a las que prevalecen de fondo de pozo. Se permite el uso de medios de filtración elegido para arenas expuestas simuladas en la mayor medida posible.

La celda de fluido se invierte y la presión se aplica a la parte inferior de la celda. El medio de filtro está en el extremo superior de la celda, a través del cual se recoge el filtrado.

Medio filtrante

El PPA puede utilizar uno cualquiera de un número de medios de filtración, incluyendo discos porosos sinterizados de cerámica o de metal, muestras de núcleo, y las camas de arena revestida o no revestida. Los discos de cerámica están disponibles con permeabilidades que van desde 100 a 100 mD. El uso de los medios que simulan expuestos rostros de arena, junto con el uso de presiones y temperaturas de ensayo correspondientes, proporcionan al usuario una imagen muy mejorada de lo que sucede el fondo del pozo.

Temporizador

30 min de intervalo

Termómetro

Alcance hasta 260 ° C (500 ° F).

Cilindro graduado (TC)

25 cm³ y 50 cm³

Mezclador de alta velocidad.

-Procedimientos

1. Precalentar la camisa de calentamiento.
2. Conecte el cable de alimentación al voltaje adecuado que se indica en la placa de identificación.
3. Gire el termostato a la categoría media.
4. Place un metal tallo termómetro de cuadrante en el pozo del termómetro de la camisa de calentamiento.
5. La lámpara piloto se encenderá cuando la temperatura de la camisa de calentamiento ha alcanzado el ajuste del termostato.
6. Presurización de la celda

Consulte la **Tabla K.1** para la presión correspondiente a la temperatura de ensayo, y el uso de la bomba hidráulica para aplicar esta presión a la célula.

Tabla K.1

Temperatura		Presión de calentamiento o contrapresión	
°C	°F	kPa	psi
Menor que 93	Menor que 20	0	0
93-149	200-300	690	100
150-176	301-350	1035	150
177-190	351-375	1380	200
191-204	376-400	1725	250
205-218	401-425	2415	350
219-232	426-450	3100	450
233-246	451-475	3800	550
247-260	476-500	4825	700

Nota: Los manifolds de 600 psi para contrapresión, necesitan ser modificados ajustándose a 700 psi. Sin embargo, Las pruebas son posibles, mientras se limiten los manifolds.

7. Realización de la prueba de filtración

8. Un temporizador de laboratorio debe ser utilizado y el filtrado se debe recoger. Registre el volumen a 1 min, 7,5 min y 30 min. Trazado de estos datos en contra de la raíz cuadrada del tiempo proporciona una descripción útil de la pérdida de aceleración. Si se desea, se pueden tomar muestras con mayor frecuencia, pero no se deben tomar antes de un minuto. Tiempos y volúmenes de prueba Precisamente grabados son necesarios para el cálculo preciso de los parámetros de filtración.

9. Evaluación final y desmontaje de la celda

10. Deje que el conjunto de célula a presión se enfríe en la camisa de calentamiento. Cuando estas pruebas se ejecutan con la frecuencia suficiente para justificarlo, un stand de enfriamiento, la estación o el baño puede ser proporcionado para acelerar el proceso de enfriamiento. Hay una herramienta de manipulación celular a disposición que se debe utilizar cada vez que una celda caliente para afrontarlo.

13. ANEXO L (Informativo)

PRUEBAS DE FILTRACIÓN ALTA-TEMPERATURA/ALTA-PRESIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE UTILIZANDO EL APARATO DE CONEXIÓN DE PERMEABILIDAD Y LAS CELDAS EQUIPADAS CON TAPONES ROSCADOS

Las mediciones de las características de comportamiento de filtración y construcción de muros de los fluidos de perforación son fundamentales para el control y tratamiento de fluidos de perforación, así como las características propias del filtrado, como el petróleo, el agua, o el contenido de la emulsión.

Estas características se ven afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el líquido, y por sus interacciones físicas y químicas. El enchufar Aparato Permeabilidad (PPA) es una alta temperatura modificado, filtro de alta presión de la prensa utilizada para evaluar estas interacciones a través de diversos tipos de medios de filtro a presiones de hasta 13 800 kPa (2 000 psi) y temperaturas desde la temperatura ambiente a tan alta como 260 ° C (500 ° F). Al igual que la estándar de filtro prensa ATAP, la PPA es adecuado para su uso ya sea en el campo o el laboratorio.

Funcionamiento seguro del sistema de presurización hidráulica

Asegúrese de que la presión hidráulica ha sido puesto en libertad y que el indicador de presión en la bomba esté en cero, antes de hacer lo siguiente:

- a) Intente de desconectar la manguera de presión de la celda al acoplamiento rápido;
- b) Intente de retirar a la célula de la chaqueta de calentamiento;
- c) Traslado de la PPA;
- d) Recarga de la bomba hidráulica;

Segura presurización neumática del receptor de contrapresión

Siempre use nitrógeno o dióxido de carbono para presurizar el receptor de contrapresión. Con fluidos de silicato, utilice únicamente nitrógeno. Nunca use aire comprimido, oxígeno u otro gas no se recomienda. Si se utiliza nitrógeno, que debe ser suministrado en un cilindro de gas nitrógeno aprobado, o el sistema de suministro de nitrógeno debe ser incorporada en el laboratorio. Cilindros de nitrógeno deben ser asegurados para cumplir las normas de seguridad. Se suministra normalmente en cartuchos pequeños, a presión alrededor de los 6 200 kPa (900 psi). Se utilizan principalmente para las operaciones de campo. No permita que estos cartuchos para ser calentados o expuestos al fuego. Pueden explotar si se sobrecalientan.

Calefacción Segura

Se debe tener precaución para evitar lesiones durante la operación del PPA. Llega a ser lo suficientemente caliente como para causar quemaduras graves. Nunca deje un caliente o calefacción, PPA desatendido sin publicar un aviso.

Mantenimiento seguro de celdas de ensayo

La celda de filtración es un recipiente a presión. Considere la posibilidad de que sea una fuente de peligro potencial. Las siguientes precauciones de seguridad detalladas para asegurar un funcionamiento seguro:

- a) los materiales de la célula debe ser compatible con las muestras de ensayo;
- b) Nunca utilizar las células que muestran signos de picaduras o bajo tensión severa;

-Equipo

Aparato de permeabilidad

El PPA está diseñado para proporcionar mejores mediciones estática de filtración y puede ser operado a presiones y temperaturas que se aproximan a las que prevalecen de fondo de pozo. Se permite el uso de medios de filtración elegido para arenas expuestas simuladas en la mayor medida posible.

La celda de fluido se invierte y la presión se aplica a la parte inferior de la celda. El medio de filtro está en el extremo superior de la celda, a través del cual se recoge el filtrado.

Medio filtrante

El PPA puede utilizar uno cualquiera de un número de medios de filtración, incluyendo discos porosos sinterizados de cerámica o de metal, muestras de núcleo, y las camas de arena revestida o no revestida. Los discos de cerámica están disponibles con permeabilidades que van desde 100 a 100 mD D. El uso de los medios que simulan expuestos rostros de arena, junto con el uso de presiones y temperaturas de ensayo correspondientes, proporcionan al usuario una imagen muy mejorada de lo que sucede el fondo del pozo.

Temporizador, 30 min de intervalo.

Termómetro, alcance hasta 260 ° C (500 ° F).

Cilindro graduado (TC), 25 cm³ y 50 cm³.

Mezclador de alta velocidad.

-Procedimiento

Cargar la celda de filtración, Utilice la llave inglesa para quitar las tapas de los extremos. A continuación, desenroscar los pezones de las tapas y quitar el pistón de la célula.

Lubricar las roscas y la parte inferior del anillo de retención, y atornillar el anillo en la parte superior de la celda. Apretar, usando la única llave de pivotes llave si es necesario. Apriete hasta que la brida exterior del anillo de retención está al ras contra la parte superior del cuerpo de la célula. El intento de apretar aún más no va a mejorar el sello y hará que la tapa más difíciles de eliminar.

Presurización de la celda, Consulte la Tabla K.1 para la presión correspondiente a la temperatura de ensayo, y el uso de la bomba hidráulica para aplicar esta presión a la célula. Si se utiliza una bomba de accionamiento manual, que siempre debe ser operado a cerca de un derrame cerebral por segundo.

Realización de la prueba de filtración,

Un temporizador de laboratorio debe ser utilizado y el filtrado se debe recoger. Registre el volumen a 1 min, 7,5 min y 30 min. Trazado de estos datos en contra de la raíz cuadrada del tiempo proporciona una descripción útil de la pérdida de aceleración. Si se desea, se pueden tomar muestras con mayor frecuencia, pero no se deben tomar antes de un minuto. Tiempos y volúmenes de prueba Precisamente grabados son necesarios para el cálculo preciso de los parámetros de filtración.

Finalización de la prueba y de la celda de desmontaje, desconecte la camisa de calentamiento de la fuente de alimentación.

-Cálculos

Reporte el filtrado, reporte el volumen real filtrado acumulado, en cm^3 , tomelo a través de cada periodo de tiempo seleccionado.

Reporte la retorta del filtrado, Mida y registre el espesor de la torta de filtro con una precisión de 0,8 mm (1/32 pulgadas). Incluya una descripción como duro, blando, duro flexible de goma, empresa, etc. A pesar de que estos son necesariamente juicios subjetivos, pueden transmitir información importante.

14. ANEXO M (Informativo)

FORMA-REPORTE FLUIDO DE PERFORACIÓN BASE ACEITE

DRILLING MUD REPORT										OIL MUD REPORT NO.	
API Well No.	State	County	Well				S/T	Date	20	Depth	<input type="checkbox"/> MD <input type="checkbox"/> TVD
OPERATOR:							CONTRACTOR:			RIG NO.:	
Report for							Report for			Section, Township, Range	
Well Name and No				Field or Block No			County, Parish, Offshore Area			State/Province	
BIT DATA		DRILLING STRING			CASING		CIRCULATION DATA				
MUD PROPERTIES:							MUD PROPERTY SPECIFICATIONS:				
Sample from <input type="checkbox"/> F.L. Pit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F.L. Pit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F.L. Pit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> F.L. Pit <input type="checkbox"/>							Weight		Viscosity		Filtrate
Time Sample Taken							RECOMMENDED TOUR TREATMENT:				
Flowline Temperature (°C or °F)											
Density <input type="checkbox"/> (ppg) <input type="checkbox"/> (lb/cu ft) <input type="checkbox"/> (sp gr) _____ °C or °F											
Funnel Viscosity (sec/qt) API @ _____ °C or °F											
Plastic Viscosity cp @ _____ °C or °F											
Yield Point (lb/100 ft ²)											
Gel Strength (lb/100 ft ²) 10 sec/10 min							/ / / /				
Filtrate API (m/30 min)											
HTHP Filtrate (cm ³ /30 min) @ _____ °C or °F							REMARKS:				
Cake Thickness 32nd in. or mm							/ / / /				
Electrical Stability (v), Meter Type _____											
Retort Solids, % volume							/				
Retort Liquid, % volume Oil/Water							/ / / /				
Oil/Water Ratio							/ / / /				
Alkalinity (V _{SH}), (cm ³ H ₂ SO ₄)											
Filtered yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>											
Chloride Whole Mud Cl _{OM} (mg/L)											
Calcium Whole Mud Ca _{OM} (mg/L)							/				
PRODUCTS							SOLIDS EQUIPMENT:				
DRILLING FLUID VOLUME		SOLIDS ANALYSIS			FLUID RHEOLOGY & HYDRAULICS			COST ANALYSIS			
REPRESENTATIVE _____							PHONE _____			WAREHOUSE PHONE _____	

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 2977, *Petroleum products and hydrocarbon solvents—Determination of aniline point and mixed aniline point*
- [2] ISO 10414-1/API RP 13B-1, *Petroleum and natural gas industries — Field testing of drilling fluids — Part 1: Water-based fluids*
- [3] ISO 10416/API RP 13I, *Standard procedure for laboratory testing drilling fluids*
- [4] ISO 13226, *Rubber – Standard reference elastomers (SRE's) for characterizing the effect of liquids on vulcanized rubber*
- [5] ISO 13500/API Spec 13A, *Petroleum and natural gas industries — Drilling fluid materials — Specifications and test*
- [6] API RP 13B-2, February 1998, *Standard procedure for field testing oil-based drilling fluids (third edition)*
- [7] API RP 13D, *Rheology and hydraulics of oil-well drilling fluids*
- [8] ASTM C25, *Standard test methods for chemical analysis of limestone, quicklime, and hydrated Lime*
- [9] ASTM D412, *Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers tension*
- [10] ASTM D471, *Standard test method for rubber property – effect of liquids*
- [11] ASTM D1415, *Standard test method for rubber property – international hardness*
- [12] ASTM D2240, *Standard test method for rubber property – durometer hardness*
- [13] ASTM D3182, *Standard practice for rubber – materials, equipment and procedures for mixing standard compounds and preparing standard vulcanized sheets*
- [14] ASTM D3183, *Standard practice for rubber – preparation of pieces for test purposes from products*
- [15] B.R. Staples and R.L. Nuttall, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 6 (2), 1985, pp. 385-407
- [16] E.C.W. Clarke and D.N. Grew, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, 14 (2), 1985, pp. 489-610
- [17] R.H. Stokes and R.A. Robinson. Standard solutions for humidity control at 25 °C. *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1949, pp. 2013.
- [18] T.E. Watkins and M.D. Nelson. High temperature gelation of drilling fluids. *AIME Transactions*. 193, 1953, pp. 213-218.

ⁱ Whatman N° 50 y S&S 576 son ejemplos de productos adecuados disponibles comercialmente.

ⁱⁱ Los discos Dynalloy X-5, son un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente.

ⁱⁱⁱ Calver r@II es un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente.

ANEXO 2

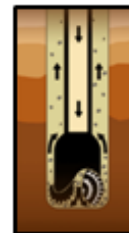
PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA PRUEBAS DE CAMPO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN ANSI/API 13B-1 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA: 2009



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



CONTENIDO

1. PRUEBAS DE LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO API 13B-1 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA	1
1.1 DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN.....	2
1.2 VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL	5
1.3 FILTRACIÓN	8
1.4 CONTENIDO DE AGUA, ACEITE Y SÓLIDOS.....	13
1.5 CONTENIDO DE ARENA.....	18
1.6 CAPACIDAD DE AZUL DE METILENO	19
1.7 pH	22
1.8 ALCALINIDAD Y CONTENIDO DE CAL	26
2. ANEXO A	33
3. ANEXO B	50
4. ANEXO C	52
5. ANEXO D	53
6. ANEXO E.....	54
7. ANEXO F.....	58
8. ANEXO G	60
9. ANEXO H	63
10. ANEXO I.....	68
11. ANEXO K.....	78

1. PRUEBAS DE LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO API 13B-1 FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA

Pruebas de laboratorio para la determinación de las siguientes características de los fluidos base agua:

- a) la densidad del fluido de perforación (peso del lodo);
- b) la viscosidad y resistencia del gel;
- c) filtración;
- d) el agua, el aceite y el contenido de sólidos;
- e) contenido de arena;
- f) capacidad de azul de metileno;
- g) pH;
- h) la alcalinidad y el contenido de cal;
- i) contenido de cloruros;
- j) dureza total, de calcio.

Los anexos de la A a la K proporcionan métodos de ensayo adicionales que se pueden utilizar para el análisis químico del calcio, magnesio, sulfato de calcio, sulfuros, carbonatos y potasio; para la determinación de la resistencia al corte, determinación de la resistividad, eliminación del aire; control de la corrosión en tuberías; muestreo, inspección y rechazo; muestreo en plataforma de perforación (taladro); calibración y verificación del material de vidrio, termómetros, viscosímetros, kit de retorta y evaluación en el PPA (instrumento de evaluación de la permeabilidad) a alta temperatura y alta presión para dos tipos de equipos.

1.1 DENSIDAD DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

Este procedimiento de ensayo es un método para determinar la masa de un volumen dado de líquido (equivalente a la densidad). La densidad del fluido de perforación se expresa como gramos por mililitro o kilogramos por metro cúbico (libras por galón o libras por pie cúbico).

-Equipo

1. **Instrumento de medición de densidad:** De una precisión de 0,01 g/ml o 10 kg/m³ (0,1 lb/gal o 0,5 lb/ft³). La balanza de lodo es el instrumento que se utiliza generalmente para determinar la densidad del fluido de perforación. La balanza de lodo es diseñada de tal manera que la taza de muestra del fluido de perforación, en un extremo de la viga, está equilibrada por un contrapeso fijo en el otro extremo, con una pesa deslizante libre de moverse a lo largo de una escala graduada. Un nivel de burbuja está montado en la viga para permitir el equilibrio exacto. Implementos para extender el rango de la balanza pueden utilizarse cuando sea necesario. El instrumento se debe calibrar con frecuencia con agua fresca. El agua dulce debe dar una lectura de 1,00 g/ml o 1 000 kg/m³ (8,33 lb/gal o 62,3 lb/ft³) a 21°C (70°F). Si no es así, ajuste el tornillo de equilibrio o la cantidad de (perdigones de plomo) lo mejor que el extremo del brazo graduado requiera.
2. **Termómetro:** con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220°F).

-Procedimiento

1. La base del instrumento se debe establecer en una superficie plana y nivelada.
2. Mida y registre la temperatura del fluido de perforación.
3. Llene la taza (limpia y seca), con el fluido de perforación que será probado, ponga la tapa en la taza de muestra del fluido de perforación y gire la tapa hasta que quede bien sellada. Asegúrese de que una parte del fluido de perforación es expulsado a través del orificio de la tapa con el fin de liberar el aire o gas atrapado (véase el anexo D para obtener información sobre la eliminación de aire o gas).
4. Manteniendo la tapa firmemente sobre la taza de muestra del fluido de perforación (con el orificio de la tapa cubierto), lave o limpie la parte exterior de la taza hasta que quede limpia y seca.
5. Sitúe la viga en el soporte de la base y equilibrela moviendo la pesa deslizante a lo largo de la escala graduada. El equilibrio se consigue cuando la burbuja se encuentra bajo la línea central.
6. Lea la densidad del fluido de perforación de una de las cuatro escalas calibradas sobre las flechas laterales de la pesa deslizante. La densidad se puede leer directamente en unidades de g/ml, lb/gal, y lb/ft³, o como un gradiente de fluido de perforación en psi/1000 ft.

-Cálculos

1. Reporte la densidad del fluido de perforación con una aproximación de 0.01 g/ml o 10 kg/m³ (0.1 lb/gal o 0.5 lb/ft³).
2. Las ecuaciones 1, 2 y 3 son usadas para convertir la densidad, ρ , expresada en gramos por mililitro a otras unidades:

En kilogramos por metro cúbico:

$$\rho_A = 1000 * \rho \quad (1)$$

En libras por galón:

$$\rho_B = 8.33 * \rho \quad (2)$$

Libras por pie cúbico:

$$\rho_C = 62.3 * \rho \quad (3)$$

3. Las siguientes ecuaciones convierten la densidad al gradiente del fluido de perforación, Γ_{DFG} , expresado en pascales por metro (libras pulgada cuadrada por pie):

Expresado en pascales por metro:

$$\Gamma_{DFG,A} = 9.81 * g/ml \quad (4)$$

$$\Gamma_{DFG,A} = 22.6 * psi/ft \quad (5)$$

Expresado en libras por pulgada cuadrada por pie:

$$\Gamma_{DFG,B} = 0.0520 * lb/gal \quad (6)$$

$$\Gamma_{DFG,B} = 0.00694 * lb/ft^3 \quad (7)$$

Método alternativo para calcular la densidad del fluido de perforación

La densidad de un fluido de perforación que contiene aire o gas atrapado puede ser determinada con más precisión mediante el uso de la balanza de lodo a presión. La balanza de lodo a presión es similar en funcionamiento a la balanza de lodo convencional, la diferencia está en que la muestra en suspensión puede ser puesta en una taza de muestra de volumen fijo bajo presión.

El propósito de poner la muestra bajo presión es minimizar el efecto de aire atrapado o gas en suspensión sobre mediciones de la densidad. Al presurizar el recipiente para muestras, el aire o el gas atrapado se reduce a un volumen insignificante, lo que proporciona una medida de densidad más cercana de acuerdo con lo que se realiza bajo condiciones de fondo de pozo.

-Equipo

1. **Instrumento de medición de densidad:** De una precisión de 0,01 g/ml o 10 kg/m³ (0,1 lb/gal o 0,5 lb/ft³). La balanza de lodo es el instrumento que se utiliza generalmente para determinar la densidad del fluido de perforación. La balanza de lodo es diseñada de tal manera que la taza de muestra del fluido de perforación, en un extremo de la viga, está equilibrada por un contrapeso fijo en el otro extremo, con una pesa deslizante libre de moverse a lo largo de una escala graduada. Un nivel de burbuja está montado en la viga para permitir el equilibrio exacto. Implementos para extender el rango de la balanza pueden utilizarse cuando sea necesario. El instrumento se debe calibrar con frecuencia con agua fresca. El agua dulce debe dar una lectura de 1,00 g/ml o 1 000 kg/m³ (8,33 lb/gal o 62,3 lb/ft³) a 21°C (70°F). Si no es así, ajuste el tornillo de equilibrio o la cantidad de (perdigones de plomo) lo mejor que el extremo del brazo graduado requiera.
2. **Termómetro:** con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220 °F).

-Procedimiento

1. Mida y registre la temperatura del fluido de perforación.
2. Llene el recipiente para muestras a un nivel ligeramente por debajo del borde superior de la taza [aproximadamente 6,5 mm (0,25 pulg)].
3. Ponga la tapa en la taza de llenado, con la válvula de control adjunta en la posición de abajo (abierto). Empuje la tapa hacia abajo en la boca de la copa hasta que se haga contacto superficial entre el faldón exterior de la tapa y el borde superior de la copa. Cualquier exceso

de suspensión se expulsa a través de la válvula de control. Cuando la tapa se ha ubicado en la taza, tire de la válvula de control hasta la posición de cerrado, enjuague la taza y la rosca con agua, y selle la tapa en la taza.

4. El émbolo de presurización es similar en funcionamiento a una jeringa. Llene el émbolo sumergiendo su extremo en la suspensión (muestra), con el vástago del pistón completamente dentro. A continuación, lleve el vástago del pistón hacia arriba, llenando así el cilindro con lechada. Este volumen debe ser expulsado con la acción del émbolo y volverse a llenar con muestra de suspensión fresca para asegurar que este volumen del émbolo no se diluye con el líquido restante de la última limpieza del mismo.
5. Empuje la nariz del émbolo sobre la superficie de la junta de acoplamiento de la tapa de la válvula. Presurice la taza de la muestra manteniendo una fuerza hacia abajo sobre la carcasa del cilindro con el fin de sostener la válvula de control hacia abajo (abierta) y al mismo tiempo para forzar la varilla del pistón en el interior. Una fuerza de aproximadamente 225 N (50 lbf) o mayor debe mantenerse sobre la varilla del pistón.
6. La válvula de control en la tapa es accionada por presión; cuando se presuriza el interior de la taza, la válvula de control es empujada hacia arriba a la posición cerrada. Al cerrar la válvula gradualmente se alivia la carcasa del cilindro mientras se mantiene la presión sobre el vástago del pistón. Cuando la válvula de control se cierre, libere la presión en el vástago antes de desconectar el émbolo.
7. La muestra de suspensión a presión está ahora lista para pesar. Enjuague el exterior de la taza y séquelo. Póngalo sobre el filo de la cuchilla. Mueva el peso deslizante hacia la izquierda hasta que la viga esté equilibrada. La viga se equilibra cuando la burbuja se encuentra centrada entre las dos marcas negras. Lea la densidad de una de las cuatro escalas calibradas en el lado de la flecha de la pesa deslizante. La densidad se puede leer directamente en unidades de gramos por centímetro cúbico, libras por galón, y libras por pie cúbico, o como un gradiente de fluido de perforación en libras por pulgada cuadrada por cada 1000 pies.
8. Para liberar la presión dentro de la taza, vuelva a conectar el émbolo vacío al conjunto y empuje hacia abajo en el cuerpo del cilindro.
9. Limpie la taza y enjuáguela bien con agua. Para un mejor funcionamiento en lodos base agua, la válvula debe ser engrasada con frecuencia con grasa resistente al agua.

-Cálculos

1. Reporte la densidad del fluido de perforación con precisión de 0,01 g/ml o 10 kg/m³ (0,1 lb/gal o 0,5 lb/ft³).
2. Para conversiones, utilice las ecuaciones utilizadas en la prueba anterior.

1.2 VISCOSIDAD Y RESISTENCIA DE GEL

La viscosidad y la resistencia del gel son mediciones que se relacionan con las propiedades de flujo (reología) de fluidos de perforación. Los siguientes instrumentos se utilizan para medir la viscosidad y/o fuerza de gel de fluidos de perforación:

- a) Embudo de Marsh - un dispositivo simple para indicar la viscosidad de forma rutinaria;
- b) Viscosímetro de indicación directa - un dispositivo mecánico para la medición de la viscosidad a velocidades de corte diferentes.

Determinación de la viscosidad usando el embudo de Marsh

-Equipo

1. **Embudo de Marsh:** calibrado para un flujo de salida de 946 ml (1 cuarto de galón) de agua fresca a una temperatura de $(21 \pm 3) ^\circ\text{C}$ [$(70 \pm 5) ^\circ\text{F}$] en $(26 \pm 0,5)$ s, con una taza graduada como receptor.
2. **Cono del embudo:** de longitud 305 mm (12,0 pulgadas), diámetro de 152 mm (6,0 pulgadas) y una capacidad para fondo de filtro de 1 500 ml (1,6 cuartos de galón).
3. **Orificio:** de longitud de 50,8 mm (2,0 pulgadas) y un diámetro interior de 4,7 mm (0.188 pulg = 3/16 pulg).
4. **Filtro:** con 1,6 mm (0.063 in=1/16 in) aberturas (12 mesh); fijada en 19,0 mm (0,75 in= 3/4 in) por debajo del tope del embudo.
5. **Taza graduada:** con una capacidad mínima de 946 ml (1 cuarto de galón).
6. **Cronómetro.**
7. **Termómetro:** con un rango de $0 ^\circ\text{C}$ a $105 ^\circ\text{C}$ ($32 ^\circ\text{F}$ a $220 ^\circ\text{F}$).

-Procedimiento

1. Cubra el orificio del embudo con un dedo y vierta el fluido de perforación recientemente muestreado a través del filtro en el embudo en posición vertical. Llene hasta que el fluido llegue a la parte inferior del filtro.
2. Retire el dedo del orificio e inicie el cronómetro. Mida el tiempo que tarda el fluido de perforación en llenar 946 ml (1 cuarto de galón) marcados en la taza.
3. Mida la temperatura del fluido, en grados Celsius (grados Fahrenheit).
4. Reporte el tiempo y aproxímelo al segundo más cercano, este será la viscosidad medida con el embudo Marsh. Reporte la temperatura del fluido al grado Celsius más cercano (o grados Fahrenheit).

Determinación de la viscosidad y la resistencia de gel usando el viscosímetro de indicación directa

-Equipo

1. **Viscosímetro de indicación directa:** Este tipo de viscosímetro, es un instrumento de rotación accionado por un motor eléctrico o una manivela. El fluido de perforación está contenido en el espacio anular entre dos cilindros concéntricos. El cilindro o manguito exterior del rotor es accionado a una velocidad de rotación constante. La rotación de la camisa del rotor en el fluido produce un torque o una sacudida en el cilindro interior. Un muelle de torsión restringe el movimiento de la sacudida, y un dial unido a la sacudida indica su desplazamiento. Las

constantes del instrumento se han ajustado de manera que la viscosidad plástica y el Yield point (límite de elasticidad) se obtienen mediante el uso de las lecturas de velocidad de la manga del rotor de 300 r/min y 600 r/min.

2. **Cronómetro.**

3. **Termómetro:** con un rango de 0 °C a 105 °C (32 °F a 220 °F).

4. **Contenedor apropiado:** por ejemplo, la copa proporcionada con el viscosímetro.

-Procedimiento

1. Vierta la muestra en un recipiente y sumerja la camisa del rotor exactamente hasta la línea trazada. Las mediciones en el campo deben realizarse con la mínima demora (menos de 5 minutos, si es posible) y a una temperatura tan cerca como sea posible a la del fluido de perforación en el lugar de muestreo, pero que no difiera en más de 6°C (10°F). El lugar de muestreo se indica en el informe de la prueba.

La temperatura de operación máxima recomendada es de 90°C (200°F). Si los líquidos tienen que ser probados por encima de esta temperatura, ya sea un bob (tipo de viscosímetro) de metal sólido, o un bob de metal hueco con un interior completamente seco, deben ser utilizados.

PRECAUCIÓN: el líquido atrapado dentro de un bob hueco puede vaporizarse cuando se sumerge en un fluido de alta temperatura y hacer que este explote.

2. Registre la temperatura de la muestra.

3. Con el manguito giratorio a 600 r/min, espere que el dial del viscosímetro llegue un a un valor constante para realizar la lectura (el tiempo necesario depende de las características de fluido de perforación). Registre la lectura de línea de 600 r/min.

4. Reduzca la velocidad del rotor a 300 r/min y espere a que la lectura del dial del viscosímetro alcance un valor estable. Registre la lectura del dial de 300 r/min.

5. Agite la muestra del fluido de perforación durante 10 s en 600 r/min. Detenga el rotor.

6. Permita que la muestra de fluido de perforación repose por 10 s. Poco a poco y de manera constante gire el volante en la dirección correspondiente para producir una lectura del dial positiva. La lectura máxima es la fuerza de gel inicial. Para los instrumentos que tienen una velocidad de 3 r/min, la lectura máxima alcanzada después de comenzar la rotación en 3 r/min es la resistencia del gel inicial. Registre la fuerza de gel inicial (gel de 10 s) en libras por 100 ft².

NOTA: Para convertir la lectura del dial de pascales: 1 Pa=0.511 lb/100 ft².

7. Vuelva a agitar la muestra de fluido de perforación a 600 r/min durante 10 s, detenga el rotor y deje que el fluido de perforación repose por 10 min. Repita las mediciones como en el anterior paso 6, y reporte la lectura máxima como gel de 10 minutos en libras por 100 ft².

NOTA: Para convertir la lectura del dial de pascales: 1 Pa=0.511 lb/100 ft².

-Cálculos

El cálculo de la viscosidad plástica, η_P , expresada en milipascales segundos (centipoises), se da en la ecuación (8):

$$\eta_P = R_{600} - R_{300} \quad (8)$$

Donde

R_{600} es la lectura del dial a 600 r/min

R_{300} es la lectura del dial a 300 r/min

NOTA 1 La viscosidad plástica es comúnmente conocida en la industria por la abreviatura VP.

NOTA 2 1 cP = 1 mPa *s.

El cálculo para el punto de cedencia o yield point, Y_{PA} , expresado en pascales, viene dada en la ecuación (9):

$$Y_{PA} = 0.48 \times R_{300} - \eta_P \quad (9)$$

Cuando se calculan los valores en unidades USC (unidades americanas), el punto de cedencia (expresado en libras por cada cien metros cuadrados) se calcula de la siguiente manera:

$$Y_{PB} = R_{300} - \eta_P \quad (10)$$

NOTA 3 El punto de cedencia, expresado en libras por cada cien pies cuadrados, es comúnmente conocido en la industria por la abreviatura YP.

El cálculo para la viscosidad aparente, η_a , expresada en milipascales segundos (centipoises), está dada en la ecuación (11):

$$\eta_a = \frac{R_{600}}{2} \quad (11)$$

NOTA 4 La viscosidad aparente, expresada en milipascales segundos (centipoises), se conoce comúnmente en la industria por la abreviatura VA.

1.3 FILTRACIÓN

La medición del comportamiento del filtrado y las características de la creación de la torta del filtrado de un fluido de perforación son fundamentales para el control y el tratamiento del fluido de perforación, como las características del filtrado tales como aceite, agua o el contenido de emulsión.

Estas características se ven afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el fluido y su química física e interacciones que, a su vez, se ven afectados por la temperatura y la presión. Por lo tanto, las pruebas se practican tanto en baja presión/baja temperatura y alta presión/alta temperatura, y cada una requiere diferentes equipos y técnicas.

Prueba a baja temperatura/baja presión

-Equipo

1. **Filtro prensa:** que consiste principalmente en una celda cilíndrica para el fluido de perforación que tiene un diámetro interior de 76,2 mm (3 pulg) a una altura de al menos 64,0 mm (2,5 pulg).

Esta celda está hecha de materiales resistentes a las soluciones fuertemente alcalinas y se instala de tal manera que un medio de presión puede ser convenientemente anexado, y su purga en la parte superior. También se instalará de tal manera que una hoja de 90 mm (3,54 pulg) de diámetro de papel filtro pueda ser puesta en la parte inferior de la celda justo por encima de un soporte adecuado. El área de filtración es $(45,8 \pm 0,6) \text{ cm}^2$ [$(7,1 \pm 0,1) \text{ pulg}^2$]. Debajo del soporte está un tubo de drenaje para la descarga del filtrado a un cilindro graduado. El sellado se lleva a cabo con juntas y todo el conjunto es apoyado por un soporte. La presión se puede aplicar con cualquier medio fluido no peligroso. Las prensas están equipadas con reguladores de presión y pueden ser obtenidos con cilindros de presión portátiles, cartuchos de presión o medios para utilizar la presión hidráulica. Para obtener resultados correlativos, un grosor del papel filtro de 90 mm de diámetro es adecuado (por ejemplo, Whatman N^o 50, S & S N^o 576 o su equivalente) deberá ser utilizado.

La filtroprensa de baja temperatura/baja presión debe tener un área de filtro de $45,2 \text{ cm}^2$ a $46,4 \text{ cm}^2$ ($7,0 \text{ pulg}^2$ a $7,2 \text{ pulg}^2$) que corresponde con un diámetro de 75,86 mm a 76,86 mm (2,987 a 3,026 pulg). La junta de la filtroprensa es el factor determinante del área del filtro. Se recomienda que la junta de la filtro prensa usada sea probada por un calibrador cónico que tiene un diámetro máximo de 76,86 mm (3,026 in) y mínimo de 75,86 mm (2,987 pulg) marcados en él. Cualquier junta de la filtro prensa por fuera de estos rangos (ya sea mayor o menor que las marcas) se descartará.

NOTA Los resultados obtenidos de la utilización de una filtroprensa con diferente área de filtro no se correlacionan directamente con los resultados obtenidos cuando se utiliza la prensa de tamaño estándar.

2. **Temporizador:** con al menos un intervalo de 30 min.
3. **Cilindro graduado:** con un volumen de 10 ml (TC) o 25 ml (TC).

-Procedimiento

1. Asegúrese de que cada parte de la celda, sobre todo el filtro, estén limpios y secos que las juntas no están distorsionadas o desgastados. Vierta la muestra de fluido de perforación en la celda hasta 1 cm- 1,5 cm (0,4 a 0,6 pulg de la parte superior (para minimizar la contaminación de CO₂ del filtrado)), y complete el ensamblado con el papel filtro en su lugar.
2. Coloque un cilindro graduado seco bajo el tubo de descarga para recoger el filtrado. Cierre la válvula de alivio y ajuste el regulador de manera que se aplique una presión de 690 kPa ± 35 kPa (100 psi ± 5 psi) dentro de 30 s o menos. El tiempo de la prueba comienza en el momento de aplicación de presión.
3. Al finalizar 30 min, mida el volumen de filtrado recogido. Cierre el flujo a través del regulador de presión y abra la válvula de alivio cuidadosamente. El intervalo de tiempo, si no es de 30 minutos, deberá ser reportado.
4. Reporte el volumen de filtrado en mililitros (con una precisión de 0,1 ml) y la temperatura del fluido de perforación inicial en grados Celsius (grados Fahrenheit). Guarde el filtrado para el análisis químico.
5. Retire la celda de la estructura, pero primero tenga la certeza de que toda la presión se ha liberado. Guarde cuidadosamente el papel filtro, tratando de no alterar la torta, desmonte la celda y deseche el fluido de perforación. Lave la torta del filtrado sobre el papel filtro con un chorro suave de agua.
6. Mida y reporte el espesor de la torta (revoque), lo más aproximado al milímetro (1/32 pulg).
7. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, anotaciones como dura, blanda, resistente, gomosa, firme, etc. pueden transmitir información importante de la calidad de la torta.

Prueba a alta temperatura/ alta presión (HT/HP)

-Equipo

1. **Filtro prensa HT/HP:** consiste en una fuente de presión controlada (CO₂ o nitrógeno), reguladores, una celda del fluido de perforación capaz de contener las presiones de trabajo de 4000 kPa a 8 900 kPa (600 psi a 1 300 psi), un sistema para el calentamiento de la celda, una celda colectora presurizada capaz de mantener la contrapresión adecuada con el fin de prevenir intermitencia o evaporación del filtrado y un soporte adecuado. La celda del fluido de perforación también tiene un termómetro, juntas resistentes al aceite, un soporte para el medio filtrante y una válvula en el tubo de descarga de filtrado para controlar el flujo de la celda. Puede ser necesario reemplazar las juntas con frecuencia. Características tales como un fusible de seguridad para evitar sobrecalentamiento de la camisa y un dispositivo indicador de presión en la celda de filtración son ejemplos de dispositivos de seguridad que están disponibles. Hay equipos disponibles que ayudan en el desmontaje de celdas cuando se sospechan presiones atrapadas.

PELIGRO - la rígida adherencia a las recomendaciones del fabricante en cuanto a los volúmenes de muestra, temperaturas y presiones es esencial. El no hacerlo puede resultar en lesiones graves.

PELIGRO - No utilice cartuchos de óxido nitroso como fuentes de presión para la filtración HT/HP. Bajo condiciones de temperatura y presión, el óxido nitroso puede detonar en presencia de grasa, aceite o materiales de carbono. Los cartuchos de óxido nitroso se utilizarán sólo para el análisis de carbonatos en el transportador (tren) de gas de Garrett.

2. **Medio filtrante.**
3. **Papel filtro:** Whatman No. 50 o un equivalente, para temperaturas por encima de 190 °C (375 °F).
4. **Disco poroso:** Dynalloy X-5 o un equivalente, para temperaturas por encima de 200 °C (400°F). Un nuevo disco es requerido para cada prueba.
5. **Temporizador:** con al menos un intervalo de 30 min.
6. **Cilindro graduado:** con un volumen de 25 ml (TC) o 50 ml (TC).
7. **Mezclador de alta velocidad.**

-Procedimiento para temperaturas a 150°C (300°F)

1. Ubique el termómetro en la cavidad de la camisa y precaliente a 6°C (10°F) por encima de la temperatura deseada. Ajuste el termostato para mantener la temperatura deseada.
2. Agite la muestra de fluido de perforación durante 10 minutos con un mezclador de alta velocidad. Cierre la válvula de la celda de los fluidos de perforación y vierta la muestra en la celda de lodo, teniendo cuidado de no llenar a menos de 1,5 cm (0,6 pulg) de la parte superior para permitir la expansión. Instale el papel filtro.
3. Complete el ensamblaje de la celda y con las válvulas, tanto superior e inferior cerradas, póngalo en la camisa de calentamiento. Transfiera el termómetro a la cavidad de la celda de lodo.
4. Conecte la celda colectora de alta presión a la válvula de fondo y asegúrela en su lugar.
5. Conecte una fuente de presión regulada a la válvula superior y a la celda colectora y asegúrela en su lugar.
6. Mantenga las válvulas cerradas, ajuste los reguladores superior e inferior a 690 kPa (100 psi). Abra la válvula de la parte superior, aplicando así 690 kPa (100 psi) en el fluido de perforación. Mantenga esta presión durante 1 h. Si la temperatura de la celda del fluido de perforación no ha alcanzado la temperatura de ensayo después de 1 h, la prueba debe ser terminada y el equipo debe ser reparado.

NOTA Un estudio financiado por la API ha encontrado que algunos equipos utilizados para las pruebas de filtración a alta temperatura no calientan adecuadamente el fluido de perforación a la temperatura de ensayo especificado. Las modificaciones de la celda del fluido de perforación se pueden hacer con la adición de un disipador de calor interno y de aislamiento para corregir este problema. La medición precisa de la temperatura del fluido de perforación durante la fase de calentamiento de la prueba se puede asegurar mediante la instalación de un termopar para medir directamente la temperatura del fluido de perforación en la celda.

7. Después de 1 h, aumente la presión de la unidad de presión superior a 4140 kPa (600 psi) y abra la válvula inferior para iniciar la filtración. Recoja el filtrado durante 30 min, manteniendo la temperatura seleccionada dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$). Si la contrapresión se eleva por encima de 690 kPa (100 psi) durante la prueba, reduzca cuidadosamente la presión retirando una porción del filtrado. Registre el volumen total recaudado, la temperatura, presión y tiempo.
8. Corrija el volumen de filtrado a un área de filtro de 45,8 cm² (7,1 pulg²). Por ejemplo, si el área de filtro es 22,6 cm² (3,5 pulg²), el doble del volumen de filtrado es reportado.
9. Al final de la prueba, cierre las válvulas superior y de fondo de la celda del fluido de perforación. Purgue la presión de los reguladores.

PELIGRO – La presión en la celda del fluido de perforación es aún 4140 kPa (600 psi) aproximadamente. Para evitar posibles lesiones graves, mantenga la celda hacia arriba y enfríe a temperatura ambiente, luego purgue la presión de la celda antes de desmontar. La dificultad en la eliminación de los tornillos de fijación de la celda puede ser un indicativo de la presión remanente en la celda. Las celdas con dispositivos de indicación de presión pueden proporcionar un margen extra de seguridad. Existen dispositivos que ayudan en el desmontaje de celdas cuando se sospechan las presiones atrapadas.

10. Remueva la celda de la camisa de calentamiento, pero primero tenga la certeza de que las válvulas superior y de fondo están bien cerradas y toda la presión está fuera de los reguladores.

11. Teniendo un cuidado extremo para guardar el papel filtro, ponga la celda hacia arriba y abra la válvula para purgar la presión del contenido de la celda. Deseche el fluido de perforación, y recupere la torta del filtrado. Lave la torta del filtrado sobre el papel con un chorro suave de agua.

12. Mida y reporte el espesor del revoque, al milímetro más cercano (1/32 pulg).

13. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, notación como dura, blanda, resistente, gomosa, firme, etc. puede transmitir información importante sobre la calidad de la torta.

-Procedimiento para temperaturas por encima de 150°C (300°F)

1. Coloque el termómetro en la cavidad de la camisa y precaliente a 6°C (10°F) por encima de la temperatura deseada. Ajuste el termostato para mantener la temperatura correcta.

2. Agite la muestra de fluido de perforación durante 10 minutos con un mezclador de alta velocidad. Cierre la válvula de la celda de los fluidos de perforación y vierta la muestra en la celda de lodo, teniendo cuidado de no llenar la celda más allá de 4 cm (1.5 pulg) de la parte superior para permitir la expansión. Instale el medio filtrante adecuado.

PELIGRO - No todos los equipos de los fabricantes pueden ser utilizados por encima de 150°C (300°F). El no conocer el rango de presión/temperatura de los equipos en uso puede provocar lesiones graves. Las pruebas a alta temperatura y alta presión requieren precauciones de seguridad adicionales.

Todas las celdas de presión deberán estar equipadas con válvulas de alivio manuales. Las camisas de calentamiento deben estar equipadas con un fusible de seguridad de sobrecalentamiento y un termostato. La presión de vapor de la fase líquida de los fluidos de perforación se convierte en un factor de diseño cada vez más crítico ya que las temperaturas de la prueba son incrementadas.

3. Complete el ensamblaje de la celda y con las válvulas, tanto superior e inferior cerradas, Póngalo en la camisa de calentamiento. Transfiera el termómetro a la cavidad de la celda de lodo.

4. Conecte la celda colectora de alta presión a la válvula de fondo y asegúrela en su lugar.

5. Conecte una fuente de presión regulada a la válvula superior y a la celda colectora y asegúrela en su lugar.

6. Con válvulas superior e inferior cerradas, aplique la contrapresión recomendada (ver Tabla 3) para la temperatura de la prueba a la parte superior e inferior. Abra la válvula superior, aplicando la misma presión para el fluido de perforación mientras se calienta. Mantenga esta presión durante 1 h. Si la temperatura de la celda del fluido de perforación no ha llegado a la temperatura de la prueba luego de 1 h, la prueba debe ser terminada y el equipo deberá ser reparado.

NOTA Un estudio financiado por la API se ha encontrado que algunos equipos utilizados para las pruebas de filtración a alta temperatura no calientan adecuadamente el fluido de perforación a la temperatura de ensayo especificada. Las modificaciones de la celda del fluido de perforación se

pueden hacer con la adición de un disipador de calor interno y de aislamiento para corregir este problema. La medición precisa de la temperatura del fluido de perforación durante la fase de calentamiento de la prueba se puede asegurar mediante la instalación de un termopar para medir directamente la temperatura del fluido de perforación en la celda.

7. Después de 1 h, aumente la presión en la parte superior a 3450 kPa (500 psi) durante la contrapresión que se mantendrá y abra la válvula inferior para iniciar la filtración. Recoja el filtrado durante 30 min, manteniendo la temperatura seleccionada dentro de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{F}$) y manteniendo la contrapresión adecuada. Si la contrapresión empieza a aumentar, esta se puede reducir extrayendo cuidadosamente una pequeña porción del filtrado. La muestra en la celda del filtro nunca debe calentarse durante un período superior a un total de 1 h.

8. Después del período de prueba, cierre ambas válvulas superior e inferior de la celda de presión y purgue la presión de los reguladores. Permita un mínimo de 5 minutos para que el filtrado se enfríe para evitar la vaporización, entonces cuidadosamente drene y registre el volumen total. También registre la temperatura, la presión y el tiempo.

PELIGRO – La presión en la celda del fluido de perforación puede ser tan alta como 6500 kPa (950 psi). Para evitar posibles lesiones graves, mantenga la celda hacia arriba y enfríe a temperatura ambiente, luego purgue la presión de la celda antes de desmontar. La dificultad en la eliminación de los tornillos de fijación de la celda puede ser un indicativo de la presión remanente en la celda. Las celdas con dispositivos de indicación de presión pueden proporcionar un margen extra de seguridad. Existen dispositivos que ayudan en el desmontaje de celdas cuando se sospechan las presiones atrapadas.

10. Al final de la prueba, cierre la válvula superior y de fondo en la celda del fluido de perforación. Purgue la presión de los reguladores.

11. Corrija el volumen del filtrado a un área de filtro de 45,8 cm² (7,1 in²). Por ejemplo, si el área de filtro es 22,6 cm² (3,5 in²), el doble del volumen del filtrado es reportado.

12. Remueva la celda de la camisa de calentamiento, pero primero tenga la certeza de que las válvulas superior y de fondo están bien cerradas y toda la presión está fuera de los reguladores. Usando un cuidado extremo para guardar el papel de filtro, coloque la celda hacia arriba y abra la válvula para purgar la presión del contenido de la celda. Deseche el fluido de perforación, y recupere la torta del filtrado. Lave la torta del filtrado sobre el papel con un chorro suave de agua.

13. Mida y reporte el espesor del revoque, al milímetro más cercano (1/32 pulg).

14. Aunque las descripciones de la torta son subjetivas, anotaciones como dura, blanda, resistente, gomosa, firme, etc. pueden transmitir información importante sobre la calidad de la torta.

Tabla 3 - Contrapresión mínima recomendada

Temperatura evaluada		Presión de Vapor		Contrapresión mínima	
°C	°F	kPa	psi	kPa	psi
100	212	101	14.7	690	100
120	250	207	30	690	100
150	300	462	67	690	100
Limite normal de evaluación en campo					
175	350	932	135	1104	160
200	400	1704	247	1898	275
230	450	2912	422	3105	450

Fuente: API 13B1

1.4 CONTENIDO DE AGUA, ACEITE Y SÓLIDOS

El instrumento de retorta proporciona un medio para la separación y la medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra del fluido de perforación a base de agua. En la retorta, un volumen conocido de una muestra entera del fluido de perforación se calienta para vaporizar los componentes líquidos que luego se condensan y se recogen en un receptor graduado. Los volúmenes líquidos se determinan directamente de la lectura de las fases de aceite y agua en el receptor. El volumen total de sólidos (suspendidos y disueltos) se obtiene por diferencia (el volumen total de líquido menos el volumen de la muestra). Los cálculos son necesarios para determinar el volumen de sólidos en suspensión, ya que cualquier sólido disuelto es retenido en la retorta. Los volúmenes relativos de sólidos de baja gravedad y el material densificante también se pueden calcular. El conocimiento de la concentración y la composición de sólidos se consideran básicos para el control de la viscosidad y la filtración en fluidos de perforación base agua.

-Equipo

1. **Instrumento de retorta:** Las retortas de tres tamaños (10ml 20ml y 50ml) están comúnmente disponibles. Las especificaciones para estas retortas se dan a continuación:

- Taza de la muestra, en un tamaño estándar de 10 ml ($\pm 0,05$ ml) de precisión, 20 ml (precisión $\pm 0,10$ ml) o 50 ml (precisión de $\pm 0,25$ ml).

NOTA: Otros tamaños de la taza de la muestra están disponibles por los fabricantes de estos equipos.

- Condensador de líquido, de masa suficiente para enfriar los vapores de aceite y agua por debajo de su temperatura de vaporización antes de abandonar el condensador.
- Elemento de calentamiento, de potencia suficiente para elevar la temperatura de la muestra por encima del punto de vaporización de los componentes líquidos en 15 minutos sin causar sobre-ebullición de sólidos.
- Control de temperatura (opcional), capaz de limitar la temperatura de la retorta a $500^{\circ}\text{C} \pm 40^{\circ}\text{C}$ ($930^{\circ}\text{F} \pm 70^{\circ}\text{F}$).

2. **Receptor de líquido (TC):** cristalería cilíndrica especialmente diseñada con un fondo redondeado para facilitar la limpieza y con una parte superior en forma de embudo para atrapar la caída de gotas, reuniendo los siguientes requisitos:

Volumen total, ml	10	20	50
Precisión (0 a 100 %), ml	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,25$
Frecuencia de las marcas de graduación (0 a 100 %), ml	0,10	0,10	0,50

Calibración: Para contener (TC) a 20°C (68°F)

Escala: ml o fracción de volumen (como porcentaje)

Material: Transparente e inerte al aceite, el agua y las soluciones de sal a temperaturas de hasta 32°C (90°F).

El volumen del receptor debe ser verificado por gravimetría. El procedimiento y los cálculos se incluyen en el Anexo H para los 10 ml, 20 ml y 50 ml de receptores de líquido.

3. **Lana (fibra) de acero fina**, libre de aceite: "Lana de acero líquido" o productos similares no deben ser utilizados para esta aplicación.
4. **Grasa de silicona de alta temperatura**: para ser utilizada como un sello de rosca y un lubricante.
5. **Limpiadores de tubos**.
6. **Cuchillo para masilla o espátula**, cuya hoja se adapte a las dimensiones interiores de la cubeta de la muestra de la retorta.
7. **Embudo Marsh**.
8. **Agente antiespumante**.
9. **Sacacorchos**.

-Procedimiento

1. Asegúrese que el recipiente para muestras de la retorta, el paso del condensador y el receptor de líquidos estén limpios, secos y enfriados de un uso previo. El interior de la taza de la muestra y la tapa deberán limpiarse a fondo con un cuchillo para masilla o una espátula antes de cada prueba. Periódicamente, el interior de la taza de muestra debe ser también ligeramente pulida con lana de acero. El paso del condensador también debe limpiarse y secarse antes de cada prueba usando limpiadores. Una acumulación de material en el condensador puede disminuir la eficiencia de la condensación y causar lecturas de líquidos erróneas en una prueba.

NOTA Los procedimientos varían ligeramente dependiendo del tipo de la retorta utilizada. Consulte las instrucciones del fabricante para el procedimiento completo.

2. Recoja una muestra representativa del fluido de perforación base agua y deje que se enfríe a aproximadamente 27°C (80°F). El filtrado de la muestra pasa a través de los 1,68 mm (0,066 in) (12 mesh) del filtro en el embudo Marsh para eliminar el material de pérdida de circulación, grandes recortes o desechos.

3. Si la muestra del fluido de perforación contiene gas o aire, añada dos o tres gotas de agente antiespumante a cada 300 ml del fluido de perforación y revuelva lentamente durante 2 min a 3 min para liberar gases.

4. Lubrique las roscas de la taza de muestras y el tubo condensador con una ligera capa de grasa de silicona. Esto evita la pérdida de vapor a través de las roscas y también facilita el desmontaje del equipo y la limpieza al final de la prueba.

5. Empacar ligeramente un anillo de lana (fibra) de acero en la cámara por encima de la taza de muestras. Use solamente Lana de acero suficiente para evitar la sobre ebullición de los sólidos dentro del recipiente de líquido.

NOTA Esto se determinó a partir de la experiencia.

6. Llene la copa o taza de la retorta con el fluido de perforación base agua desgasificada, véase ítem 3 y el anexo D para obtener información sobre la eliminación de aire o gas.

7. Ponga con cuidado la tapa en el recipiente de la muestra y permita un desbordamiento de la muestra a través del agujero en la tapa para asegurarse de que el volumen correcto de la muestra está en la taza.

8. Con la tapa sostenida firmemente en su lugar, limpie el desbordamiento de la taza de muestras y la tapa. Asegúrese de que las roscas de la taza de la muestra aún están cubiertas con grasa de silicona después de limpiar, y que el orificio de la tapa no está tapado u obstruido.

9. Enrosque la taza de la retorta en la cámara de la retorta con su condensador.
10. Ponga un recipiente para líquido limpio y seco debajo del tubo de descarga del condensador.
11. Caliente la retorta y observe el líquido que cae del condensador. Continúe calentando durante 10 minutos después de que se recolecte el último condensado.
12. Retire el receptor de líquido de la retorta. Tenga en cuenta si hay sólidos en el líquido para recuperar. Si es así, todo el fluido de perforación se desbordará de la taza de muestras y la prueba deberá repetirse desde el ítem 6.
13. Lea los volúmenes de agua y aceite en el recipiente de líquido después de que se haya enfriado a temperatura ambiente. Registre los volúmenes (o porcentajes en volumen) de agua y aceite recogido.
14. Deje enfriar la retorta, retire la lana (fibra) de acero con un sacacorchos y limpie la taza de muestras con un cuchillo para masilla o una espátula.

-Cálculos

Utilizando los volúmenes medidos de aceite, agua y el volumen de la muestra original completa del fluido de perforación (10 ml, 20 ml, o 50 ml), calcule como porcentajes las fracciones en volumen de agua, aceite y sólidos totales en el fluido de perforación.

a) Fracción de volumen de agua: La fracción de volumen de agua, φ_W , expresada como un porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la ecuación (12):

$$\varphi_W = 100 \times \frac{V_W}{V_{df}} \quad (12)$$

Donde:

V_W es el volumen de agua, expresado en mililitros.

V_{df} es el volumen de la muestra del fluido de perforación, expresado en mililitros.

b) Fracción de volumen de aceite: La fracción de volumen de aceite, φ_O , expresada como un porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la Ecuación (13):

$$\varphi_O = 100 \times \frac{V_O}{V_{df}} \quad (13)$$

Donde:

V_O es el volumen de aceite, expresado en mililitros.

V_{df} es el volumen de la muestra del fluido de perforación, expresado en mililitros.

c) Fracción de volumen de sólidos en la retorta: la fracción de volumen de sólidos en la retorta, φ_S , expresada como porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la ecuación (14):

$$\varphi_S = 100 - (\varphi_W + \varphi_O) \quad (14)$$

NOTA El porcentaje (fracción de volumen) de los sólidos en la retorta en la ecuación (14) es sólo la diferencia entre el agua más aceite, y el volumen total de la muestra (10ml, 20ml o 50ml). Esta diferencia es tanto sólidos en suspensión (materiales pesados y de baja gravedad) y materiales

disueltos (por ejemplo, sal). Dicho porcentaje (fracción de volumen) de los sólidos en la retorta es solamente los sólidos suspendidos si el fluido de perforación es un lodo de agua dulce no tratado. Se requieren cálculos adicionales para averiguar el porcentaje (fracción de volumen) de sólidos en suspensión y se relacionan a los volúmenes relativos de sólidos de baja gravedad y materiales pesados. Para realizar estos cálculos, se necesitan una densidad del fluido de perforación y la concentración de cloruro precisas. El porcentaje (fracción de volumen) de sólidos suspendidos, φ_{SS} , expresado como un porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la Ecuación (15):

$$\varphi_{SS} = \varphi_S - \left(\frac{\varphi_W \times c_{Cl}}{1\,680\,000 - 1,21c_{Cl}} \right) \quad (15)$$

Donde:

c_{Cl} es la concentración de cloruro, en miligramo por litro.

φ_W es el porcentaje (fracción volumen) de agua.

φ_S es el porcentaje (fracción volumen) de sólidos.

La fracción en volumen de sólidos de baja gravedad, φ_{lg} , expresados como porcentaje del volumen total de la muestra, se calcula como se indica en la ecuación (16) para las unidades del SI y la ecuación (17) para las unidades de la USC:

$$\varphi_{lg} = \frac{1}{\rho_b - \rho_{lg}} [100\rho_f + \rho_b - \rho_f \times \varphi_{SS} - 100\rho_{df,A} - \rho_f - \rho_o \times \varphi_o] \quad (16)$$

$$\varphi_{lg} = \frac{1}{\rho_b - \rho_{lg}} [100\rho_f + \rho_b - \rho_f \times \varphi_{SS} - 12\rho_{df,B} - \rho_f - \rho_o \times \varphi_o] \quad (17)$$

Donde:

$\rho_{df,A}$ es la densidad del fluido de perforación, expresado en gramos por mililitro;

$\rho_{df,B}$ es la densidad del fluido de perforación, expresado en libras por galón;

ρ_f es la densidad del filtrado, expresado en gramos por mililitro, como se da en la Ecuación (18):

$$\rho_f = 1 + 0,000\,001\,09 \times c_{Cl} \quad (18)$$

Donde:

ρ_b es la densidad del material densificante, expresado en gramos por mililitro;

ρ_{lg} es la densidad de los sólidos de baja gravedad, expresado en gramos por mililitro (use 2,6 si es desconocido)

ρ_o es la densidad del aceite, expresado en gramos por mililitro (use 0,8 si es desconocido).

NOTA La ecuación de cálculo de densidad ρ_f (18) se basa en la concentración de cloruro de sodio. La fracción en volumen del material densificante, b, expresado como un porcentaje, se calcula como se indica en la Ecuación (19):

$$\varphi_b = \varphi_{SS} - \varphi_{lg} \quad (19)$$

La concentración, expresada en kilogramos por metro cúbico, de sólidos de baja gravedad, $c_{lg,A}$, y sólidos suspendidos, $c_{SS,A}$, puede ser calculada como se indica en las ecuaciones (20), (21) y (22), respectivamente:

$$c_{lg,A} = 10\rho_{lg} \times \varphi_{lg} \quad (20)$$

$$c_{b,A} = 10\rho_b \times \varphi_b \quad (21)$$

$$c_{SS,A} = c_{lg,A} + c_{b,A} \quad (22)$$

Donde

φ_{lg} es la fracción de volumen de sólidos de baja gravedad, expresado como un porcentaje;

φ_b es la fracción de volumen de barita, expresada como porcentaje.

La concentración, expresada en libras por barril, de sólidos de baja gravedad, $c_{lg,B}$, material densificante, c_b , y los sólidos en suspensión, $c_{SS,B}$, se puede calcular como se indica en las ecuaciones (23), (24) y (25), respectivamente:

$$c_{lg,B} = 3,49\rho_{lg} \times \varphi_{lg} \quad (23)$$

$$c_{b,B} = 3,49\rho_b \times \varphi_b \quad (24)$$

$$c_{SS,B} = c_{lg,B} + c_{b,B} \quad (25)$$

Donde:

φ_{lg} es la fracción de volumen de sólidos de baja gravedad, expresado como un porcentaje;

φ_b es la fracción de volumen de barita, expresada como porcentaje.

1.5 CONTENIDO DE ARENA

El contenido de arena del fluido de perforación es el porcentaje (fracción de volumen) de las partículas de diámetro mayor que 74 micras. Se mide por un conjunto de arena tamiz.

-Equipo

1. **Tamiz**, 74 micras (200 mesh) y 63,5 mm (2,5 in) de diámetro.
2. **Embudo**, para adaptarse al tamiz.
3. **Tubo medidor de vidrio**, marcado para que el volumen del fluido de perforación sea adicionado y graduado de 0% a 20% con el fin de leer el porcentaje de arena directamente.

-Procedimiento

1. Llene el tubo medidor de vidrio con el fluido de perforación hasta la marca de "fluido de perforación". Agregue agua hasta la siguiente marca. Cierre la boca del tubo y agite vigorosamente.
2. Vierta la mezcla sobre el tamiz limpio y húmedo. Deseche el líquido que pasa a través del tamiz. Añada más agua al tubo, agite y vierta de nuevo en el tamiz. Repita hasta que el tubo esté limpio. Lave la arena retenida en el tamiz para liberarlo de cualquier restante en el fluido de perforación.
3. Ponga el embudo boca abajo sobre la parte superior del tamiz. Invierta lentamente el montaje e inserte la punta del embudo en la boca del tubo de vidrio. Lave la arena en el tubo por la reproducción de una fina pulverización de agua a través del tamiz. Permita que la arena se asiente. De las graduaciones sobre el tubo, lea el porcentaje en volumen de la arena.
4. Reporte el contenido de arena del fluido de perforación en forma de porcentaje (fracción de volumen). Reporte la fuente de la muestra del fluido de perforación, es decir, por encima de agitador, tanque de succión, etc. Sólidos gruesos que no sean arena (por ejemplo material de pérdida de circulación) quedan retenidos en el tamiz y la presencia de tales sólidos debe tenerse en cuenta.

1.6 CAPACIDAD DE AZUL DE METILENO

La capacidad de azul de metileno del fluido de perforación es una indicación de la cantidad de arcillas reactivas (bentonita y/o sólidos de perforación) presentes según lo determinado por la prueba de azul de metileno. La capacidad de azul de metileno proporciona una estimación de la capacidad de intercambio catiónico total de los sólidos del fluido de perforación. La capacidad de azul de metileno y la capacidad de intercambio catiónico no son necesariamente equivalentes, siendo el primero normalmente algo menor que la capacidad de intercambio de cationes real.

Una solución de azul de metileno se añade a una muestra de fluido de perforación (que ha sido tratada con peróxido de hidrógeno y se acidificó) hasta su saturación notada por la formación de un "halo" de tinte alrededor de una gota sólida puesta sobre papel de filtro. Las variaciones del procedimiento utilizado en el fluido de perforación se pueden realizar en los sólidos de perforación y bentonita comercial para permitir una estimación de la cantidad de cada tipo de sólido presente en el fluido (véase la norma ISO 10416 o API RP 13I).

Los fluidos de perforación con frecuencia contienen sustancias, además de arcillas reactivas que absorben el azul de metileno. El pre-tratamiento con peróxido de hidrógeno (ver el ítem 2 del procedimiento) está destinado a eliminar el efecto de materiales orgánicos, tales como lignosulfonatos, lignitos, polímeros de celulosa, poliacrilatos, etc.

-Reactivos y Equipos

1. Solución de azul de metileno, azul de metileno de grado reactivo (CAS¹ No. 61-73-4), 3,20 g/l (1 ml=0,01 meq).

El contenido de humedad del azul de metileno (grado del reactivo) será determinado cada vez que se prepara la solución. Seque una porción de 1000 g de azul de metileno a una masa constante a $93^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($200^{\circ}\text{F} \pm 5^{\circ}\text{F}$). Haga la adecuada corrección en la masa, m_s , de azul de metileno, expresada en gramos, que se ejecutará para preparar la solución como se indica en Ecuación (26):

$$m_s = \frac{3,2}{m_{ds}} \quad (26)$$

Donde m_{ds} es la masa de la muestra seca, expresada en gramos.

2. Peróxido de hidrógeno (CAS No. 7722-88-5), solución al 3 %.

PELIGRO - H_2O_2 es un oxidante fuerte. El contacto con la piel debe ser evitado.

3. Ácido sulfúrico (CAS No. 7664-93-9), diluido, aproximadamente 2,5 mol/l (5 N).

PELIGRO - H_2SO_4 es un ácido fuerte y tóxico.

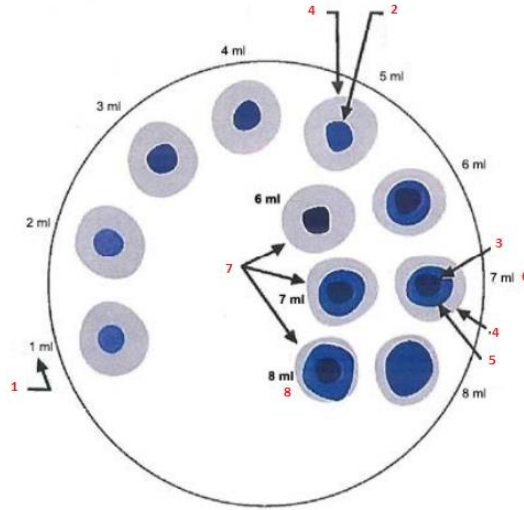
4. Jeringa, 2,5 ml (TD) o 3 ml (TD).

¹ CAS es una identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones, (en inglés *CAS registry number*). *Chemical Abstracts Service* (CAS), es una división de la Sociedad Americana de Química, asigna estos identificadores a cada compuesto químico que ha sido descrito en la literatura.

5. Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
6. Bureta, 10 ml (TD); micropipeta, 0,5 ml (TD), o pipetas graduadas, 1 ml (TD).
7. Cilindro graduado, 50 ml (TD).
8. Varilla agitadora.
9. Placas eléctricas.
10. Papel de filtro, Whatman N^o 1³⁾ o equivalente.

-Procedimiento

1. Añada 2,0 ml de fluido de perforación (o volumen adecuado de fluido de perforación para requerir de 2 ml a 10 ml de solución de azul de metileno) a 10 ml de agua en el matraz Erlenmeyer. La jeringa usada debe tener una capacidad de más de 2 ml, generalmente 2,5 ml o 3 ml. Al utilizar una jeringa más grande, no es necesario eliminar el aire atrapado en la jeringa. Para asegurar que exactamente 2,0 ml de fluido de perforación se están agregando, utilice el procedimiento siguiente.
 - a) Quite el aire o gas atrapado en el fluido de perforación (véase el anexo D para obtener información sobre la eliminación de aire o gas). Agite el fluido de perforación para romper el gel y rápidamente extraiga el fluido de perforación dentro de la jeringa. Después descargue lentamente la jeringa de nuevo en el fluido de perforación, manteniendo la punta sumergida.
 - b) Una vez más dibuje el fluido de perforación dentro de la jeringa hasta que el extremo del émbolo se encuentre en la última graduación de la jeringa (por ejemplo, en la línea de 3 ml en una jeringa de 3 ml).
 - c) Entregue 2,0 ml de fluido de perforación, empujando el émbolo hasta que el extremo del émbolo esté exactamente 2 ml de la última graduación de la jeringa. Esto, en una jeringa de 3 ml, se encuentra en la línea de 1 ml.
2. Añada 15 ml de peróxido de hidrógeno al 3% y 0,5 ml de ácido sulfúrico. Hierva a fuego lento durante 10 minutos, pero no permita que hierva hasta secarse. Diluya hasta 50 ml con agua.
3. Añada la solución de azul de metileno al matraz en incrementos de 0,5 ml. Si la cantidad aproximada de solución de azul de metileno necesario para alcanzar el punto final es conocido a partir la prueba anterior, incrementos más grandes (1 ml a 2 ml) pueden ser utilizados al comienzo de la titulación. Después de cada adición de solución de azul de metileno, agite el contenido del matraz durante aproximadamente 30 s. Si bien todavía se suspenden los sólidos, retire una gota de líquido con la varilla de agitación y ponga la gota sobre el papel filtro. El criterio de valoración inicial de la titulación se alcanza cuando el colorante aparece como un anillo azul o turquesa que rodea los sólidos teñidos, como se muestra en el punto 5 en la Figura 1.
4. Cuando se detecta que el tinte azul se extiende desde el punto, agite el matraz durante 2 minutos más y ponga una gota más en el papel filtro. Si el anillo azul es evidente de nuevo, se ha alcanzado el punto final, como se muestra en el punto 7 (7 ml) en la Figura 1.



1. Volumen de la solución de azul de metileno agregada
2. No libre, colorante presente in-absorbido
3. Sólidos de perforación teñidos de azul
4. Humedad, no hay color
5. Colorante libre en agua
6. Punto final alcanzado
7. Punto final reevaluado después de 2 min de la reacción
8. Punto final excedido

Figura 1. Pruebas in situ para el punto final de la titulación de azul de metileno.

-Cálculos

Reporte la capacidad de azul de metileno, C_{MBT} , del fluido de perforación en la forma siguiente:

$$C_{MBT} = \frac{V_{mb}}{V_{df}} \quad (27)$$

Donde:

V_{mb} es el volumen de solución de azul de metileno, expresado en mililitros;

V_{df} es el volumen de la muestra de fluido de perforación, expresado en mililitros.

Alternativamente, la capacidad del azul de metileno puede ser reportada como el equivalente de bentonita (basada en bentonita con una capacidad de intercambio catiónico de 70 meq/100 g), $E_{BE,A}$, expresado en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (28) o $E_{BE,B}$, expresada en libras por barril, como se indica en la ecuación (29)]:

$$E_{BE,A} = \frac{14.25 \times V_{mb}}{V_{df}} \quad (28)$$

$$E_{BE,B} = \frac{5 \times V_{mb}}{V_{df}} \quad (29)$$

NOTA Los kilogramos por metro cúbico (o libras por barril) de bentonita equivalente a partir de las ecuaciones (28) y (29) no son iguales a la cantidad de bentonita comercial en el fluido de perforación. Arcillas reactivas en los sólidos de perforación contribuyen a esta cantidad, así como la bentonita comercial. Véase ISO 10416 [4] o API RP 13I para obtener información adicional sobre la estimación de la cantidad de bentonita comercial y sólidos de perforación actuales.

1.7 pH

La medición en campo del pH de un fluido de perforación (o filtrado) y los ajustes en el pH son fundamentales para el control de fluidos de perforación. Interacciones de la arcilla, la solubilidad de diversos componentes y contaminantes, y la eficacia de los aditivos son todas dependientes del pH, como lo son los procesos de control de ácidos y sulfuro de corrosión.

El término "pH" indica el logaritmo negativo de los iones de hidrógeno, H, actividad en soluciones acuosas (la actividad y concentración son iguales sólo en soluciones diluidas): $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. Para agua pura a 24°C (75°F) la actividad de los iones de hidrógeno $[\text{H}^+]$ es 10^{-7} mol/l y $\text{pH} = 7$. Este sistema se denomina "neutro" debido a que la actividad de los iones hidroxilo $[\text{OH}^-]$ también es de 10^{-7} mol/l. En los sistemas acuosos a 24°C (75°F) el producto de iones, $[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$, es 10^{-14} (una constante). En consecuencia, un aumento de H^+ denota una disminución como en $[\text{OH}^-]$. Un cambio en el pH de una unidad indica un cambio de diez veces tanto en $[\text{H}^+]$ y $[\text{OH}^-]$. Soluciones con pH inferior a 7 se denominan "ácidos" y las que tienen un pH superior a 7 se denominan "bases" o "alcalinas".

El método recomendado para la medición del pH del fluido de perforación es con un medidor de pH (electrodo de vidrio). Este método es preciso y da valores de pH fiables, siendo libre de interferencias si un sistema de electrodo de alta calidad se utiliza con un instrumento apropiadamente diseñado. Instrumentos de pH resistentes están disponibles para que la temperatura automáticamente compense la pendiente y se prefieren sobre los instrumentos ajustados manualmente.

Tiras de papel de colour-matching del pH y palos se utilizan para las mediciones de campo del pH, pero no son los métodos recomendados. Estos métodos son fiables sólo en los fluidos de perforación base agua muy simples. Los sólidos de los fluidos de perforación, las sales disueltas y productos químicos y líquidos de color oscuro causan graves errores en los valores del papel para el pH. La legibilidad está normalmente cerca de 0,5 unidades de pH.

-Reactivos y Equipos

1. **Soluciones buffer**, calibran y ajustan la inclinación del medidor de pH antes de la medición de la muestra en los siguientes valores de pH:

- a) pH 4,0: ftalato de hidrógeno y potasio en 0,05 mol/l en agua; da 4,01 pH a 24°C (75°F);
- b) pH 7,0: fosfato de dihidrógeno de potasio en 0,020 66 mol/l y fosfato disódico de hidrógeno al 0,029 34 mol/l en agua; da 7,00 pH a 24°C (75°F);
- c) pH 10,0: carbonato de sodio a 0,025 mol/l y bicarbonato de sodio a 0,025 mol/l en agua; da 10,01 pH a 24 °C (75°F).

Las soluciones buffer pueden ser obtenidas de las casas de suministros como soluciones pre-hechas, paquetes de polvo seco, o una fórmula dada. La vida útil de todas las soluciones buffer no debe exceder de seis meses antes de su eliminación. La fecha de preparación de la solución se debe mostrar en botellas que se utilizan en el campo. Las botellas deben mantenerse siempre bien tapadas.

2. **Agua destilada o desionizada**, en botella de spray.

3. **Detergente líquido suave.**
4. **El hidróxido de sodio**, (CAS No. 1310-73-2), 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar el electrodo.
PELIGRO - NaOH es una potente sustancia química alcalina cáustica. Evite el contacto con la piel.
5. **Ácido clorhídrico**, (CAS No. 7674-01-0), 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar electrodo.
PELIGRO - HCl es un ácido fuerte y tóxico.
6. **Bifluoruro de amonio** (N^o CAS 1341-49-7), solución al 10% (aproximadamente), para reacondicionar el electrodo.

PELIGRO – el bifluoruro de amonio es tóxico y corrosivo. Manejar en consecuencia y evitar contacto con la piel.

7. **Potenciómetro de alcance-milivoltios**, calibrado para mostrar unidades de pH para medir el potencial entre un electrodo de membrana de vidrio y un electrodo estándar "de referencia". El instrumento debe ser preferiblemente de agua, resistente a la corrosión y portátil. Las especificaciones son las siguientes:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| a) Rango de pH: | 0 a 14; |
| b) Tipo de la electrónica: | estado sólido (preferido); |
| c) Fuente de alimentación: | baterías (de preferencia); |
| d) Temperatura de funcionamiento: | 0°C a 66°C (32°F a 150°F); |
| e) Uso: | digital (preferido); |
| f) Resolución: | 0,1 unidades de pH; |
| g) Precisión: | 0,1 unidades de pH; |
| h) Capacidad de repetición: | 0,1 unidades de pH; |
| i) Ajustes: | |
| | Compensación "temperatura" de sistema de electrodos; |
| | "Pendiente" del sistema de electrodos (preferido); |
| | Ajuste de "calibración" de la lectura. (Instrumento con la compensación de temperatura interna superior se prefiere.) |

8. **Sistema de electrodos**, una combinación de un electrodo de vidrio para detectar los iones H⁺ y un electrodo de referencia de voltaje estándar, construido preferiblemente como un solo electrodo.

El cuerpo de esta sonda debe ser construido de un material duradero. Se prefiere una sonda de punta plana para una mejor protección y más fácil la limpieza del electrodo. Se recomienda la conexión a prueba de agua al medidor. Las especificaciones son las siguientes:

- a) rango de respuesta del electrodo de pH de vidrio: de 0 a 14 unidades de pH;
- b) electrodos: electrodos de vidrio y un electrodo de plata/cloruro de plata en combinación, con una cerámica o una unión simple o doble de plástico;

NOTA Utilice electrodos de doble unión para medir líquidos que contienen sulfuro o iones bromuro para evitar daños al sistema de electrodos de referencia.

- c) electrolito en el electrodo de referencia: KCl gel;
- d) composición de vidrio: propicia para un bajo error de ion de sodio;
- e) error de ion de sodio: a pH 13 o en 0,1 moles de iones Na, un error de menos de 0,1 unidades de pH.

9. **Tejido**, suave, para limpiar los electrodos.
10. **Termómetro**, de vidrio, 0°C a 105°C (32°F a 220°F).
11. **Cepillo para limpiar tubos**, de cerdas suaves, para limpiar los electrodos.
12. **Storage vial para electrodos**, para mantener los electrodos húmedos.

-Procedimiento

1. Obtenga una muestra de líquido para ensayar. Espere hasta que alcance $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 5^{\circ}\text{F}$).
2. Deje que la solución buffer llegue a la misma temperatura que el fluido a ensayar. Para la medición de pH precisa, el fluido de ensayo, la solución buffer y el electrodo de referencia deben estar todos en la temperatura de la muestra. El pH de la solución buffer indicada en la etiqueta del envase es el pH correcto solamente a 24°C (75°F). Si intenta calibrar a otra temperatura, se debe utilizar el pH actual de la sln buffer a esta temperatura. Tablas de valores de pH de soluciones buffer a diversas temperaturas están disponibles por los proveedores y se deben utilizar en el procedimiento de calibración.
3. Limpie los electrodos, lavándolos con agua destilada y séquelos.
4. Ubique la sonda en pH 7,0.
5. Encienda el medidor, espere 60 s para que la lectura se estabilice (vea **Cuidado del electrodo** en el siguiente punto, si la lectura del medidor no es estable).
6. Mida la temperatura de la solución buffer pH 7,0.
7. Ajuste esta temperatura en el mando "temperatura".
8. Ajuste la lectura del medidor a "7,0" con la perilla de "calibración".
9. Enjuague la sonda con agua destilada y seque.
10. Repita las operaciones de procedimiento de 6 a 9 utilizando pH 4,0 o pH 10,0 de la solución buffer. Utilice pH 4,0 si la muestra es "ácida" o pH 10,0 si es "alcalina" para ser evaluada. Ajuste el medidor hasta el número "4,0" o "10,0", respectivamente, con la perilla de ajuste "pendiente". (Si no existe ningún botón de "pendiente", utilice el botón "temperatura" para ajustar "4,0" o "10,0" en metros.)
11. Compruebe el medidor de nuevo con una solución buffer de pH 7,0. Si ha cambiado, vuelva a "7,0", con la perilla de "calibración". Repita el procedimiento de 6 a 9. Si el medidor no se calibra correctamente, reacondicione o sustituya los electrodos como se indica en (**Cuidado del electrodo**).

Deseche y no vuelva a usar la muestra de las soluciones buffer utilizadas para la calibración. El medidor debe ser calibrado completamente todos los días, de acuerdo con el procedimiento de 2-9, utilizando dos soluciones buffers. Consulte con una sln buffer de pH 7,0 cada 3 h cuando se utilice el medidor de forma continua y antes de su uso, si más de 3 h habían transcurrido entre las mediciones.

12. Si el medidor se calibra adecuadamente, enjuague el electrodo con agua destilada y seque. ubique el electrodo en la muestra a analizar y revuelva suavemente. Espere 60 s - 90 s para que la lectura se estabilice.

13. Lleve el pH de la muestra a la unidad más cercana a 0,1 pH y la temperatura de la muestra.
14. Con cuidado, limpie el electrodo en la preparación para el próximo uso. Conserve en frasco la sln buffer pH 4,0. Nunca deje que la punta de la sonda se reseque.
15. Gire el medidor y cierre la cubierta para proteger el instrumento. Evite almacenar el instrumento a temperaturas extremas [por debajo de 0°C (32°F) o por encima de 50°C (120°F)].

Cuidado del electrodo

1. La limpieza del electrodo es necesaria periódicamente, especialmente si hay capas de aceite o partículas de arcilla en la cara del electrodo de vidrio o el frit poroso del electrodo de referencia. Limpie el electrodo con un cepillo de cerdas suaves y un detergente suave.
2. El reacondicionamiento del electrodo puede ser necesario si el taponamiento se vuelve severo, como se indica por una respuesta lenta, a la deriva de las lecturas, o si la "pendiente" y "calibración" no pueden ajustarse mutuamente.
3. Reacondicione por inmersión el electrodo durante 10 min en 0,1 mol/l de HCl, seguido de un enjuague en agua y remoje durante 10 minutos en 0,1 mol/l de NaOH y emjuague de nuevo.
4. Compruebe la respuesta del electrodo mediante la realización de la calibración en el procedimiento de 1-15, presentado anteriormente.
5. Si el electrodo sigue con un mal desempeño, remoje el electrodo durante 2 minutos sólo en una solución de difluoruro de amonio al 10%. Repita 1-15 para comprobar la capacidad de calibración.
6. Reemplace el sistema de electrodos si los pasos el procedimiento de calibración fallan en su reacondicionamiento.

1.8 ALCALINIDAD Y CONTENIDO DE CAL

La alcalinidad puede ser considerada como el poder de la neutralización ácida de una sustancia. Para estas pruebas, las mediciones de alcalinidad se pueden hacer en cualquier muestra del fluido de perforación (designado con una "df" como subíndice) o en el filtrado (designado con un subíndice (f)). Los datos recogidos de la prueba de alcalinidad también se pueden utilizar para estimar las concentraciones de iones de hidroxilo $[\text{OH}^-]$, carbonatos $[\text{CO}_3^{2-}]$ y bicarbonatos $[\text{HCO}_3^-]$ en el fluido de perforación.

El conocimiento de las alcalinidades de fluidos de perforación y el filtrado es importante en muchas operaciones de perforación para asegurar un control adecuado de la química de los mismos fluidos de perforación. Los aditivos de un fluido de perforación, en particular algunos desfloculantes, requieren un ambiente alcalino para funcionar correctamente. La alcalinidad debida a los iones hidroxilo es generalmente aceptada como beneficiosa, mientras que alcalinidades resultantes de los carbonatos y/o bicarbonatos pueden tener efectos adversos sobre el rendimiento fluido de perforación.

Los iones que son los principales responsables de la alcalinidad del filtrado son los hidroxilos (OH^-), carbonatos (CO_3^{2-}), y bicarbonatos (HCO_3^-). Es importante darse cuenta de que las especies carbonatadas pueden cambiar de una forma a otra forma cambiando el pH de la solución. La interpretación de alcalinidades de filtrado implican calcular diferencias entre los valores de titulación obtenidos por los siguientes procedimientos. Es por esta razón por la que una atención especial a la medida exacta de los diversos reactivos es importante en todos los pasos del procedimiento. Además, es importante tener en cuenta que los siguientes cálculos son sólo estimaciones de las concentraciones de las especies iónicas reportadas, basados en reacciones de equilibrio químico teóricas.

La composición del filtrado del fluido de perforación a menudo es tan compleja que la interpretación de la alcalinidad en términos de componentes iónicos estimados puede ser engañosa. Cualquier valor particular de alcalinidad, representa todos los iones que reaccionan con el ácido en el intervalo de pH sobre ese valor particular, que se puso a prueba. Los iones inorgánicos que pueden contribuir a la alcalinidad, además de los iones hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos, son boratos, silicatos, sulfuros y fosfatos. Tal vez los más peligrosos en los fluidos de perforación son diluyentes orgánicos aniónicos, reductores de filtrado y sus productos de degradación pueden contribuir a una gran parte del valor de la alcalinidad, así como enmascarar el cambio de color de punto final. Estos materiales orgánicos hacen una gran contribución particular a la alcalinidad M_f y por lo tanto hacen que la prueba sea altamente inexacta en los fluidos de perforación tratados con dispersantes orgánicos. Sin embargo, para sistemas de fluidos de perforación simples de base-bentonita que no contienen diluyentes orgánicos, las alcalinidades P_f y M_f (ver el procedimiento para la evaluación de la alcalinidad para filtrados con fenolftaleína y metil naranja) se pueden utilizar como directrices para determinar tanto la presencia de la contaminación de carbonatos/bicarbonatos y el tratamiento necesario para aliviarla.

-Reactivos y Equipos

1. **Solución de ácido sulfúrico** (CAS No. 7664-93-9): estandarizada 0,02 N (N/50).

PELIGRO - H_2SO_4 es un ácido fuerte y tóxico.

2. **Solución indicadora-fenolftaleína** (CAS No. 518-51-4): 1 g/100 ml de alcohol 01:01: Solución de agua.
3. **Solución indicadora- metil naranja** (CAS No. 547-58-0): 0,1 g/100 ml de agua.
4. **pH-metro** (opcional).

NOTA Un pHmetro es más preciso que una solución indicadora.

5. **Vaso de titulación**, 100 ml o 150 ml, de preferencia blanco.
6. **Pipetas graduadas**, 1 ml (TD) y 10 ml (TD).
7. **Pipeta volumétrica**, 1 ml (TD).
8. **Jeringa**, 1 ml (TD).
9. **Varilla agitadora**.

-Procedimiento (Alcalinidad de la fenolftaleína y metil naranja para filtrados)

1. Mida uno o más mililitros de filtrado y póngalos en el recipiente de titulación. Añada dos o más gotas de la solución indicadora de fenolftaleína. Si el indicador se vuelve de color rosa, añada 0,02 N (N/50) de ácido sulfúrico, gota a gota de la pipeta graduada, mientras se agita, hasta que el color rosado desaparezca. Si la muestra es tan colorida que el cambio de color del indicador se enmascara, el punto final se puede tomar cuando el pH cae a 8,3 medido con un pHmetro. (Consulte el capítulo anterior **pH**, por información para su medición adecuada).
2. Reporte la alcalinidad de la fenolftaleína, P_f , del filtrado como el número de mililitros de 0,02 N de ácido requerido por mililitro de filtrado.
3. Para la muestra que ha sido valorada hasta el punto final P_f , añada dos o tres gotas de solución indicadora metil-naranja. Agregue el ácido estándar gota a gota con la pipeta, mientras se agita, hasta que el color del indicador cambie de amarillo a rosa. El punto final también puede ser tomado cuando el pH de la muestra se reduzca a 4,3, medido por un pHmetro. (Consulte el capítulo anterior **pH**, por información para su medición adecuada).
4. Reporte la alcalinidad del filtrado de naranja de metilo, M_f , como los mililitros totales de 0,02 N de ácido por mililitro de filtrado requerido para alcanzar el punto final del naranja de metilo (incluyendo la cantidad requerida para el punto final P_f).

-Procedimiento (Alcalinidad de la fenolftaleína para fluidos de perforación)

1. Mida 1,0 ml de fluido de perforación en el recipiente de titulación utilizando una jeringa o una pipeta volumétrica. Diluya la muestra de fluido de perforación con 25 ml a 50 ml de agua destilada. Añada 4 a 5 gotas de solución indicadora de fenolftaleína y, si el indicador se vuelve de color rosa, mientras se agita, titule rápidamente con 0,02 N (N/50) de solución de ácido sulfúrico hasta que el color rosado desaparezca. Si el cambio de color de punto final no se puede ver, se puede tomar cuando el pH caiga a 8,3, medido por un pHmetro. (Consulte el capítulo anterior **pH**, por información para su medición adecuada).

Si se sospecha de una contaminación de cemento, la titulación debe llevarse a cabo tan rápidamente como sea posible y el punto final se reporta como la primera desaparición del color rosa.

2. Informe la alcalinidad de la fenolftaleína, P_{df} , del fluido de perforación como el número de mililitros de 0,02 N (N/50) de ácido requerido por mililitro de fluido de perforación.

Cálculos (concentración de iones de P_f y M_f)

1. Las concentraciones en masa de iones de hidroxilo, carbonato y bicarbonato pueden estimarse a partir P_f y M_f como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 – Concentración de iones hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos.

Valores relativos de P_f y M_f	Concentración mg/l		
	OH ⁻	CO ₃ ⁻²	HCO ₃
$P_f=0$	0	0	1200 M_f
$2P_f < M_f$	0	1200 P_f	1220 ($M_f - 2P_f$)
$2P_f = M_f$	0	1200 P_f	0
$2P_f > M_f$	340 ($2P_f - M_f$)	1200 ($M_f - P_f$)	0
$P_f = M_f$	340- M_f	0	0

Fuente: API 13B1

Estimación del contenido de cal

1. Determine el P_f y P_{df} del filtrado y el fluido de perforación como se describe en los dos anteriores procedimientos.
2. Determine la fracción de volumen, F_w , de agua en el fluido de perforación utilizando el valor para la fracción de volumen, expresada como fracción decimal, de agua desde la determinación de líquidos y sólidos (**Contenido de agua, aceite y sólidos**) en la ecuación siguiente:

$$F_w = \frac{\varphi_w}{100} \quad (30)$$

Donde: φ_w es la fracción de volumen, expresada en porcentaje, de agua en el fluido de perforación (**Ver capítulo: Contenido de agua, aceite y sólidos**).

3. Reporte el contenido de cal del fluido de perforación, $C_{cal,A}$, en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (31) [o $C_{cal,B}$, en libras por barril, tal como se indica en la ecuación (32)]:

$$C_{cal,A} = 0.742 \times (P_{df} - F_w P_f) \quad (31)$$

$$C_{cal,B} = 0.26 \times (P_{df} - F_w P_f) \quad (32)$$

Donde

F_w es la fracción de volumen de agua en el fluido de perforación, expresado como un decimal;

P_{df} es la alcalinidad de la fenolftaleína del fluido de perforación;

P_f es la alcalinidad de la fenolftaleína del filtrado.

Contenido de iones de Cloruro

La prueba de cloruros mide la concentración de iones de cloruro en el filtrado del fluido de perforación.

-Reactivos y Equipos

1. **Solución de nitrato de plata** (CAS No. 7761-88-8), que contiene 4.791 g/l (0,0282 N, equivalente a 0,001 g/ml de ión cloruro), almacenada en un botella color ámbar o opaca.
2. **Solución de cromato de potasio** (CAS No. 7789-00-6) Indicadora, 5 g/100 ml de agua.

PELIGRO - Este producto es conocido por ser cancerígeno y debe ser manejado con cuidado.

3. **Solución estandarizada de ácido sulfúrico** (CAS No. 7664-93-9) o **ácido nítrico** (CAS No. 7697-37-2) 0,02 N (N/50).

PELIGRO - H₂SO₄ y HNO₃ son ácidos fuertes y tóxicos.

4. **Solución indicadora de fenolftaleína** (CAS No. 518-51-4), 1 g/100 ml de solución de alcohol/agua 1:1.
5. **Carbonato de calcio** (CAS No. 471-34-1), precipitado, grado químicamente puro.
6. **Agua destilada.**
7. **Pipetas graduadas**, 1 ml (TD) y 10 ml (TD).
8. **Vaso de titulación**, 100 ml o 150 ml, de preferencia blanco.
9. **Varilla agitadora.**

-Procedimiento

1. Mida 1 ml o más de filtrado en el recipiente de titulación. Añada 2 o 3 gotas de solución de fenolftaleína. Si el indicador se vuelve de color rosa, añada gota a gota ácido de la pipeta, mientras agita, hasta que el color haya desaparecido. Si el filtrado estaba originalmente profundamente coloreado, agregue un adicional de 2 ml de 0,02 N (N/50) de ácido sulfúrico o ácido nítrico y revuelva. A continuación, añada 1 g de carbonato de calcio y revuelva.
2. Añada 25 ml a 50 ml de agua destilada y de 5 a 10 gotas de solución de cromato de potasio. Revuelva continuamente, mientras que adiciona la solución estándar de nitrato de plata gota a gota de la pipeta, hasta que el color cambie de amarillo a naranja-rojo y persista durante 30 s. Registre el volumen de solución de nitrato de plata requerido para alcanzar el punto final. Si se utilizan más de 10 ml de solución de nitrato de plata, repita la prueba con una muestra más pequeña de filtrado.

NOTA Si la concentración de iones cloruro en el filtrado excede 10 000 mg/l, una solución de nitrato de plata equivalente a 0,01 g/ml (0,282 N) de iones cloruro puede ser utilizada. El factor 1000 en la ecuación (3) se cambia entonces a 10000.

-Cálculos

1. Reporte la concentración de iones de cloruro, C_{Cl}, el filtrado, expresada en miligramos por litro, calculada como se indica en la ecuación (33):

$$C_{Cl} = 1000 \times \frac{V_{Sn}}{V_f} \quad (33)$$

Donde:

V_{Sn} es el volumen de la solución de nitrato de plata, expresada en mililitros;

V_f es el volumen de la muestra de filtrado, expresado en mililitros.

- Utilice la ecuación (34) para convertir C_{Cl} , a la concentración de cloruro de sodio, $C_{NaCl, A}$, expresada en miligramos por litro:

$$C_{NaCl, A} = 1.65C_{Cl} \quad (34)$$

- Para convertir de miligramos por litro a partes por millón en masa (unidad de USC), utilice la ecuación (35) y la densidad del filtrado a partir de la ecuación (18):

$$C_{NaCl, B} = \frac{C_{NaCl, A}}{\rho_f} \quad (35)$$

NOTA En soluciones muy diluidas, miligramos por litro es igual a partes por millón.

Dureza total / calcio

La dureza del agua o del filtrado de los fluidos de perforación se debe principalmente a la presencia de iones de calcio y de magnesio. Cuando EDTA (o su sal) se añade al agua o al filtrado, esta combina tanto el calcio y el magnesio y el punto final se determina con un indicador adecuado. La dureza total del agua o del filtrado se expresa como miligramos de calcio por litro. Un punto extremo oscurecido por componentes oscuros a menudo se puede remediar mediante la oxidación con un reactivo tal como hipoclorito de sodio.

-Reactivos y Equipos

- Solución estandarizada de EDTA** (CAS No. 6381-92-6), 0,01 mol/l; etilendiaminetetraacetato disódico dihidrato (1 ml/ml de muestra 1 000 mg CaCO₃, 1 ml/ml de muestra de 400 mg Ca⁺²).

NOTA EDTA se distribuye con varios nombres de los proveedores, Versenato^{®4} o " solución Versenato estándar" es la más común.

- Solución Buffer**, cloruro de 67,5 g de amonio (CAS No. 12125-02-9) y 570 ml de hidróxido de amonio (CAS No. 1336-21-6) (15 N) diluido a 1 000 ml con agua destilada.
- Solución indicadora/dureza**, 1 g/l Calmagita^{®5}) o equivalente; 1-(1-hidroxi-4-metil-2-fenilazo)-2-naftol-4-ácido sulfúrico (N ° CAS 3147-14-6) en agua destilada.
- Ácido acético** (CAS No. 64-19-7), glacial.

PELIGRO - Evitar contacto con la piel.

- Agente enmascarante**, 01:01:02 volumen mezclado de trietanolamina (CAS No. 102-71-6): tetraetilenpentamina (CAS No. 112-57-2); agua.
- Solución de hipoclorito de sodio** (CAS No. 7681-52-9), fracción de masa de 5,25 % en agua desionizada.

PELIGRO - Evitar contacto con la piel.

Muchas marcas blanqueador de lavandería comercial contienen hipoclorito de calcio o ácido oxálico y no deben utilizarse. Asegúrese de que el hipoclorito de sodio es fresco, ya que se deteriorará con el tiempo.

- Agua desionizada o destilada.**

El agua desionizada y una solución de hipoclorito de sodio deben ser probados para la dureza mediante el uso de 50,0 ml de agua desionizada y 10 ml de la solución de hipoclorito de sodio

sin la muestra de ensayo, y continuando con los puntos 7 y 8 del procedimiento en **Dureza total/calcio**. Si el procedimiento se repite luego con la muestra de ensayo utilizando 50 ml de agua desionizada y 10 ml de solución de hipoclorito de sodio en (en el procedimiento de **Dureza total/calcio** de 2-6), la dureza de la muestra de ensayo se puede determinar restando la dureza del agua desionizada y el hipoclorito.

8. **Vaso de titulación**, beaker de 150 ml.
9. **Pipetas graduadas**, 5 ml (TD) y 10 ml (TD).
10. **Pipetas volumétricas**, 1 ml (TD), 2 ml (TD) y 5 ml (TD).
11. **Placas eléctricas** (necesarias si se colorea filtrado).
12. **Tira de papel pH**.

-Procedimiento

1. Mida uno o más mililitros de la muestra en un vaso de precipitados de 150 ml. (Si el filtrado es claro, o está sólo, ligeramente coloreado, omita los pasos de 2-5 del procedimiento en **Dureza total/calcio**.)
2. Añada 10 ml de solución de hipoclorito de sodio y mezcle.
3. Añada 1 ml de ácido acético glacial y mezcle.
4. Hierva la muestra durante 5 min. Mantenga el volumen de la muestra mediante la adición de agua desionizada según se requiera durante la ebullición. La ebullición se requiere para eliminar el exceso de cloro. La ausencia de cloro puede ser verificada mediante la inmersión de una tira de papel pH en la muestra. Si el papel continua blanco se requiere seguir hirviendo. Trabaje en un área con ventilación adecuada.
5. Enfríe la muestra.
6. Enjuague el interior del vaso de precipitados con agua desionizada y diluya la muestra de 50 ml con agua desionizada. Añada aproximadamente 2 ml de solución buffer y agite para mezclar.

NOTA La presencia de hierro soluble puede interferir con la determinación del punto final. Si esto se sospecha, una mezcla de trietanolamina:tetraetilenpentamina:agua (01:01:02 en volumen) ha demostrado ser un agente de enmascaramiento adecuado. 1 ml de la mezcla se utiliza por titulación.

7. Añada suficiente indicador de dureza (2 gotas a 6 gotas) y mezcle. Un color rojo vino se desarrolla si el calcio y/o magnesio está/están presentes.
8. Mientras se agita, títule con solución de EDTA hasta el punto final adecuado. Indicadores de calcio producen un cambio de rojo a azul. El punto final es el mejor descrito como el punto en el que el EDTA adicional no produce aún más rojo que el cambio de color azul. El volumen de titulación de EDTA se utiliza en los cálculos de **Dureza total/calcio**.

-Cálculos

La concentración de iones de dureza total, de calcio más magnesio, C_{Ca+Mg} , expresado en miligramos por litro como el calcio, se calcula como se indica en la ecuación (36):

$$C_{Ca+Mg} = 400 \times \frac{V_{EDTA}}{V_s} \quad (36)$$

Donde

V_{EDTA} es el volumen de solución de EDTA, expresado en mililitros;

V_s es el volumen de la muestra, expresado en mililitros.

NOTA La concentración de calcio y magnesio es comúnmente conocida en la industria como la dureza total, y se presenta como el calcio.

2. ANEXO A (Informativo)

ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA

Calcio

Cuando EDTA (o su sal) se añade al agua o al filtrado del fluido de perforación conteniendo calcio y magnesio, ésta se combina primero con el calcio. El calcio puede ser determinado con EDTA cuando el pH de la muestra es suficientemente alto de modo que el magnesio se precipita como hidróxido y un indicador específico para el calcio se utiliza. Varios indicadores dan cambios de color cuando todo el calcio se ha complejado por EDTA a un pH de 12 a 13. Un punto extremo oscurecido por componentes orgánicos oscuros puede ser remediado mediante la oxidación con un reactivo tal como hipoclorito de sodio.

-Reactivos y equipos

1. **Solución EDTA** (N^o CAS 6381-92-6): 0,01 mol/l, estandarizada etilendiaminetetraacetato disódico dihidrato (muestra 1 ml / ml de 1 000 mg de CaCO₃, 1 ml/ml de muestra de 400 mg de Ca²⁺).

NOTA EDTA se distribuye con varios nombres de proveedores, Versenato[®] o "solución Versenato estándar" es la más común.

2. **Solución buffer de calcio:** 1 mol/l (1 N) de hidróxido de sodio (CAS N^o 1310-73-2).

PELIGRO - NaOH es una potente sustancia química alcalina cáustica. Evite el contacto con la piel.

3. **Indicador de Calcio**, Calver[®]II6ⁱⁱⁱ o azul hidroxinaftol (CAS No. 63451-35-4)
4. **Ácido acético** (CAS No. 64-19-7), glacial.

PELIGRO - Evitar contacto con la piel.

5. **Recipiente de titulación**, beaker de 150 ml.
6. **Pipetas graduadas**, 1 ml (TD) y 10 ml (TD).
7. **Pipetas volumétricas**, 1 ml (TD), 2 ml (TD) y 5 ml (TD).
8. **Placas eléctricas** (necesarias si se colorea el filtrado).
9. **Agente de enmascaramiento:** 1:1:2 mezcla de volumen de trietanolamina (CAS No. 102-71-6):tetraetilenpentamina (CAS No. 112-57 2):el agua.
10. **Papel pH.**
11. **Probeta graduada**, 50 ml (TC).
12. **Hipoclorito de sodio** (CAS N^o 7861-52-9), solución: fracción de masa 5,25 % en agua desionizada.

PELIGRO - Evitar contacto con la piel.

Muchas marcas de blanqueador de lavandería comercial contienen hipoclorito de calcio o ácido oxálico y no deben utilizarse. Asegúrese de que el hipoclorito de sodio es fresco, ya que se deteriora con el tiempo.

13. Agua desionizada o destilada.

El agua desionizada y una solución de hipoclorito de sodio deben ser probadas para el calcio mediante el uso de 50 ml de agua desionizada y 10 ml de la solución de hipoclorito de sodio sin la muestra de ensayo. Si el procedimiento se repite luego con la muestra de ensayo, utilizando los mismos 50 y 10 ml anteriores, como se indica en el siguiente procedimiento, el calcio de la muestra de ensayo se puede determinar restando el calcio del agua desionizada y una solución de hipoclorito de sodio.

-Procedimiento

1. Extraiga con una pipeta y añada 1 ml o más de la muestra a un beaker de 150 ml. Este volumen de muestra se utiliza en el cálculo que se muestra en la ecuación (A.1). Si el filtrado es incoloro o es coloreado ligeramente, omita los pasos (2-5).
2. Con una pipeta graduada, añada 10 ml de solución de hipoclorito y mezcle.
3. Con una pipeta graduada, añada 1 ml de ácido acético glacial y mezcle.
4. Hierva la muestra durante 5 min. Mantenga la muestra mediante la adición de agua desionizada según se requiera durante la ebullición. La ebullición se requiere para eliminar el exceso de cloro. La ausencia de cloro puede ser verificada mediante la inmersión de una tira de papel pH en la muestra. Si el papel continúa siendo blanqueado, se requiere seguir hirviendo. Una muestra suficientemente hervida muestra un pH de 5,0.
5. Enfríe la muestra.
6. Enjuague el interior del vaso de precipitados con agua desionizada y diluya la muestra en aproximadamente 50 ml con agua desionizada. Añada 10 ml a 15 ml de una solución buffer de calcio o hidróxido de sodio suficiente para producir un pH de 12 a 13.

NOTA La presencia de hierro soluble puede interferir con la determinación del punto final. Si esto se sospecha, una mezcla de trietanolamina:tetraetilenpentamina:agua (1:1:2 en volumen) es un adecuado agente de enmascaramiento. Añada 1,0 ml de la mezcla después de 6.

7. Añada indicador de calcio suficiente (0,1 g a 0,2 g) para producir un color rosado a rojo vino si el calcio está presente. Demasiado indicador oscurece el punto final.

NOTA La adición de varias gotas de naranja de metilo junto con el indicador de calcio puede mejorar la visibilidad del punto final.

8. Mientras se agita, se titula con EDTA estándar hasta el punto final adecuado. Indicadores de calcio producen un cambio de rojo a azul. El punto final se describe mejor como el punto en el que EDTA adicional no produce aún más rojo que el cambio de color azul. El volumen de EDTA se utiliza en el cálculo de la ecuación (A.1).

-Cálculos

1. La concentración de iones de calcio, C_{Ca} , expresada en miligramos por litro, se calcula como se indica en la ecuación (A.1):

$$C_{Ca} = 400 \times \frac{V_{EDTA}}{V_f} \quad (A1)$$

Donde:

C_{Ca} es la concentración de iones de calcio, expresada en miligramos por litro;

V_{EDTA} EDTA es el volumen de solución EDTA, expresado en mililitros (1 ml de 400 mg de Ca 2);
 V_f es el volumen de la muestra de filtrado, expresado en mililitros.

Magnesio

El contenido de magnesio del filtrado de los fluidos de perforación se puede calcular restando el contenido de iones de calcio a partir de la dureza total. Esto da el contenido de magnesio en términos de calcio que se convierte en magnesio, multiplicando el valor por la relación de los pesos atómicos (24,3/40=0,6).

-Procedimiento

1. Determinar la dureza total, calcio (Pasos 3-4 de **Dureza total/calcio**).
2. Determinar el contenido de calcio como se describe en **Calcio**.

-Cálculos

1. La concentración de magnesio, C_{Mg} , expresada en miligramos por litro, se calcula como se indica en la ecuación (A.2):

$$C_{Mg} = 0.6 \times C_{Ca+Mg} - C_{Ca} \quad (A2)$$

Donde:

C_{Ca+Mg} es la dureza total, expresada como el calcio en miligramos por litro;

C_{Ca} es la concentración de calcio, expresada en miligramos por litro.

Sulfato de calcio

El contenido de sulfato de calcio de los fluidos de perforación se determina utilizando el método de EDTA como se describe anteriormente en **Calcio**, para determinar el calcio total en el filtrado y el fluido. Los contenidos totales y no disueltos de sulfato de calcio del fluido de perforación entonces, se pueden calcular.

-Reactivos y equipos

1. **Solución EDTA** (CAS No. 6381-92-6): 0,01 mol, disódico de etilendiamina-tetraacetato dihidrato estandarizada (muestra 1 ml/ml 1 000 mg CaCO₃, 1 ml/ml de muestra de 400 mg de Ca²⁺).

NOTA EDTA se distribuye con varios nombres de proveedores, Versenato® o "solución Versenato estándar" es la más común.

2. **Solución buffer de calcio**: 1 mol/l (1 N) de hidróxido de sodio (CAS N ° 1310-73-2).

PELIGRO - NaOH es una potente sustancia química alcalina cáustica. Evite el contacto con la piel.

3. **Indicador de Calcio**, Calver ®II7)^{iv} o azul hidroxinaftol (CAS No. 63451-35-4).
4. **Ácido acético** (CAS No. 64-19-7), glacial.

PELIGRO - Evitar contacto con la piel.

5. **Agente de enmascaramiento:** 1:1:2 mezcla de volumen de trietanolamina (CAS No. 102-71-6): tetraetilenpentamina (CAS No. 112-57-2): agua.
6. **Solución de hipoclorito de sodio** (CAS No. 7861-52-9), la fracción de masa de 5,25 % en agua desionizada.

PELIGRO - Evitar contacto con la piel.

Muchas marcas de blanqueador de lavandería comercial contienen hipoclorito de calcio o ácido oxálico y no deben utilizarse. Asegúrese de que el hipoclorito de sodio es fresco, ya que se deteriorará con el tiempo.

7. **Agua desionizada o destilada.**

El agua desionizada y una solución de hipoclorito de sodio deben ser probados para el sulfato de calcio mediante el uso de 10 ml de agua desionizada y 10 ml de la solución de hipoclorito de sodio sin la muestra de ensayo. Si el procedimiento se repite luego con la muestra de ensayo, el sulfato de calcio de la muestra de ensayo se puede determinar restando el sulfato de calcio del agua desionizada y la solución de hipoclorito de sodio.

8. **Vaso de titulación**, beaker de 150 ml.
9. **Pipetas graduadas**, 1 ml (TD) y 10 ml (TD).
10. **Pipetas volumétricas**, 1 ml (TD), 2 ml (TD), 5 ml (TD) y 10 ml (TD).
11. **Placa caliente** (requerida, si el filtrado es de color).
12. **Papel pH.**
13. Probeta graduada, 50 ml (TC).
14. Retorta del fluido de perforación, tal como se describe en **Contenido de agua, aceite y sólidos.**

-Procedimiento

1. Añada 5 ml de fluido de perforación a 245 ml de agua desionizada. Agite la mezcla durante 15 minutos y filtre a través de una filtroprensa estándar de conformidad con (**Filtración: Prueba a alta temperatura/ alta presión (HT/HP)**).
2. Recoja sólo filtrado claro. En un vaso de 150 ml, añada 10 ml de filtrado claro con la pipeta volumétrica de 10 ml y titule hasta el punto final de EDTA como se describe en (**Anexo 1-calcio**), designe este volumen de EDTA como $V_{EDTA, df}$.
3. Titule 1 ml del filtrado del fluido de perforación original, hasta el punto final de EDTA. Designe a este volumen de EDTA como $V_{EDTA, f}$.
4. Determine la fracción de volumen de agua, F_w , expresada como un decimal, en el fluido de perforación utilizando el valor para la fracción de volumen, ϕ_w , expresada como un porcentaje, de agua del líquido la determinación de sólidos y la ecuación (A.3):

$$F_w = \frac{\phi_w}{100} \quad (A3)$$

-Cálculos

1. Calcule la concentración de sulfato de calcio del fluido de perforación, $C_{CaSO_4, A}$, expresada en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (A.4) [o $C_{CaSO_4, B}$, expresada en libras por barril, como se da en la ecuación (A.5)]:

$$C_{CaSO_4,A} = 6.60 V_{EDTA,df} \quad (A4)$$

$$C_{CaSO_4,B} = 2.31 V_{EDTA,df} \quad (A5)$$

Donde:

$V_{EDTA,df}$ es el volumen de valoración de EDTA de fluido de perforación conjunto.

Calcule el (exceso) de concentración del sulfato de calcio sin disolver del fluido de perforación, $C_{EX-CaSO_4,A}$, expresado en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (A.6) [$C_{EX-CaSO_4,B}$, expresado en libras por barril, como se indica en la ecuación (A.7)]:

$$C_{ex-CaSO_4,A} = 6.6V_{EDTA,df} - 1.32V_{EDTA,f} \times F_W \quad (A6)$$

$$C_{ex-CaSO_4,B} = 2.31V_{EDTA,df} - 0.463V_{EDTA,f} \times F_W \quad (A7)$$

Donde:

$C_{ex-CaSO_4,A}$ es el exceso de concentración de sulfato de calcio disuelto, expresado en kilogramos por metro cúbico;

$C_{ex-CaSO_4,B}$ es el exceso de concentración de sulfato de calcio sin disolver, expresado en libras por barril;

F_W es la fracción de volumen de agua en el fluido de perforación, expresada como un decimal;

$V_{EDTA,df}$ es el volumen de EDTA del fluido de perforación;

$V_{EDTA,f}$ es el volumen de EDTA del filtrado fluido de perforación.

Sulfuros

La concentración de sulfuros solubles en un fluido de perforación puede ser determinada por este método. Sulfuros solubles incluyen H_2S , el sulfuro (S^{2-}) y bisulfuro de iones (HS^-). El filtrado del fluido de perforación se acidifica en un transportador de gas Garrett convirtiendo a todos los sulfuros en H_2S , que se desprende por burbujeo de un gas inerte transportado a través de la muestra. El transportador de gas separa el gas del líquido. La corriente de gas se hace pasar a través de un tubo Dräger 8", que responde al H_2S por oscurecimiento a lo largo de su longitud. La longitud oscurecida es proporcional al sulfuro total en el filtrado del fluido de perforación. El tubo Dräger de bajo rango se vuelve de color blanco a marrón-negro y el tubo Dräger de alto rango cambia de azul pálido a negro azabache. Contaminantes no comunes del fluido de perforación causan estos cambios de color.

Discos de papel de acetato de plomo se pueden alojar en el transportador de gas Garrett para determinar la presencia o ausencia de sulfuros. Si la presencia de sulfuros se indica mediante el oscurecimiento del papel de plomo-etilo, un tubo Dräger se debe utilizar para el análisis cuantitativo.

-Reactivos y equipos

1. **Ácido sulfúrico** (N^o CAS 7664-93-9), aproximadamente 2,5 mol/l (5N), ACS grado reactivo.

PELIGRO - H_2SO_4 es un ácido fuerte y tóxico.

2. **Antiespumante**, en un frasco cuentagotas.

3. **Gas transportado**, reactivos sulfuro de hidrogeno inerte, ácidos y tubo Dräger.
Se prefiere el nitrógeno, pero el dióxido de carbono es aceptable. (Evitar aire u otros gases que contienen oxígeno.)
4. **Análisis de H₂S para tubos Dräger**:
 - Rango bajo: marcado H₂S 100/a (No. CH 29101, 100 mg/l de 2 000 mg/l de H₂S;
 - Rango alto: marcado H₂S 0,2%/A (N ° CH 28101, volumen 0,2% a 7% de H₂S);
5. **Aparato transportador de gas Garrett**, que consiste en un transportador de plástico transparente para gas, un suministro de gas inerte, un regulador de presión, un medidor de flujo de bola flotante y un tubo Dräger.

Especificaciones del transportador de gas Garrett:

- a) Cuerpo
 - Cámara1:
 - Profundidad 90 mm (3,54 pulg)
 - Diámetro 38 mm (1,52 pulg)
 - Cámaras 2 y 3:
 - Profundidad 90 mm (3,54 pulg)
 - Diámetro 30 mm (1,18 pulg)
 - Pasajes entre las cámaras:
 - Diámetro 2,0 mm (0,08 pulg)
 - Material:
 - Material transparente o de vidrio que es inerte a los ácidos, sulfuros y gas sulfuro de hidrógeno.
 - b) Tubo de dispersión
 - Tallo:
 - Diámetro 8,0 mm (0,315 pulg)
 - Longitud 150 mm (5,9 pulg)
 - Frit de dispersión (en forma de campana, fino):
 - Diámetro 30 mm (1,18 pulg)
 - Material:
 - Bajo coeficiente de dilatación, vidrio resistente al calor.
 - c) Medidor de caudal, preferido tipo bola flotante, capaz de medir 300 ml/min de gas CO₂.
 - d) Tubos flexibles, tipo inerte al sulfuro de hidrógeno y portador gas. Se prefiere la goma de látex o equivalente.
 - e) Los accesorios y tubería rígida, tipo inerte para el sulfuro de hidrógeno y el ácido.
 - f) septo de goma.
6. Disco de papel de acetato de plomo.
 7. Jeringas hipodérmicas, 10 ml y 2,5 ml (para el ácido), y 5 ml y 10 ml (para la muestra).
 8. Agujas hipodérmicas, 38 mm (1,5 in) de agujas de calibre 21.

-Procedimiento

1. Asegúrese de que el transportador de gas esté limpio, seco y en una superficie plana, con la parte superior removida.

NOTA La humedad en el transportador puede causar que la bola en el medidor de flujo flote de forma errática y pueda afectar la exactitud de la lectura del tubo Dräger.

2. Añada 20 ml de agua desionizada a la cámara 1.
3. Añada 5 gotas de antiespumante a la cámara 1.
4. Ver la **Tabla A.1** para el volumen y el tipo de tubo Dräger requerido para el rango de sulfuro esperado. Seleccione el tipo de tubo Dräger adecuado. Rompa la punta de cada extremo del tubo.
5. Instale el tubo Dräger con la flecha apuntando hacia abajo en el receptáculo perforado. Del mismo modo, instale el tubo medidor de flujo con la palabra "TOP" hacia arriba. Asegúrese de que las juntas tóricas sellan alrededor del cuerpo de cada tubo.
6. Instale la parte superior del transportador de gas y apriete a mano todos los tornillos uniformemente para sellar las juntas tóricas.

Tabla A.1 – Identificación del tubo Dräger (o su equivalente), volumen de muestra y factores de tubos para varios rangos de sulfuros.

Rango de Sulfuros mg/l	Volumen de Muestra V _s ml	Identificación del tubo Dräger ^a	Factor del Tubo ^{b, c} f
1.2 a 24	10.0	H ₂ S 100/a	0.12 ^d
2.4 a 48	5.0	H ₂ S 100/a	0.12 ^d
4.8 a 96	2.5	H ₂ S 100/a	0.12 ^d
30 a 1050	10.0	H ₂ S 0.2 %/a	1450 ^e
60 a 2100	5.0	H ₂ S 0.2 %/a	1450 ^e
120 a 200	2.5	H ₂ S 0.2 %/a	1450 ^e

a Ver el cuerpo del tubo

b Usado en los cálculos

c Si se usan otros tubos, es necesario cambiar los factores de los tubos en la Tabla A.1 de acuerdo con las especificaciones de fabricación

d El factor de tubo 0.12 aplica para tubos marcados por H₂S 100/a (Cat. No. CH 29101) con una escala de 100 mg/l a 2000 mg/l. Para tubos viejos con valores de 1 a 20 en la escala, use un factor de tubo de 12.

e El factor de tubo 1450 aplica para tubos marcados por H₂S 0.2 %/a (Cat. No. CH 28101) con una escala de 0.2% a 7.0% de volumen. Para tubos viejos con valores de 1 a 17 mililitros en la escala, use un factor de tubo de 600 veces el radio. Factor de lote/0.40.

7. Con el regulador retrocedido, conecte el transportador de gas al tubo de dispersión de la cámara 1 usando un tubo flexible. Si se utiliza un cartucho de CO₂, instale y punce el cartucho y conecte al tubo de dispersión.
8. Una el tubo flexible de la cámara 3 de salida con el tubo Dräger. Utilice solamente goma de látex o un tubo de plástico inerte. No sujete tubos flexibles, los tubos sin sujeción proporcionan alivio de presión en caso de exceso de presión.
9. Ajuste el tubo de dispersión en la cámara 1 a aproximadamente 6 mm (0,25 pulgadas) por encima del fondo.
10. Deje fluir suavemente el gas transportado durante 30 s para purgar el aire del sistema. Revise si hay fugas. Apague el transportador de gas.
11. Recoja un volumen suficiente de filtrado libre de sólidos para el análisis. (Si se va a detectar una baja concentración de sulfuros solubles, se requiere un gran volumen de filtrado. Utilice la Tabla A.1 como guía.)

12. Inyecte un volumen medido de la muestra de filtrado libre de sólidos en la cámara 1 a través del septo de caucho, utilizando una jeringa y aguja hipodérmica.
13. Inyecte lentamente la solución de ácido sulfúrico 10 ml en la cámara 1 a través del tapón de goma con la jeringa y aguja hipodérmica.
14. Reinicie inmediatamente el flujo del transportador de gas. La tasa de flujo se debe mantener entre 200 ml/min y 400 ml/min.

NOTA Un cartucho de CO₂ debería proporcionar unos 15 min a 20 min de flujo a este ritmo.

15. Observe los cambios en la apariencia del tubo Dräger. Observe y registre la longitud máxima oscurecida (en unidades marcadas sobre el tubo) antes de que el frente empiece a manchar. Continúe fluyendo por un total de 15 minutos, aunque el frente pueda alcanzar una difusa y plumosa coloración. En el tubo de alta gama, un color naranja (causado por SO₂) puede aparecer por delante del frente negro si sulfitos están presentes en la muestra. La región SO₂ naranja debe ser ignorada cuando se graba la longitud oscurecida.
Para una mayor precisión del tubo Dräger, la "longitud oscurecida" debe llenar más de la mitad de la longitud del tubo, por lo tanto, el filtrado "volumen de muestra" se selecciona cuidadosamente.
16. un disco de papel de acetato de plomo fijado debajo de la junta tórica de la cámara 3 puede ser sustituido por el tubo Dräger en el transportador de gas. El papel de acetato de plomo indica cualitativamente la presencia o ausencia de sulfuros en la muestra. Una coloración oscura del papel es una indicación positiva de sulfuros. Después de una indicación positiva, el tubo Dräger se debe utilizar en una muestra separada para el análisis cuantitativo.
17. Para limpiar el transportador de gas, retire el tubo flexible y retire la tapa. Tome el tubo Dräger y el medidor de flujo hacia fuera de los recipientes y tape los agujeros con tapones para mantenerlos secos. Lave las cámaras con agua tibia y un detergente suave, utilizando un cepillo suave. Utilice un limpiador de tuberías para limpiar los pasajes entre las cámaras. Lave, enjuague y sople el tubo de dispersión con un gas seco. Enjuague la unidad con agua desionizada, deje escurrir y seque.

-Cálculos

La concentración de sulfuro, C_S, expresada en miligramos por litro, en la muestra se puede calcular como se da en la Ecuación (A.8):

$$c_s = \frac{l_{st} \times f}{V_s} \quad (A8)$$

Donde:

l_{st} es la longitud máxima oscurecida del tubo Dräger, en unidades marcadas en el tubo;

V_s es el volumen de la muestra medido, expresado en mililitros;

f es el factor tubo de la Tabla A.1.

Carbonatos

La concentración de carbonatos solubles en el filtrado de un fluido de perforación puede ser determinada por este método. El total de carbonatos solubles incluyen el CO₂, el carbonato (CO₃²⁻) y bicarbonato de iones (HCO₃⁻). El filtrado del fluido de perforación se acidifica en un transportador de gas Garrett, convirtiendo todos los carbonatos a CO₂, el cual es atrapado

mediante burbujeo de un gas inerte transportado a través de la muestra. El transportador de gas separa el gas del líquido. La corriente de gas se recoge en una bolsa de gas de 1 l (para permitir que el CO₂ se mezcle de manera uniforme) y posteriormente sea aspirado a través de un tubo Dräger 9^{vi} a un caudal fijo. El tubo Dräger responde al CO₂ por tinción púrpura progresivamente a lo largo de su longitud. Una reacción entre el CO₂ y una sustancia química hidracina causa un indicador de cristal violeta hasta convertirse en púrpura. La longitud de la mancha es proporcional a la concentración de carbonato total en el filtrado.

-Reactivos y equipos

1. **Aparato transportador de gas Garrett**, que consiste en un transportador de plástico transparente de gas, un suministro de gas inerte, un regulador de presión, un medidor de flujo de bola flotante y un tubo Dräger.

Especificaciones de la rampa de gas Garrett:

- a) Cuerpo
 - Cámara1:
 - Profundidad 90 mm (3,54 pulg)
 - Diámetro 38 mm (1,52 pulg)
 - Cámaras 2 y 3:
 - Profundidad 90 mm (3,54 pulg)
 - Diámetro 30 mm (1,18 pulg)
 - Pasajes entre las cámaras:
 - Diámetro 2,0 mm (0,08 pulg)
 - Material:
 - Material transparente o de vidrio que es inerte a los ácidos, sulfuros y gas sulfuro de hidrógeno.
- b) Tubo de dispersión
 - Tallo:
 - Diámetro 8,0 mm (0,315 pulg)
 - Longitud 150 mm (5,9 pulg)
 - Frit de dispersión (en forma de campana, fino):
 - Diámetro 30 mm (1,18 pulg)
 - Material:
 - Bajo coeficiente de dilatación, vidrio resistente al calor.
- c) Medidor de caudal, tipo bola flotante preferido, capaz de medir 300 ml/min de gas CO₂.
- d) Tubos flexibles, tipo inerte al sulfuro de hidrógeno y al gas transportado. Se prefiere la goma de látex o su equivalente.
- e) Los accesorios y tubería rígida, tipo inerte para el sulfuro de hidrógeno y el ácido.
- f) septo de goma.
- g) **Gas transportado**, botella de nitrógeno de alta pureza (N₂) con regulador de baja presión o cartuchos de gas de N₂O (preferidos).

PELIGRO - No utilice cartuchos de óxido nitroso como fuentes de presión para filtraciones (HT/HP). En condiciones de alta temperatura y presión, el óxido nitroso puede detonar en

presencia de grasa, aceite o materiales carbonosos. Utilice cartuchos de óxido nitroso sólo para el análisis en el transportador de gas Garrett de carbonatos.

- h) Tubo de análisis Dräger CO₂, marcado CO₂ 100/a (cat. N ° 81018110), 100 mg/l hasta 3 000 mg/l.
- i) Bolsa de gas Dräger Alcotest 1 l, No. 7.626.425, o su equivalente.
- j) Dräger Accuro® 10)^{vii} bomba de vacío (detección de gas) de accionamiento manual Modelo 31, o equivalente.
- k) Llave de paso, de 2 vías, 8 mm (0.315 pulg) de vidrio con tapón de PTFE.
- l) El ácido sulfúrico (N ° CAS 7664-93-9), aproximadamente 2,5 mol/l (5 N), ACS grado reactivo.

PELIGRO - H₂SO₄ es un ácido fuerte y tóxico.

- m) Antiespumante, en un frasco cuentagotas.
- n) Jeringas hipodérmicas, 1,0 ml, 5 ml y 10 ml (para el ácido) y 10 ml (para la muestra).
- o) Agujas hipodérmicas, 38 mm (1,5 in) de agujas de calibre 21.

NOTA Se prefiere nitrógeno sobre el N₂O como el gas transportado. Debido a que el N₂O se enfría al expandirse y enfría el diafragma en el regulador, el flujo de N₂O prolongado hace que el regulador funcione de forma errática.

-Procedimiento

1. Asegúrese de que el transportador de gas esté limpio, seco y en una superficie plana, con la parte superior removida. Si el CO₂ se ha utilizado como el gas transportado en la prueba anterior (es decir, en el análisis de sulfuros), el regulador, la tubería y el tubo de dispersión deben ser purgados con el gas transportado en este momento.
2. Añada 20 ml de agua desionizada a la cámara 1.
3. Añada 5 gotas de antiespumante a la cámara 1.
4. Instale la parte superior del transportador de gas y a mano apriete uniformemente para sellar todas las juntas tóricas.
5. Ajuste el tubo de dispersión de aproximadamente 6 mm (0,25 pulg) de fondo.
6. Con el regulador apagado, conecte el suministro del gas transportado al tubo de dispersión de cristal de la cámara 1 utilizando tubería flexible.
7. Deje fluir el gas transportado durante 1 minuto, para purgar el aire del sistema. Compruebe si hay fugas en la unidad del transportador de gas.
8. Colapse por completo la bolsa de gas y al mismo tiempo compruebe el sistema en busca de fugas. Para ello, conecte la bolsa de gas y la llave de paso de la bomba de mano. (Utilice un tubo Dräger descartado como conexión y comience con la bolsa esencialmente vacía.) Presione totalmente y suelte la bomba de mano. Cuando la bolsa esté completamente vacía y sin fugas, la bomba permanecerá despresurizada durante varios minutos. Si se detecta una fuga, revise la bomba y todas las conexiones. Para comprobar solo la bomba, inserte un tubo Dräger sellado en la abertura de la bomba y presione el fuelle. Si la bomba no tiene fugas se mantendrá despresurizada.
9. Con la bolsa totalmente colapsada, instale un tubo flexible en la llave de paso y la bolsa en la salida de la cámara 3.

10. Inyecte un volumen de muestra de filtrado medido, libre de sólidos en la cámara 1 a través del septo con una jeringa y aguja hipodérmica. Véase la Tabla A.2.
11. Inyecte lentamente la solución de ácido sulfúrico (10 ml) en la cámara 1 a través del tapón de goma con una jeringa limpia y aguja. Agite suavemente el transportador de gas para mezclar el ácido con la muestra en la cámara 1.

Tabla A.2 – Identificación de tubos Dräger (o equivalentes), volumen de muestra y factores de tubos para varios rangos de carbonatos

Rango de Carbonatos mg/l	Volumen de Muestra V _s ml	Identificación del tubo Dräger ^a	Factor del Tubo ^{b, c} <i>f</i>
25 a 750	10.0	CO ₂ 100/a	2.5 ^d
50 a 500	5.0	CO ₂ 100/a	2.5 ^d
100 a 3000	2.5	CO ₂ 100/a	2.5 ^d
250 a 7500	1.0	CO ₂ 100/a	2.5 ^d

a Ver el cuerpo del tubo

b Usado en los cálculos

c Si se usan otros tubos, es necesario cambiar los factores de los tubos en la Tabla A.2 de acuerdo con las especificaciones de fabricación

d El factor de tubo 2.5 aplica para tubos marcados por CO₂ 100/a (Cat. No. 6101811) con una escala de 100 mg/l a 3000 mg/l.

12. Abra la llave de paso en la bolsa de gas. Reinicie el flujo de gas y permita que la bolsa de gas se llene de forma constante durante un intervalo de 10 min. Cuando la bolsa sea firme al tacto (no la estalle) cierre el flujo y cierre la llave de paso. Inmediatamente proceda al siguiente paso.
13. Rompa la punta de cada extremo del tubo Dräger.
14. Retire el tubo de la cámara de salida 3 y vuelva a instalarlo en el extremo aguas arriba del tubo Dräger. (Observe que una flecha en el tubo indica la dirección del flujo de gas.) Coloque la bomba de mano Dräger al extremo inferior del tubo Dräger.
15. Abra la llave de paso en la bolsa. Con constante presión manual, pise a fondo la bomba de mano. Suelte la bomba de manera que el gas fluya fuera de la bolsa y a través del tubo Dräger. Haga funcionar la bomba y cuente los golpes hasta que la bolsa está vacía. (Diez golpes deben vaciar la bolsa. Más de diez golpes indica que la fuga se ha producido y que los resultados de las pruebas no serán correctos.)
16. Observe la mancha púrpura en el tubo Dräger cuando el CO₂ está presente en la bolsa de gas y registre la longitud de la mancha en unidades marcadas sobre el tubo Dräger. (Incluya el tinte azul pálido en la lectura de la longitud de la mancha púrpura.)
Para una mayor precisión del tubo Dräger, la "longitud de la mancha" debe llenar más de la mitad de la longitud del tubo, por lo tanto, "el volumen de muestra" se selecciona cuidadosamente.
17. Para limpiar el transportador de gas, retire el tubo flexible y retire la tapa. Lave las cámaras con agua tibia y un detergente suave, usando una brocha. Utilice un limpiador de tuberías para limpiar los pasajes entre las cámaras. Lave, enjuague y luego sople el tubo de dispersión con gas seco. Enjuague la unidad con agua desionizada y deje escurrir hasta que esté seca. Periódicamente reemplace la bolsa de gas desechable para evitar fugas y la contaminación en la bolsa. (El reemplazo de la bolsa se sugiere después de diez análisis).

-Cálculos

$$C_{CO_2+CO_3+HCO_3} = \frac{l_{st} \times f}{V_s} \quad (A9)$$

Donde

V_s es el volumen de la muestra, expresado en mililitros;

l_{st} es la longitud de la mancha tubo Dräger;

f es el factor tubo de la Tabla A.2.

Potasio (concentración por encima de 5 000 mg/l)

Los iones de potasio se utilizan en fluidos de perforación para ayudar en la estabilización de shales y para controlar arcillas hinchadas. La determinación precisa del contenido de iones de potasio es necesaria para controlar las propiedades del fluido de perforación. Este procedimiento se utiliza para medir el contenido de iones de potasio en el filtrado del fluido de perforación a niveles superiores a 5000 mg/l, que corresponde a 10 kg/l (3,5 libras/bbl) de cloruro de potasio. El potasio se precipita en un tubo de centrifuga así como la sal perclorato y el volumen de precipitado es medido. El contenido de iones de potasio se lee a partir de una curva estándar preparada.

-Reactivos y equipos

1. **Perclorato de sodio** ($NaClO_4$) (CAS No. 7601-89-0), solución: 150,0 g/100 ml de agua destilada.

PELIGRO – Los percloratos de sodio y potasio son explosivos en estado seco, si se calientan o si entran en contacto con agentes reductores orgánicos. Los percloratos no son peligrosos si se mantienen húmedos. Se descomponen sin causar daño en el agua.

2. **Cloruro de potasio estándar** (CAS No. 7447-40-7), solución: 14,0 g hechos hasta 100 ml con agua desionizada o destilada.
3. **Cabeza de rotor** centrifuga, horizontal-basculante (manual o eléctrica), capaz de producir aproximadamente 1 800 r/min.

NOTA Una constante de 1800 r/min se puede obtener con una centrifuga manual de la siguiente manera. Determine el número de revoluciones del rotor por cada vuelta de la manivela, es decir, mueva la manivela muy lentamente y cuente el número de revoluciones de la cabeza del rotor durante una vuelta de la manivela. Por ejemplo, 15 revoluciones del rotor por una vuelta de la manivela. Calcule el número de vueltas de la manivela necesarios para obtener 1800 revoluciones de la cabeza del rotor. En el ejemplo, para obtener 1800 revoluciones de la cabeza requerirían 120 vueltas de la manivela (1800/15). Por lo tanto la manivela debe girar 120 veces en un minuto para obtener la tasa de 1800 r/min. A este ritmo, en 5 s el mango debe girar 10 veces [es decir, (120/60) x 5]. Para contar, la manivela se gira en 5 s y se ajusta la tasa para obtener el número requerido de vueltas, una constante de 1800 r/min se puede obtener en 15 s a 20 s. Es necesario añadir el intervalo utilizado para ajustar a 1 800 r/min para el tiempo de centrifugación de la muestra.

4. **Tubo de centrifuga clínica**, 10 ml Tipo de Kolmer.
5. Pipetas volumétricas graduadas, 1 ml (TD), 2 ml (TD) y 5 ml (TD).
6. Jeringa hipodérmica o pipeta serológica (graduada), 10 ml (TD).

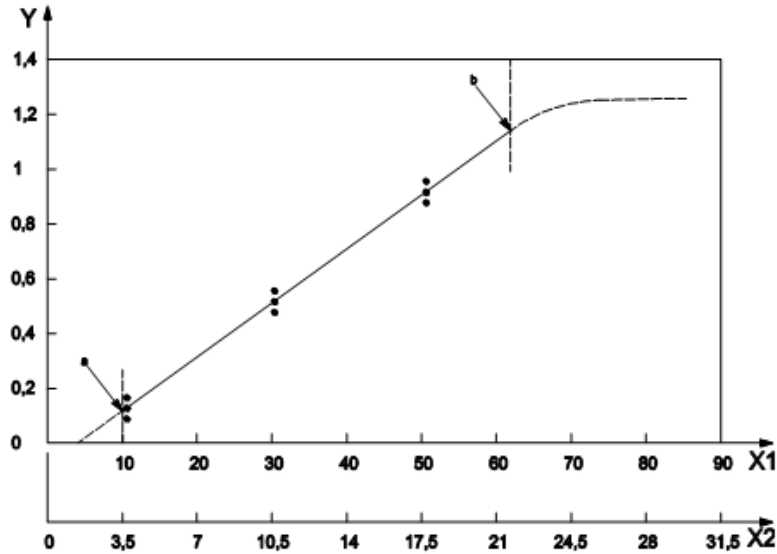
7. Agua destilada o desionizada.

Preparación de la curva de calibración estándar

1. Se requiere una curva de calibración estándar para cada tipo de centrífuga. Un mínimo de tres puntos [10 kg/m^3 (3,5 lb/bbl), 30 kg/m^3 (10,5 lb/bbl) y 50 kg/m^3 (17,5 lb/bbl) KCl] se requiere para obtener un gráfico precisa.
2. Las muestras se pueden preparar mediante el uso de la solución de cloruro de potasio estándar [0,5 ml de solución estándar de cloruro de potasio es equivalente a 10 kg/m^3 (3,5 libras/bbl) de KCl]. Para obtener concentraciones de KCl de 10 kg/m^3 (3,5 lb/bbl), 30 kg/m^3 (10,5 lb/bbl) y 50 kg/m^3 (17,5 lb/bbl) KCl, use 0.5 ml, 1,5 ml y 2,5 ml de la solución estándar de cloruro de potasio, respectivamente.
3. Diluya cada muestra hasta la marca de 7,0 ml con agua destilada y agite.
4. Añada 3,0 ml de solución de perclorato de sodio estándar (pero no agite).
5. Centrifugue a una velocidad constante (aproximadamente 1800 r/min) durante 1 min y lea el volumen precipitado de inmediato.
Contrarreste el tubo de centrífuga con otro tubo y líquido de la misma masa.
6. Limpie el tubo de centrífuga inmediatamente después de su uso para facilitar su limpieza.
7. Grafique el volumen de precipitado (mililitros) versus el contenido de cloruro de potasio en kilogramos por metro cúbico (o libras por barril), en papel cuadrado rectangular como se muestra en la Figura A.1.

-Procedimiento

1. Mida el volumen apropiado de filtrado en el tubo de centrífuga (véase la Tabla A.3 para la gama).
2. Si se usa menos de 7,0 ml de volumen de filtrado, diluya hasta 7,0 ml con agua destilada y agite.
3. Añada 3,0 ml de solución de perclorato de sodio estándar, pero no agite. Si el potasio está presente, la precipitación se produce a la vez.
4. Centrifugue a velocidad constante (aproximadamente 1800 r/min) durante 1 min. Lea el volumen precipitado inmediatamente y registre.
Contrarreste el tubo de centrífuga con otro tubo y líquido de la misma masa.



X1 $C_{KCl,A}$ expresada en kilogramos por metro cúbico

X 2 $C_{KCl,B}$ expresada en libras por barril

Y volumen del precipitado expresado en mililitros

*No use este procedimiento para concentraciones menores que 10 kg/m^3 (3.5 lb/bbl)

*Consulte la tabla A.3 más allá de este punto.

Figura A.1 – Ejemplo gráfico de la calibración de una curva de cloruro de potasio (No lo use para calibración)

Tabla A.3 – Volúmenes de filtrado para usar en varias concentraciones de KCl

Rango de concentración De KCl		K ⁺ en el filtrado mg/l	Volumen de filtrado a usar V _f ml
$C_{KCl,A}$ kg/m ³	$C_{KCl,B}$ lb/bbl		
10 a 50	3.5 a 17.5	5250 a 26250	7.0
50 a 100	17.5 a 35	26250 a 52500	3.5
100 a 200	35 a 70	52500 a 105000	2.0
Sobre 200	Sobre 70	Sobre 105000	1.0

Fuente API-RB2

- Añada 2 gotas a 3 gotas de la solución de perclorato de sodio al tubo. Si todavía se forma precipitado, no se midió la cantidad total de potasio. Vea la Tabla A.3 y utilice el siguiente volumen de filtrado más pequeño. Repita el procedimiento hasta el punto 4.
- Determine la concentración del cloruro de potasio de la muestra de ensayo diluida comparando el volumen precipitado medido con la curva de calibración estándar como se preparó en el paso 3. Reporte la concentración de cloruro de potasio como $C_{KCl,A}$, expresada en kilogramos por metro cúbico (o como $C_{KCl,B}$, expresada en libras por barril) de KCl. La concentración de potasio también puede ser reportada en miligramos por litro de iones de potasio. Si la concentración de la muestra diluida de cloruro de potasio, $C_{KCl,A}$ ($C_{KCl,B}$), a partir de

la curva de calibración estándar supera un 50 kg/m³ (ó 18 lb/bbl) de lectura, la exactitud de los resultados se reduce. Para obtener resultados más precisos, utilice el siguiente volumen de filtrado más pequeño como se indica en la Tabla A.3, y repita el procedimiento hasta el punto 4.

-Cálculos

1. Calcule la concentración del filtrado de cloruro de potasio, $c_{f,KCl,A}$, expresado en miligramos por litro, como se indica en la ecuación (A.10) [o $c_{f,KCl,B}$, expresada en libras por barril, como se indica en la ecuación (A.11)]:

$$c_{f,KCl,A} = \left(\frac{7}{V_f}\right) \times c_{KCl,A} \quad (A10)$$

$$c_{f,KCl,B} = \left(\frac{7}{V_f}\right) \times c_{KCl,B} \quad (A11)$$

Donde:

$c_{KCl,A}$ es la concentración correspondiente en el eje X1 de la curva estándar (véase la Figura A.1), expresada en kilogramos por metro cúbico;

$c_{KCl,B}$ es la concentración correspondiente en el eje X2 de la curva estándar (véase la figura A.1), expresada en libras por barril;

V_f es el volumen de filtrado utilizado, expresado en mililitros.

2. Calcule la concentración de iones de potasio del filtrado, $c_{K,A}$, expresada en miligramos por litro, de $c_{KCl,A}$ expresada en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (A.12) [o $c_{K,B}$, expresada en libras por barril, de $c_{KCl,B}$ como se indica en la ecuación (A.13)]:

$$c_{K,A} = 525 \times c_{KCl,A} \quad (A12)$$

$$c_{K,B} = 1500 \times c_{KCl,B} \quad (A13)$$

Donde $c_{KCl,A}$ y $c_{KCl,B}$ son como se define anteriormente.

Potasio (concentración por debajo de 5000 mg/l)

Este procedimiento se utiliza para medir el contenido de iones de potasio en el filtrado del fluido de perforación a niveles inferiores a 5 000 mg/l. El ion potasio se precipita en forma de sal de tetrafenilborato añadiendo un exceso de tetrafenilborato de sodio, solución estándar (STPB). El TFBS sin reaccionar se determina entonces mediante titulación con una sal de amonio cuaternaria (QAS), bromuro de amonio hexadeciltrimetil, usando azul de bromofenol como indicador. El punto final es un cambio de color de azul-púrpura a azul claro. La concentración de iones de potasio, C_K , En la muestra se calcula restando la cantidad de TFBS sin reaccionar de la cantidad de TFBS originalmente añadido a la muestra.

-Reactivos y Equipos

1. **Tetrafenilborato de sodio** estándar (STPB) (CAS No. 143-66-8), solución: 8,754 g en 800 ml de agua desionizada.

Añada 10 g a 12 g de hidróxido de aluminio, agite 10 min y filtre. Añada 2 ml de solución de NaOH al 20 % al filtrado y diluya 1 l con agua desionizada.

2. **Sal de amonio cuaternario** (QAS) (CAS No. 57-09-0), solución: 1,165 g de bromuro de amonio hexadeciltrimetil por cada 500 ml de agua desionizada.
3. **Hidróxido de sodio** (CAS N^o 1310-73-2), solución: fracción de masa 20 % en agua desionizada.

PELIGRO - NaOH es una potente sustancia química alcalina cáustica. Evite el contacto con la piel.

4. **Azul de bromofenol** (CAS No. 115-39-9), indicador: 0,04 g tetrabromophenolsulfonphthalein por 3 ml de 0,1 mol/l de NaOH. Diluya hasta 100 ml con agua desionizada.
5. **Agua desionizada o destilada.**
6. **Pipetas graduadas**, 2 ml (TD) se graduaron en 0,01 ml subdivisiones, 5 ml (TD) y 10 ml (TD).
7. **Cilindros graduados**, capacidad de 25 ml (TD) y 100 ml (TC).
8. **Beakers**, capacidad de 250 ml.
9. **Embudo.**
10. **Papel filtro.**

-Procedimiento

1. Ponga la cantidad adecuada de filtrado a una probeta de 100 ml, usando la Tabla A.4 para determinar el tamaño de la muestra. Asegúrese de utilizar una pipeta para medir la cantidad de filtrado.

Tabla A.4 – Volúmenes de filtrado para usar en varias concentraciones de KCl

Rango de concentración De KCl		K ⁺ en el filtrado mg/l	Volumen de filtrado a usar V _f ml
C _{KCl,A} kg/m ³	C _{KCl,B} lb/bbl		
0.5 a 3	0.18 a 1.05	263 a 1575	10.0
3.0 a 6	1.05 a 2.1	1575 a 3150	5.0
6.0 a 20	2.1 a 7.0	3150 a 500	2.0

Fuente API-RB2

2. Añada 4 ml de solución de NaOH (fracción de masa 20 %, medida con una pipeta 5 ml), 25 ml de solución de TFBS (medido con un cilindro graduado de 25 ml), y suficiente agua desionizada para llevar el nivel de la solución a 100 ml marca.
3. Mezcle y deje reposar 10 min.
4. Filtre en una probeta de 100 ml. Si el filtrado está turbio, vuelva a filtrar la solución.
5. Transfiera 25 ml del filtrado anterior (medido con un cilindro graduado de 25 ml) en un beaker de 250 ml.
6. Añada 10 gotas a 15 gotas de bromofenol indicador azul.
7. Titule con la solución QAS hasta que el color cambie de color púrpura-azul a azul claro. Es importante comprobar la concentración de la solución QAS frente a la solución de TFBS a intervalos mensuales. Para determinar el equivalente QAS, diluya 2 ml de la solución de TFBS

en un recipiente de titulación con 50 ml de agua desionizada. Añada 1 ml de solución de NaOH al 20 % y de 10 gotas a 20 gotas de indicador azul de bromofenol. Titule con la solución QAS hasta que el color cambie de púrpura-azul a azul claro.

La relación, $R_{QAS/TFBS}$, de la concentración de QAS a la de TFBS se calcula como se indica en la ecuación (A14):

$$R_{QAS/STPB} = \frac{V_{QAS}}{2} \quad (A14)$$

Donde

V_{QAS} es el volumen QAS, expresado en mililitros.

Si la relación es distinta de $4,0 \pm 0,5$, calcule un factor de corrección, K_{COR} , para su uso en el cálculo de la concentración de iones de potasio, C_K , V_{QAS} , expresada en miligramos por litro, como se da en la Ecuación (A15):

$$K_{COR} = \frac{8}{V_{QAS}} \quad (A15)$$

-Cálculos

Si la relación cae en el rango $4,0 \pm 0,5$, la concentración de iones de potasio, $C_{K,VQAS}$, en miligramos por litro, se calcula utilizando V_{QAS} como se da en la ecuación (A16):

$$C_{K,VQAS} = \frac{1000 \times 25 - V_{QAS}}{V_f} \quad (A16)$$

Donde V_f es el volumen de filtrado, expresado en mililitros.

Si es necesario un factor de corrección, calcule la concentración de iones de potasio en el filtrado, C_K , V_{QAS} , expresada en miligramos por litro, como se indica en la ecuación (A17):

$$C_{K,VQAS} = 1000 \left[\frac{25 - K_{COR} \times V_{QAS}}{V_f} \right] \quad (A17)$$

Calcule la concentración de cloruro de potasio en el filtrado, $C_{f,KCl,A}$, expresado en kilogramos por metro cúbico, según se indica en la ecuación (A18) [o $C_{f,KCl,B}$, expresada en libras por barril, utilizando la ecuación (A19)]:

$$C_{f,KCl,A} = \left(\frac{C_{K,VQAS}}{525} \right) \quad (A18)$$

$$C_{f,KCl,B} = \left(\frac{C_{K,VQAS}}{1500} \right) \quad (A19)$$

3. ANEXO B (Informativo)

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE USANDO UN TUBO SHEAROMETER

La experiencia ha demostrado que algunos fluidos de perforación tienden a desarrollar resistencia al corte excesivo en condiciones estáticas, especialmente a temperaturas elevadas. Resultados de la resistencia al corte excesivos en altas presiones de la bomba "rompen la circulación", y, por consiguiente, dan lugar a la pérdida de circulación. Alta resistencia al corte también puede causar dificultades en la evaluación, perforación y otras operaciones de "fondo de pozo".

La siguiente técnica puede ser usada para determinar esta tendencia y para estimar el grado en que el fluido de perforación desarrollará resistencia al corte excesivo. Esta medición se hace normalmente en una muestra estática de fluidos de perforación prolongadamente calentada. El prolongamiento de las temperaturas es, por lo tanto, seleccionado para estar cerca de la temperatura de fondo de pozo. Para ello se requieren las celdas de calentamiento o recipientes que cumplen las exigencias de presión y de temperatura para la prueba.

-Reactivos y equipos

1. **Tubo shearometer** de acero inoxidable, con las siguientes características:

Longitud 89 mm	(3,5 pulg);
Diámetro exterior	36 mm (1,4 pulg);
Espesor de pared	0,2 mm (0,008 pulg).

NOTA Una ligera conicidad exterior en la parte inferior del tubo de corte se ha encontrado para mejorar la reproducibilidad de los resultados de la prueba.

2. **Plataforma**, para los pesos.
3. **Juego de pesas**, en incrementos de gramos.
4. Regla, graduada en milímetros (pulgadas).

-Procedimiento

1. El **shearometer** y la plataforma se ubican y se equilibran cuidadosamente sobre la superficie de la muestra largamente enfriada a temperatura ambiente. Puede ser necesario cambiar los pesos en la plataforma para asegurar que la entrada inicial del tubo en el fluido de perforación es vertical. Si se desarrolla una corteza en la muestra prolongadamente calentada, esta corteza debe ser rota suavemente antes de poner el tubo de corte en el lugar de la prueba.
2. Se ubican pesos suficientes cuidadosamente en la plataforma para iniciar el movimiento hacia abajo del tubo de corte. A menos que se añada demasiada masa, el tubo detendrá su recorrido hacia abajo en el punto donde la resistencia al corte del envejecido fluido de perforación contra la superficie del tubo es suficiente para soportar la masa aplicada. Es deseable sumergir por lo menos una mitad de la longitud del tubo.
3. Registre la masa total en gramos, que incluye la plataforma y pesas. Mida la porción del tubo sumergido en el fluido, en centímetros. La longitud del tubo sumergido se puede determinar con más precisión midiendo la longitud de la porción no sumergida mientras el tubo está en su máxima profundidad de llegada. Una pequeña regla ubicada en la superficie del fluido de

perforación y al lado del tubo facilita esta medición. La longitud del tubo menos la longitud expuesta es igual a la parte sumergida.

-Cálculos

1. Calcule la resistencia al corte, γ_A , expresada en pascales, como se da en la ecuación (B1) [o γ_B , expresado en libras por 100 pies cuadrados, como se indica en la ecuación (B2)]:

$$\gamma_A = \frac{4.40 \times m_{st} \times m_{tot}}{l_A} - 1.02\rho_{df,A} \quad (B1)$$

Donde:

m_{st} es la masa del tubo de corte, expresada en gramos;

m_{tot} es la masa total del equipo (suma de plataforma y pesas), expresada en gramos;

l_A es la longitud sumergida del tubo de corte, expresada en centímetros;

$\rho_{df,A}$ es la densidad del fluido de perforación, expresada en gramos por mililitro.

2. Calcule la resistencia al corte, γ_B , expresada en libras por 100 pies cuadrados, como se indica en la ecuación (B2):

$$\gamma_B = \frac{3.61 \times m_{st} \times m_{tot}}{l_B} - 0.256\rho_{df,B} \quad (B2)$$

Donde:

m_{st} es la masa del tubo de corte, expresada en gramos;

m_{tot} es la masa total del equipo (suma de plataforma y pesas), expresada en gramos;

l_B es la longitud sumergida del tubo de corte, expresada en pulgadas;

$\rho_{df,B}$ es la densidad del fluido de perforación, expresada en libras por galón.

4. ANEXO C (Informativo)

RESISTIVIDAD

Para el control de la resistividad del filtrado de un fluido de perforación y la del fluido de perforación, puede ser deseable evaluar mejor las características de formación de registros eléctricos.

-Equipos

1. **Medidor de resistividad** (lectura-directa), o medidor de resistividad similar.
Siga las instrucciones del fabricante para la fuente de corriente, calibración, medición y cálculos.
2. **Celda de resistividad calibrada.**
3. **Termómetro**, lectura de 0°C a 105°C (32°F a 220°F).
4. **Botella cepillo**, conveniente para el tamaño y tipo de celda.
5. Solución de detergente de laboratorio, apropiado para la limpieza de superficies de metal o de plástico.

-Procedimiento

1. Llene la celda de resistividad limpia y seca con fluido de perforación recién agitada o filtrado de fluidos de perforación. Ni aire o gas deben ser arrastrados en la muestra.
2. Conecte la celda al medidor.
3. Mida la resistividad en metros ohmios (lectura directa) o la resistencia en ohmios (de lectura no directa). Las instrucciones del fabricante del medidor indicará el tipo de lectura.
4. Mida la temperatura de la muestra con la precisión más cercana a 0,5°C (1°F).
5. Limpie la celda. Frote con un cepillo y detergente si es necesario. Enjuague con agua destilada y deje secar.

-Cálculos

1. Reporte la resistividad del fluido de perforación, r_{df} , o resistividad filtrado, r_f , en metros ohmios, con precisión de 0,01 $\Omega \cdot m$.
2. Reporte la temperatura de la muestra en grados Celsius (Fahrenheit).
3. Si la lectura, R_r , es en ohmios, convertir a ohm $\cdot m$ según se indica en las ecuaciones (C1) y (C2):

$$r_{df} = R_r \times K \quad (C1)$$

$$r_f = R_r \times K \quad (C2)$$

Donde:

K es la constante de la celda, expresada en metros cuadrados por metro;

R_r es la lectura metro, expresada en ohmios.

5. ANEXO D (Informativo)

EVACUACIÓN DEL AIRE O GAS ANTES DE LA PRUEBA

La mayoría de los fluidos de perforación no requieren ningún equipo especial para eliminar el aire o gas arrastrado antes de la prueba. Por lo general, la agitación suave junto con unas pocas gotas de un antiespumante apropiado son todo lo que es necesario. Removiendo con una espátula o vertiendo de ida y vuelta es suficiente en la mayoría de los casos. Cuando se encuentra un fluido de perforación que retiene el aire o el gas después de haber tomado los pasos anteriores, el siguiente procedimiento puede seguirse para desairear el fluido de perforación.

NOTA Si la densidad del fluido de perforación es la única propiedad deseada, se puede usar el equilibrio de densidad de fluido a presión que se describe en el **método alternativo para la evaluación de la densidad del fluido de perforación**.

-Equipos

1. **Dispositivo**, en el cual se puede hacer la evacuación.
2. **Antiespumante**, líquido comercial para fluidos de perforación.

-Procedimiento

1. Llene el recipiente limpio y seco alrededor de la mitad llena con el fluido de perforación "corta-aire".
2. Añada algunas gotas de antiespumante a la superficie del fluido de perforación.
3. Inserte el agitador y la tapa, cubra con la tapa sellada.
4. Fije la línea de aspiración de la bomba al instrumento que va a contener cerca de 83 kPa (620 mm Hg; 24,4 pulg Hg) de vacío.
5. Aumente el vacío de 10 kPa a 16 kPa (75 mm de Hg a 120 mm de Hg; 3,0 en a 4,7 mm de Hg) y proceda de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
6. Cuando el fluido de perforación se ha desaireado, alivie parcialmente el vacío de aproximadamente 50 kPa a 65 kPa (375 mm Hg a 490 mm Hg; 14,8 a 19,3 mm de Hg) de vacío y observe el fluido de perforación por burbujas de aire.
7. Si la desaireación no es suficiente, repita los pasos 4-6 hasta que se expulse el aire.
8. Con un cilindro de punta, alivie el vacío por completo y quite la muestra de fluido de perforación para la prueba.

6. ANEXO E (Informativo)

ANILLOS DE CORROSIÓN EN LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN

La ubicación de los anillos de ensayo de corrosión en la sarta de perforación es una de las técnicas más comunes que se utilizan para evaluar la corrosividad de los ambientes de fluidos de perforación en la sarta de perforación y otros equipos de acero. La remoción y examen de estos anillos después de un período de exposición en el fondo del pozo puede ser muy ilustrativo en cuanto a la corrosividad del fluido de perforación, así como el tipo de corrosión encontrada. Un examen de las escalas y los hoyos en los anillos expuestos da pistas sobre la causa de la corrosión, ayudando así en la elección de las medidas correctivas adecuadas.

La técnica del anillo está diseñada específicamente para la detección del tipo de corrosión que se caracteriza por la pérdida de metal, ya sea por picaduras localizadas o un ataque generalizado. El anillo de ensayo no está diseñado para dar información relativa a la fragilización por hidrógeno, el agrietamiento por tensión de corrosión u otras formas de formación de fracturas, excepto en la manera en que las picaduras pueden referirse a estas fallas.

-Reactivos y equipos

1. **Ácido clorhídrico** (N^o CAS 7647-01-0), inhibido, fracción de masa de 15 % en agua destilada.

PELIGRO - HCl es un ácido fuerte y tóxico.

2. **Acetona**, anhidra (CAS No. 67-64-1).
3. **Metanol** (CAS No. 67-56-1).
4. **Éter de petróleo** (CAS No. 8002-05-9).
5. **Agua desionizada o destilada.**
6. **Solución de detergente.**
7. **Anillo de Corrosión.**

a) Construcción del anillo:

Los anillos de corrosión, deben ser construidos para encajar en el rebaje de la caja de herramientas en el extremo de la clavija y deben tener un agujero igual que el de la articulación de la herramienta para minimizar la turbulencia.

b) Composición del anillo:

Idealmente, el anillo debe ser de acero idéntico a la articulación de la herramienta en la que se ubica para evitar la corrosión galvánica. Sin embargo, un requisito de este tipo es poco práctico y el uso de un acero que es similar en composición química, tal como AISI 4130, se recomienda. El tipo de acero utilizado deberá estar identificado en el formato del reporte. Los anillos normalmente se cortan a partir de tubos que no han sido templados y revenidos. La similitud en la composición del acero 4130 y la unión de la herramienta debe ser adecuada para minimizar los efectos galvánicos y proporcionar datos útiles.

c) Marca del anillo:

Los anillos deben ser estarcidos con un número de serie para la identificación permanente.

d) Preparación del anillo (Proveedores):

Los anillos deben ser lavados con un cepillo de cerdas duras de fibra y una solución de detergente y enjuagados con agua limpia y con acetona anhidra o metanol. Deje secar, pese en miligramos y registre esta masa en el formato del reporte. Almacene el anillo en un recipiente seco, tal como un desecador, para evitar la corrosión. Los anillos de corrosión se deben enviar a campo en sobres o envoltorios sellados para minimizar la corrosión atmosférica.

8. **Baño de ultrasonidos (preferido) o un cepillo**, de cerda de fibra, o bien de grado (000) de lana de acero.
9. **Guantes**, resistentes a los ácidos, que forman parte del equipo de protección personal al manipular ácidos fuertes.
10. **Solución de prueba de sulfuro de hierro- Prueba de ácido arsénico.**

-Procedimiento

1. Los anillos de corrosión para tuberías de perforación, deben mantenerse en la sarta de perforación por un mínimo de 40 h (un tiempo normal para la exposición es de 100 h). Períodos de exposición de menos de 40 h no deben utilizarse porque las tasas de corrosión iniciales pueden ser inusualmente altas y pueden dar datos erróneos. El anillo se coloca generalmente en la unión de la herramienta en la parte superior de la primera posición por encima de los collares de perforación y se puede dejar en la sarta de perforación para más de una carrera de broca. Un anillo adicional se puede colocar en el protector sub-Kelly para controlar la corrosión en ese punto. Se debe tener cuidado para asegurar que la caja recess esté limpia para evitar la interferencia con la adecuada composición de la articulación y para evitar daños en el anillo. En algunos casos, los submarinos de fabricación especial se han utilizado para la puesta del anillo en la cadena. Durante la instalación, el anillo debe ser manejado con guantes limpios y secos.
2. La forma de los cupones de corrosión para las tuberías de perforación debe ser llenada completamente. Como mínimo, cada forma debe tener un espacio para el material del anillo, las propiedades del fluido de perforación, tipo de corrosión, la ubicación del anillo en la sarta de perforación, masa inicial, el tiempo, la profundidad in, la profundidad out, número de anillos, el color de la escala y cualquier otra información de importancia en la prueba específica. El formulario puede ser impreso en un sobre de correo para el anillo o en un formulario separado que se adjunta con el anillo.
3. El residuo del fluido de perforación debe ser removido del cupón frotando con un paño cuando el anillo se sale de la sarta de perforación. El anillo debe ser examinado por la severidad de la corrosión o daños mecánicos. Si la corrosión severa es evidente, la causa de la corrosión se debe determinar con prontitud para las medidas correctivas que se puedan tomar. A raíz de la observación visual, ponga el cupón en el sobre original o envoltura que contiene un inhibidor de corrosión en fase vapor para la devolución al laboratorio.
4. La solución de limpieza recomendado es una solución de detergente, no acetona o éter de petróleo. Antes de la limpieza para el pesaje, se debe hacer una prueba de la mancha de la corrosión de los subproductos y la escala mineral. Por ejemplo, la superficie puede ser examinada cualitativamente para sulfuros de arsénico por el ácido (solución de ensayo de sulfuro de hierro) de prueba. Los anillos deben limpiarse con una solución de detergente y un cepillo de fibra de cerdas duras. Puede ser necesario sumergir el anillo durante 5 s 10 s en

inhibió 10% de solución de ácido clorhídrico al 15% una o más veces para eliminar los productos de corrosión. El anillo debe ser lavado con una solución de detergente después de cada inmersión en ácido. Enjuague bien con agua limpia y luego con acetona anhidra o metanol. Deje secar antes del pesaje. No se deben utilizar materiales muy abrasivos o ácidos fuertes, no inhibidos. Un baño de ultrasonidos puede ser útil en la limpieza de los anillos.

Para la inhibición de 10 % de ácido clorhídrico a 15 %, varios aditivos inhibitorios se pueden usar para prevenir la corrosión adicional del anillo después de la limpieza con ácido. Estos incluyen los productos químicos de las clases propargyls, acetilénicos, piridinas y aminas. Otros productos químicos apropiados pueden ser sugeridos por el fabricante de los anillos de la corrosión.

5. Después de que el previamente-pesado cupón de corrosión para tubería de perforación, ha sido limpiado y la película de la corrosión y el tipo de ataque se ha señalado, el anillo debe ser re-pesado al miligramo más cercano y la pérdida de masa determinada. Si la pérdida de metal significativa debido a los daños mecánicos es evidente, debe tenerse en cuenta en la evaluación del anillo. La velocidad de corrosión se puede informar como $\text{kg/m}^2 \cdot \text{años}$ o mm/año ($\text{lb/ft}^2 \cdot \text{año}$ o mils/año).

Comentarios sobre el examen visual

Si la corrosión visual es evidente, esta es normalmente detectable como la corrosión por picaduras. Un ataque uniforme o corrosión general se pueden determinar mejor mediante una medición de pérdida de masa. El daño mecánico al anillo más a menudo se evidencia por cortes o abolladuras en la superficie exterior del anillo. En algunos casos, el anillo presenta una serie de abolladuras y puntos desgastados, lo que indica un movimiento considerable del anillo en el rebaje de caja.

En la evaluación de la magnitud de las velocidades de corrosión según lo calculado a partir de mediciones de pérdida de masa, se debe recordar que la tasa también se ve influida por los efectos erosivos del fluido de perforación. Puesto que el orificio del anillo está expuesto al fluido de perforación se bombea hacia abajo la tubería de perforación, la pérdida de metal que incluye retiro por la erosión así como por la corrosión. La pérdida por erosión puede ser sustancial cuando el fluido de perforación contiene una alta concentración de arena.

Un examen del anillo puede revelar un par de pozos profundos con una pérdida de masa relativamente baja. Esta condición podría indicar un problema de corrosión bastante grave, a pesar de que la velocidad de corrosión calculada se considera bajo.

-Cálculos

1. La velocidad de corrosión q_A , expresada en kilogramos por metro cuadrado al año, se calcula de acuerdo con la ecuación (E1) y q_B , expresada en kilogramos por metro cuadrado al año, como se indica en la ecuación (E2):

$$q_A = \left(\frac{\Delta m}{1 \times 10^6} \right) \left(\frac{1 \times 10^4}{A_A} \right) \left(\frac{8760}{t} \right) = 87.6 \times \left(\frac{\Delta m}{A_A \cdot t} \right) \quad (\text{E1})$$

Donde:

Δ_m es la pérdida de masa , expresada en miligramos;
 A_A es el área, expresada en centímetros cuadrados ;
 t es el tiempo de exposición, expresado en horas .

$$q_B = \left(\frac{\Delta_m}{453600} \right) \left(\frac{144}{A_B} \right) \left(\frac{8760}{t} \right) \quad (E2)$$

Donde:

Δ_m es la pérdida de masa , expresada en miligramos;
 A_B es el área, expresada en pulgadas cuadradas ;
 t es el tiempo de exposición, expresado en horas .

NOTA 1 La superficie total del anillo se usa en estos cálculos.

NOTA 2 El tiempo utilizado se basa en el tiempo total de la sarta de perforación.

NOTA 3 Las ecuaciones (E3) a (E7) dan los tipos de conversión entre las diversas unidades para muestras de acero (con una densidad relativa de 7,86):

$$\frac{\text{mils}}{y} = 5.01x q_A \quad (E3)$$

$$\frac{\text{mils}}{y} = 24.6x q_B \quad (E4)$$

$$\frac{\text{mm}}{y} = 0.127 x q_A \quad (E5)$$

$$\frac{\text{mm}}{y} = 0.621 x q_B \quad (E6)$$

$$\text{lb}/\text{ft}^2/y = 1.61 x (\text{mm}/y) \quad (E7)$$

NOTA 4 Los anillos de corrosión de compañías de servicio de fluidos de perforación o laboratorios de ensayo de corrosión se suministran generalmente con un factor de multiplicación que incluye la densidad del metal y la superficie del anillo. Por lo tanto, es necesario sólo multiplicar la pérdida de masa dividida por el tiempo total de exposición en la cadena por el factor suministrado para obtener la velocidad de corrosión.

7. ANEXO F (Informativo)

MUESTREO, INSPECCIÓN Y RECHAZO

El siguiente procedimiento proporciona el muestreo, la inspección y el método de rechazo de los materiales, conforme a la norma ISO 13500 [1]. Es aplicable a la barita, hematita, bentonita, bentonita no tratada, attapulgita, sepiolita, technicalgrade carboximetilcelulosa de baja viscosidad, carboximetilcelulosa de calidad técnica de alta viscosidad y bentonita grado OCMA.

Muestreo de material pulverizado en paquetes

1. El número de muestras que deben tomarse en combinación para la muestra de ensayo debe ser de 15 muestras de 0,5 kg (1 libra) o más por lote.
2. Para cada lote de 1 000 paquetes o menos, 15 paquetes se deben tomar para muestras.
3. El muestreo puede realizarse por cualquiera de los métodos siguientes según lo acordado por las partes contratantes.
 - a) Una muestra de un peso mínimo de 0,5 kg (1 libra) debe tomarse desde la parte superior de cada paquete.
 - b) Un tubo de muestreo capaz de tomar un núcleo de al menos 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro debe ser utilizado. El tubo debe ser insertado en el paquete que se muestrea de manera que se necesita un núcleo de material para esencialmente toda la longitud del paquete.

Muestreo de material en polvo por bultos

1. El tubo de muestreo se utiliza en la recogida de muestras de los recipientes de almacenamiento que sostienen de 25000 kg a 100000 kg (25 toneladas a 100 toneladas), capaz de tomar un núcleo de al menos 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro. El tubo debe ser de longitud suficiente para permitir la toma de una muestra esencialmente desde la parte superior a la parte inferior de la masa que se muestrea.
2. Quince muestras deben tomarse de cada lote (considerando cada contenedor como un lote). Si las dimensiones del recipiente son tales que la muestra no puede ser tomada de esta forma, la muestra debe ser tomada por un método acordado por las partes contratantes.
3. Para recipientes con capacidad inferior a 20 000 kg (20 toneladas), al menos una muestra debe tomarse de cada contenedor hasta un montón de 10 contenedores, y el número total de muestras tomadas de cada lote de 100 kg (100 000 toneladas) o menos no debe ser inferior a 10.

Preparación de la evaluación de la muestra

1. Las muestras de cada lote se deben combinar, mezclar y partir o estriar para proporcionar una muestra de prueba de 7 kilogramos (15 libras), que se dividirán en tres partes iguales.
2. Cada parte debe ser sellada en un envase hermético, a prueba de humedad adecuada. Una de las muestras debe ser entregada al comprador, una para el proveedor y la tercera muestra debe conservarse durante un ensayo de referencia, si es necesario.

Prueba

Cada parte debe hacer una medición en su muestra de prueba. Un control o muestra de referencia conocida deben ser probadas de la misma manera, al mismo tiempo, como parte de la serie de ensayos. Si este resultado se encuentra dentro del rango aceptable, los resultados de las pruebas se consideran válidos.

Inspección

El inspector del comprador debe conceder todas las facilidades razonables para el cuidado del muestreo e inspección. Un período de seis días se debe permitir para el muestreo y la realización de pruebas de aceptación.

Rechazo

El rechazo de materiales, basado en la no aprobación de la prueba que se establece en el pliego de condiciones, se debe informar al proveedor inmediatamente después de la finalización de las pruebas y la causa del rechazo deberá indicarse.

Repetición de la prueba

1. Cualquiera de las partes contratantes podrá formular reclamación para reevaluar después de una semana de la fecha del informe de ensayo original.
2. Si las partes contratantes no pudiesen llegar a un acuerdo, la tercera muestra de material debe ser entregada sin abrir, a un laboratorio árbitro de referencia satisfactoria para las pruebas, y los resultados de este árbitro debe ser vinculante para ambas partes.

8. ANEXO G (Informativo)

MUESTREO EN TALADRO

El siguiente es un procedimiento recomendado para la obtención de evaluación de muestras de ensayo en el sitio del equipo de perforación (Rig in site) de cargas específicas. Previo acuerdo de las partes contratantes, este procedimiento se puede utilizar para probar las propiedades del material entregado en el taladro.

Muestreo Bottom-flow (preferido)

-Equipos

1. Muestreador con corriente lateral, como se muestra en la Figura G.1.
2. Bolsa de la lona, de aproximadamente 14 cm (5,5 pulgadas) de diámetro y 30 cm (12 pulgadas) de largo.
3. Recipiente adecuado, por ejemplo una bolsa de empate, construido de manera que contenga todo bien.

-Procedimiento

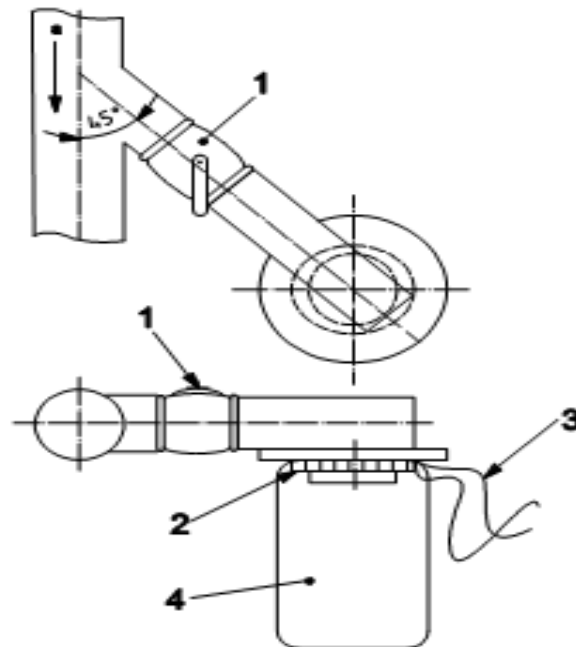
1. Conecte un muestreador de corriente lateral a la salida de los camiones.
2. Tome tres muestras de 1,5 kg a 2,5 kg (3 libras a 5 libras) mientras descarga, espaciadas de manera que deban tomarse cuando aproximadamente 1/4, 1/2 y 3/4 de la carga ha sido transferida.

NOTA Una muestra de 4 kg a 7 kg (9 libras a 15 libras) se puede tomar con el reconocimiento de que existe la posibilidad de obtener una muestra no representativa. El mayor potencial de error en el muestreo es la contaminación de embarques previos de material en el mismo recipiente. Este error potencial puede ser minimizado siguiendo las instrucciones de cerca. No tome muestras de la superficie muy superior o desde el primer material de la parte inferior. Una segunda posibilidad de error en el muestreo está tomando material del muestreador de corriente lateral cuando la manguera de transferencia está sólo parcialmente llena. Esto puede ocurrir cuando el recipiente está casi vacío o el flujo de material se ha interrumpido. La segregación ha demostrado que se produce en estos casos.

3. Antes de tomar cada muestra individual, abra la válvula momentáneamente para eliminar cualquier material atrapado en la tubería lateral. Envuelva con una bolsa de lona limpia para la toma de muestras y llénelo con una operación de apertura de válvula.

NOTA cerrar parcialmente la válvula de inyección de aire en la salida del fondo antes de tomar la muestra a menudo ayuda a conseguir un saco lleno con un mínimo de polvo.

4. Transfiera cuidadosamente la muestra de la bolsa de lona a una tie-bolsa u otro recipiente adecuado. Etiquete este recipiente con toda la información pertinente.
5. Vacíe la bolsa antes de tomar la siguiente muestra. Utilice siempre una bolsa de tela limpia o nueva para cada contenedor.



- 1 DN50 cm (2 pulg) válvula de bola en DN50 cm (2 pulg) de tubería lateral
- 2 Grano o labio para contener la bolsa
- 3 Cordón
- 4 14 cm x 30 cm (5,5 pulg x 12 pulg) bolsas de lona

- Dirección de flujo

Figura G.1 - dispositivo de muestreo con corriente lateral

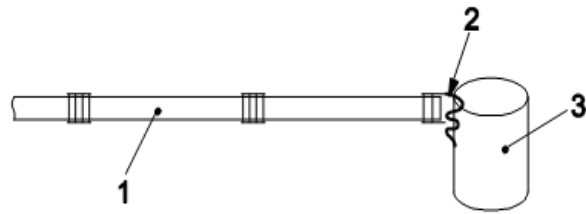
Muestreo Grab

-Equipos

1. **Porta muestras**, como se muestra en la Figura G.2, de dimensiones de 10 cm a 15 cm (4 a 6 pulgadas) de profundidad y 30 cm a 45 cm (12 a 18 pulgadas) de largo.
2. **Recipiente adecuado**, por ejemplo una bolsa de empate, construida de manera que contenga todo completamente.

-Procedimiento

1. Abra la escotilla superior con cuidado. No permita que la cubierta golpee la parte superior del tanque.
2. Retire el material del tope de la superficie debajo de la tapa para formar una zanja de 1,5 veces más ancho que el porta-muestras.
3. Lleve fuera 1,5 kg a 2,5 kg (3 libras a 5 libras) de muestra de la parte inferior de esta zanja y transfírala a un tie-bag u otro recipiente adecuado. Marque el recipiente.
4. Repita esta operación en otros dos puntos en la parte superior del material cerca del punto medio entre el centro y los extremos del tanque del camión.



- 1 Mango de extensión de pintor con pieza en el extremo aplanado para la bisagra
- 2 Correa de bisagra
- 3 Lata de metal

Figura G.2 – Recipiente de muestra scoop

9. ANEXO H (Informativo)

CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL MATERIAL DE VIDRIO, TERMÓMETROS, VISCOSÍMETROS, KIT DE RETORTA Y FLUIDOS DE PERFORACIÓN BALANCEADOS

El presente Anexo regula la calibración de equipos de prueba de campo que no están cubiertos como parte de un procedimiento de prueba.

Calibración de Equipos

1. Cristalería volumétrica

La calibración de pipetas, cilindros graduados y equipo similar se realiza generalmente por el proveedor de objetos de vidrio y puede ser parte de la especificación de la adquisición. Cuando se considere importante, los usuarios de la cristalería deben obtener evidencia documentada de la calibración por el proveedor. La calibración se puede comprobar por gravimetría. No es necesaria una recalibración periódica.

2. Termómetros

Calibre los termómetros utilizados en las pruebas de campo, especialmente los termómetros de marcado de metal de uso común, contra un termómetro estándar. Los termómetros deben ser calibrados antes de su puesta en servicio inicial y luego periódicamente, en función de la importancia de la medición y la estabilidad del termómetro.

3. Viscosímetro

Calibre viscosímetros usados en las pruebas de campo contra fluidos de viscosidad estándar rastreable. Los viscosímetros deben ser calibrados antes de su puesta en servicio inicial y luego periódicamente, en función de la importancia de las mediciones y la estabilidad del viscosímetro. Mientras que en el servicio, los viscosímetros se deben revisar al menos cada mes y con mayor frecuencia si el viscosímetro indica inestabilidad.

4. Fluidos de perforación balanceados

Calibre los fluidos de perforación balanceados como se especifica en el procedimiento de ensayo utilizando agua desionizada. La frecuencia requerida se fija antes de cada serie de mediciones o según lo especificado por el operador. Calibrar la perforación de equilibrio de fluidos como se especifica en el procedimiento de ensayo utilizando agua desionizada. La frecuencia requerida se fija antes de cada serie de mediciones o según lo especificado por el operador, la compañía de fluidos de perforación u otra parte interesada.

5. Taza kit de retorta

Calibre el equipo de retorta como se especifica en el procedimiento de ensayo, utilizando agua desionizada. La frecuencia deseada se ajusta antes de su puesta en servicio inicial y luego periódicamente o según lo especificado por el operador, la compañía de fluidos de perforación u otra parte interesada.

Procedimiento para la calibración

1. Líquidos receptores

- Permita que el receptor y el agua destilada alcancen la temperatura ambiente. Registre la temperatura con precisión de 0,5 ° C más cercana (1°F).

- Ubique el receptor limpio y vacío, con su base en el equilibrio y la tara a cero. Mientras que el receptor esté en el equilibrio, llénelo con agua destilada a las distintas marcas de graduaciones: 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml, 10 ml para el receptor de 10 ml; 4 ml, 8 ml, 12 ml, 16 ml, 20 ml para el receptor 20 ml, y 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, y 50 ml para el receptor 50 ml. Con una pipeta o jeringa, llene cuidadosamente el receptor a la marca de graduación deseada sin dejar gotas de agua en sus paredes.
- Grabe la masa, $m_{w,i}$ para cada incremento en el volumen de agua hasta la marca de graduación i , con precisión de 0,01 g.
- Calcule el volumen, V_i , del receptor en la marca de graduación i , como se indica en la ecuación (H1):

$$V_i = \frac{m_{w,i}}{\rho_w} \quad (H1)$$

Donde

$m_{w,i}$ es la masa de agua hasta la marca de graduación i , expresada en gramos;
 ρ_w es la densidad del agua, expresada en gramos por mililitro, a la temperatura de ensayo; véase la Tabla H.1.

Tabla H.1 Densidad del agua como una función de la temperatura

Temperatura		Densidad	Temperatura		Densidad
°C	°F	g/ml	°C	°F	g/ml
15.0	59.0	0.9991	25.5	77.9	0.9969
15.5	59.9	0.9991	26.0	78.8	0.9966
16.0	60.6	0.9990	26.5	79.7	0.9966
16.5	61.7	0.9989	27.0	80.6	0.9965
17.0	62.6	0.9988	27.5	81.5	0.9964
17.5	63.5	0.9987	28.0	82.4	0.9962
18.0	64.4	0.9986	28.5	83.3	0.9961
18.5	65.3	0.9985	29.0	84.2	0.9959
19.0	66.2	0.9984	29.5	85.1	0.9958
19.5	67.1	0.9983	30.0	86.0	0.9956
20.0	68.0	0.9982	30.5	86.9	0.9955
20.5	68.9	0.9981	31.0	87.8	0.9953
21.0	69.8	0.9980	31.5	88.7	0.9952
21.5	70.7	0.9979	32.0	89.6	0.9950
22.0	71.6	0.9977	32.5	90.5	0.9949
22.5	72.5	0.9976	33.0	91.4	0.9947
23.0	73.4	0.9975	33.5	92.3	0.9945
23.5	74.3	0.9974	34.0	93.2	0.9944
24.0	75.2	0.9973	34.5	94.1	0.9942
24.5	76.1	0.9971	35.0	95.0	0.9940
25.0	77.0	0.9970			

2. Termómetros

- Coloque el termómetro para calibrar de lado a lado con un termómetro estándar en un baño a temperatura constante [o un recipiente adecuado de 4 l (1 gal) o más] lleno de agua sobre un mostrador en un cuarto donde la temperatura sea relativamente constante y permita que se equilibre durante 30 min.
- Lea ambos termómetros y registre las lecturas.
- Repita las lecturas a intervalos de 5 minutos para obtener al menos cuatro grupos de lecturas.
- Calcule la lectura promedio para cada termómetro.
- Establezca termómetros ajustables para que sean igual que el termómetro estándar. Para otros termómetros, consulte el siguiente paso.
- Calcule el valor, C_{th} , de la corrección del termómetro para ser añadido a la lectura del termómetro de trabajo como se indica en la Ecuación (H2):

$$C_{th} = R_1 - R_2 \quad (H2)$$

Donde:

R_1 es la lectura media del termómetro estándar;

R_2 es la lectura promedio para el termómetro de trabajo.

- Marque e identifique el termómetro con la corrección y la fecha de calibración. No es una buena práctica utilizar termómetros cuya corrección supera el doble de la tolerancia permitida de la medida.

3. Viscosímetros

- Obtenga un fluido o fluidos de calibración certificados con un gráfico (viscosidad frente a temperatura) o la tabla de datos de la viscosidad, para cubrir la gama de interés: por ejemplo, 50 mPa s (50 cP), 100 mPa s (100 cP), y así sucesivamente. Asegúrese de tener la certeza de que el número de lote en la tabla coincide con el número de lote en el recipiente de fluido. Cada lote de fluido estándar está certificado individualmente. La viscosidad normalmente varía ligeramente de un lote a otro.

NOTA La mayoría de los fluidos de calibración están etiquetados en centipoises. 1 mPa s 1 cP.

- Limpie y seque el viscosímetro bob, el rotor y la copa.

NOTA el agua contamina el fluido estándar.

Ubique el viscosímetro en el fluido lado a lado sobre una encimera en una habitación con temperatura razonablemente constante [variación de la temperatura, $\Delta\theta < 3^\circ\text{C/h}$ ($< 5^\circ\text{F/h}$)]. Deje reposar por lo menos 2 horas para equilibrar.

- Opere el viscosímetro en aire durante 2 min a 4 min para aflojar los rodamientos y engranajes. Si el rotor se tambalea excesivamente, corrija o reemplace el rotor.

- Llene la taza hasta línea trazada con el fluido de calibración y ubique el medidor. Mueva la etapa hasta que el nivel del líquido esté en la línea inscrita en la camisa del rotor.
- Ubique un termómetro [capaz de medir hasta 0,1°C (0,2°F)] en el líquido y manténgalo pulsado o con cinta adhesiva para evitar roturas. Opere el viscosímetro con un ajuste de baja velocidad hasta que la lectura del termómetro sea estable con una precisión de 0,1°C (0,2°F) por 30 s. Anote la lectura de la temperatura.
- Opere el viscosímetro y tome las lecturas a 600 r/min y 300 r/min. Estime lecturas de línea a la unidad de 0,5 más cercana. Si es necesario, use una lupa.
- Utilice la tabla de temperatura-viscosidad o la tabla suministrada con el fluido de calibración, determine la viscosidad certificada con una precisión de 0,5 mPa.s. Compare la lectura a 300 r/min con la viscosidad estándar y registre la desviación (mayor o menor). Divida la lectura de 600 r/min por 2,00, compárela con la viscosidad estándar, y registre la desviación.
- Las desviaciones que excedan 1,5 unidades no son aceptables. Si la desviación es superior a estas tolerancias, ajuste o repare el viscosímetro.
- Registre el número del serial del viscosímetro, fecha y desviación. Marque el viscosímetro con la fecha de calibración y la indicación del estado de la calibración.

4. Kit de retorta

- Permita que la taza de retorta, la tapa y el agua destilada alcancen la temperatura ambiente. Registre la temperatura con precisión de 0,5 ° C (1°F).
- Ubique la tapa de retorta limpia y vacía y la taza en el equilibrio y con la tara a cero.
- Llene la taza de retorta con agua destilada. Ponga la tapa en la taza. Gire la tapa para obtener un ajuste adecuado. Asegúrese de que un pequeño exceso de agua fluya fuera del agujero en la tapa. Limpie el exceso de agua de la tapa, evitando que absorba la salida del agua.
- Ubique la taza de retorta con tapa en el equilibrio previamente tarada. Registre la masa de agua a los 0,01 g más cercanos.
- Calcule el volumen en la taza de la retorta, V_{RC} , expresado en mililitros, mediante la densidad del agua a temperatura ambiente (véase el cuadro A.1), dado por la ecuación (H3):

$$V_{RC} = \frac{m_W}{\rho_W} \quad (H1)$$

Donde:

m_W es la masa de agua, expresada en gramos;

ρ_W es la densidad del agua, expresada en gramos por mililitros, a la temperatura de ensayo (véase el cuadro A.1).

5. Junta filtroprensa y juntas tóricas

- Juntas o juntas tóricas para la baja presión, a baja temperatura del filtro de prensa se tendrá un diámetro interior entre 75,8 mm (2,99 pulgadas) y 76,9 mm (3,03 pulgadas).
- Compruebe que la junta o la junta tórica con un calibrador tenga estos diámetros.

- No utilice juntas o juntas tóricas fuera de estas tolerancias para las pruebas de la pérdida del filtrado.

10. ANEXO I (Informativo)

PRUEBA DE FILTRACIÓN HT/HP PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA USANDO EL APARATO PERMEABILITY-PLUGGING Y CELDAS EQUIPADAS CON TAPAS ASEGURADAS MEDIANTE TORNILLOS DE AJUSTE

Las mediciones de las características del comportamiento de la filtración y de la construcción de muros del fluido de perforación son fundamentales para su control y tratamiento, así como las características del propio filtrado, como el aceite, el agua o la concentración de la emulsión. Estas características se ven afectadas por los tipos y cantidades de sólidos en el líquido, y por sus interacciones físicas y químicas. El aparato de **permeability-plugging** (PPA) es un filtro prensa modificado HT/HP, utilizado para evaluar estas interacciones a través de diversos tipos de medios de filtro a presiones de hasta 13800 kPa (2000 psi) y temperaturas desde la temperatura ambiente a tan alta como 260°C (500°F). Al igual que el filtro prensa estándar ATAP, el PPA es adecuado para su uso ya sea en campo o el laboratorio.

Consideraciones de seguridad

1. La limitación de la presión en el uso del PPA depende de la celda de muestra en uso. Hay dos tipos de celdas: las disponibles con tapas roscadas y las que tienen configuraciones fijadas con tornillos. Entre estas celdas hay un total de cinco niveles de presión diferentes. Por razones de seguridad, es imperativo que el operador sepa la presión máxima de funcionamiento de los aparatos de ensayo con certeza y que no se excede esta presión. En caso de duda, póngase en contacto con el fabricante o utilice el más bajo de los límites posibles.
2. La seguridad del PPA requiere que el operador entienda y practique el correcto montaje y funcionamiento del aparato. El montaje incorrecto, uso incorrecto, o el uso de piezas defectuosas crean la posibilidad de fuga de celdas o el fracaso, lo que podría provocar lesiones graves o daños al aparato.
3. La celda de muestra está caliente durante el funcionamiento. El operador debe estar al tanto de las zonas calientes y evitar el contacto con ellas. Las quemaduras pueden ser el resultado de tocar las partes calientes del aparato durante el funcionamiento normal.
4. Estos instrumentos son calentados eléctricamente y, como con cualquier dispositivo eléctrico, si el cableado está dañado o defectuoso, cortocircuitos eléctricos pueden ocurrir y crear el riesgo de daños por incendio y lesiones del aparato. Estos instrumentos deben ser utilizados solamente en circuitos de tierra.
5. Para un funcionamiento seguro del sistema de presurización hidráulica, siga las siguientes instrucciones.
 - Asegúrese de que la presión hidráulica ha sido puesto en libertad y que el indicador de presión en la bomba esté en cero, antes de
 - a) trate de desconectar la manguera de presión de la celda al acoplamiento rápido,
 - b) Intente quitar las celdas de la camisa de calentamiento,
 - c) mueva el PPA,
 - d) rellene la bomba hidráulica,
 - e) lleve a cabo cualquier tipo de mantenimiento, incluso provistos de aprietes con fugas en la bomba hidráulica, accesorios hidráulicos, o conjunto de celdas.

- Después de rellenar o reparar el sistema hidráulico, limpie todo el aceite derramado. Además, las acumulaciones de petróleo derramado cerca del PPA son riesgo de incendio.
 - Asegúrese, cuando arme el montaje de la celda, que los tornillos de fijación del casquillo extremo están correctamente alineados y ajustados.
6. Para una correcta presurización neumática del receptor de contrapresión, siga las siguientes instrucciones.
- Siempre use nitrógeno o dióxido de carbono para presurizar el receptor. Con fluidos de silicato, utilice únicamente nitrógeno. Nunca use aire comprimido, oxígeno u otro gas no recomendado. Si se utiliza el nitrógeno, que se facilitará en un cilindro de gas nitrógeno aprobado o el sistema de suministro de nitrógeno debe ser incorporado en el laboratorio. Cilindros de nitrógeno deben sujetarse a las normas de seguridad. CO₂ se suministra normalmente en pequeños cartuchos presurizados a aproximadamente 6 200 kPa (900 psi). Se utilizan principalmente para las operaciones de campo.
- PELIGRO** - No permita que los cartuchos de CO₂ sean calentados o expuestos al fuego. Pueden explotar si se sobrecalientan.
- PELIGRO** - No utilice cartuchos de óxido nitroso como fuentes de presión para el filtrado HT/HP. Bajo condiciones de temperatura y presión, el óxido nitroso puede detonar en presencia de grasa, aceite o materiales carbonosos. Los cartuchos de óxido nitroso se utilizarán sólo para el análisis con el transportador de gas Garret de carbonatos.
- Mantenga los reguladores de presión y medidores en buen estado. No utilice nunca aceite en los reguladores de presión.
Los sistemas de presurización con fugas, hidráulico o neumático, deben ser reparados o reemplazados. Manómetros, conectores y mangueras deben mantenerse en buen estado y las fugas deben ser encontradas y corregidas. Compruebe periódicamente la válvula de alivio de presión en la bomba hidráulica para verificar que funcione correctamente debe desarrollar una presión excesiva. Nunca enchufe o pasar por alto esta válvula de seguridad.
 - Cuando presurice el ensamble de la contrapresión, abra siempre la presión de alimentación en primer lugar, a continuación, ajuste el regulador. No intente operar el aparato a presión por encima de la calificación de los aparatos o ajuste válvulas aliviadoras. Cuando alivie la contrapresión, apague la presión de suministro, purgue la presión del sistema, y luego vuelva a salir del regulador T-tornillo.
7. Para calefacción segura, siga las siguientes instrucciones.
- Se debe tener precaución para evitar lesiones durante la operación del PPA, el cual se vuelve lo suficientemente caliente como para causar quemaduras graves. Nunca deje a un caliente o calentando PPA desatendido sin publicar un aviso.
 - La práctica de la eliminación de la celda y de enfriamiento con agua es peligrosa y se debe evitar. Las lesiones graves pueden ser causadas por el vapor que se genera cuando una celda se pone en contacto con agua caliente, por contacto directo con la celda o por una caída accidental de la celda.
8. Para la operación eléctrica de seguridad, siga las instrucciones de abajo.

- Asegúrese de que la fuente de energía se fusiona y conecta a tierra (polo a tierra). Verifique que el cable de alimentación de la cámara de calefacción está en buenas condiciones y que está conectado a tierra correctamente.
 - Los problemas eléctricos en el cableado o calentadores que no siempre se pueden detectar mediante inspección visual. La primera señal de problemas es a menudo sopla fusibles, desconexión de disyuntores, tiempo de calentamiento prolongado o el rendimiento del termostato errático. Nunca comience cualquier reparación eléctrica sin antes desconectar el aparato de la fuente de alimentación.
9. Para el mantenimiento de las celdas de prueba, el usuario debe ser consciente de que la celda de filtración es un recipiente a presión y debe ser considerado como una fuente potencial de peligro. Las precauciones de seguridad que figuran a continuación deben seguirse para garantizar un funcionamiento seguro.
- El material de la celda deberá ser compatible con las muestras de prueba.
 - No utilice celdas que muestren signos de picaduras o bajo tensión severa.
 - No utilice celdas, tapas de las celdas o los anillos de retención que muestren ningún signo de deformación o daños. Inspeccione todas las discusiones cuidadosamente para detectar signos de daños.
 - Use sólo tornillos de ajuste en buen estado de acero endurecido. Otros son inseguros.

-Equipo

1. Equipo de Permeability-plugging (PPA) con tapas seguras mediante tornillos de ajuste.

- **Celda PPA**

-Hay tres tipos diferentes de celdas disponibles que utilizan configuraciones fijadas con tapas atornilladas. Los de fabricación actuales y recientes están clasificados en cada 13 800 kPa (2 000 psi) o 12 420 kPa (1 800 psi).

Todavía hay un número de antiguas celdas en uso catalogadas como "2500 psi". En 1996, la calificación de estas celdas se redujo a " 1800 psi" (12420 kPa). A no ser que el usuario absolutamente pueda verificar que la celda utilizada tiene una potencia de 13 a 800 kPa (2 000 psi), deberá observarse el límite de presión de "1800 psi" (12420 kPa).

El manual de instrucciones o de este procedimiento debe adjuntarse al equipo y ser leído por cualquier persona que no esté familiarizada con él, antes de utilizarlo.

PELIGRO - Siga las recomendaciones del fabricante relativas a la máxima temperatura, la presión y el tamaño de la muestra. El no hacerlo puede dar lugar a lesiones graves.

- El PPA está diseñado para proporcionar mejores mediciones de filtración estáticas. Puede ser operado a presiones y temperaturas que se aproximan a las que prevalecen el fondo del pozo y que permite el uso de medios de filtración elegidos para simular arenas expuestas. La celda de fluido se invierte con la presión aplicada desde el fondo de la celda, el medio de filtro en la parte superior y se recoge el filtrado desde la parte superior. Una pequeña bomba manual hidráulica se aplica la presión de la celda. La presión se transfiere a la muestra de fluido de perforación a través de un pistón flotante dentro de la celda. Sellos de junta tórica redundantes sobre el pistón evitan la mezcla del aceite hidráulico con la muestra.

- El PPA puede utilizar cualquier número de medios de filtración, incluyendo discos porosos sinterizados de cerámica o de metal, muestras de núcleo, y las camas de arena revestida o no revestida. Los discos de cerámica están disponibles con permeabilidades que van desde 100 milidarcy a 100 Darcy. El uso de medios que simulan expuestas caras de arena, junto con el uso de presiones y temperaturas de ensayo pertinentes, proporcionan al usuario una imagen mejorada en gran medida de lo que está sucediendo el fondo del pozo.

Para mejorar la uniformidad de las condiciones de ensayo, y la repetibilidad de los resultados, los discos se pueden clasificar utilizando el propio procedimiento de prueba de flujo del usuario o el que se describe anteriormente.

- Las presiones de prueba están limitadas por los límites de seguridad de la célula tal como se especifica por el fabricante, por lo general, ya sea 12420 kPa (1 800 psi) o 13800 kPa (2 000 psi) en alguna temperatura definida. Si la contrapresión se utiliza en la prueba, puede ser necesario reducir la presión de prueba para evitar exceder el límite de presión de la celda y por lo tanto dañarla.

- El daño a las celdas causado por una presión excesiva puede clasificarse de la siguiente forma: flexión de la tapa posterior, compresión de la tapa posterior, la cizalladura del cilindro y el estrés. El fin de flexión de la tapa puede ser detectado visualmente o mediante medición. El fin de compresión de la tapa puede ser detectado por la distorsión de los orificios de tornillo de ajuste o asientos, que se convierten ovalados en lugar de redondos. Si las tapas presentan signos de daños no se deben usar y deben desecharse. Los cuerpos de las celdas que muestran signos de estrés por agrietamiento o picaduras graves, o tienen daños como agujeros por la configuración de tornillos, no se deben utilizar.

- Para temperaturas superiores a 93°C (200°F), el receptor de contrapresión se presuriza a evitar la ebullición del filtrado. El receptor de contrapresión estándar utiliza una fuente de presurización de CO₂ para proporcionar la contrapresión. Una fuente de presión de nitrógeno y un colector de nitrógeno pueden ser sustituidos por el CO₂ cuando se desee.

- La celda del PPA está encerrada en una cámara de calentamiento de aluminio termostáticamente controlada durante el calentamiento y filtración. Esta cámara encierra completamente la zona del filtrado, y permite la filtración a cualquier temperatura deseada desde la ambiente hasta 260°C (500°F). La temperatura de la celda se puede medir usando un termómetro de punta de metal que se inserta en el pozo en la pared celular. La temperatura se ajusta por medio de un botón en el termostato. La esfera tiene una escala de referencia de 1 a 10. Después de obtener la temperatura deseada una vez, puede repetirse colocando el mando del termostato en el mismo escenario de referencia. Las celdas estándar para el filtro prensa del PPA están hechas de acero inoxidable. El consumo de energía de la camisa de calentamiento del PPA es de 800 W.

- **Filtro medio**, discos de cualquier material poroso, tal como cerámica, metal sinterizado, o arena recubierta con resina, arenas graduadas, o muestras de núcleo.

- El espesor de disco estándar es de 6,5 mm (0,25 pulgadas), pero, con adaptadores, los discos más gruesos se pueden utilizar. Se requiere un nuevo disco para cada prueba. Para las muestras de fluidos de perforación base agua, los discos se sumergen en agua dulce o salmuera saturada, al menos 5 min a 30 min antes de su uso. La saturación de vacío se utilizará para los filtros medios con baja porosidad y permeabilidad. Hay una variabilidad inevitable en los tamaños de la garganta de poro de los discos de cerámica normalmente utilizados en estas pruebas. En consecuencia, cuando se ejecutan ensayos comparativos, se recomienda que los discos se analicen y clasifiquen para lograr la mayor uniformidad posible. Los fabricantes realizan una prueba de control de calidad para la clasificación del disco y pueden, previa solicitud, facilitar al usuario el diámetro de garganta de poro medio y una porosidad media. El usuario puede utilizar una prueba de flujo sencillo con agua fresca para clasificar aún más el disco.

- Otros tipos de disco están disponibles, incluyendo núcleos de arena Berea de diferentes porosidades y permeabilidades. El usuario debe tener en cuenta que estos núcleos pueden tener cierta variabilidad en la porosidad y la permeabilidad, y que esto puede afectar a la repetibilidad de los resultados de la prueba. Los núcleos pueden ser cortadas para encajar en el cilindro del equipo y son por lo general de 6,5 mm (0,25 pulgadas) de espesor. Con la modificación del cilindro, también se pueden utilizar núcleos de 25,5 mm (1 in).

- Arena recubierta con resina se puede convertir en un disco sólido, seleccione el tamaño de grano de arena para proporcionar la permeabilidad deseada. La arena se calienta a 150°C (300°F) durante 1 h a 3 h en moldes ligeramente más grandes que el tamaño normal de disco, y, o bien 6,5 mm (0,25 pulgadas) o 25,5 mm (1 pulgada) de espesor. Los moldes deberán estar recubiertos con grasa de silicona antes del calentamiento. Discos de resina de arena recubiertos pueden ser fabricados para proporcionar una variación sustancial en el tamaño de la garganta de poro y la permeabilidad mediante la variación de las dimensiones de malla de las arenas. Arenas más gruesas se pueden utilizar para proporcionar un medio de filtro para el ensayo de materiales de pérdida de circulación para ser utilizado para controlar las pérdidas por filtración en ambientes severos de pérdida de fluido.

- Discos de metal sinterizado o discos de metal ranurados pueden ser utilizados para simular fracturas o formaciones de alta permeabilidad. En la evaluación de material de filtración de pérdida necesario para sellar una formación específica, la garganta de poro tamaño del disco debe corresponder con la de la formación.

- Las camas de arena se pueden utilizar como un medio de filtrado si la celda del PPA está orientada con el filtro en la parte inferior de la celda. Para aumentar la repetibilidad en la altura de la cama de arena, en primer lugar determine la altura deseada de la cama y, a continuación, pese la cantidad de arena necesaria para obtener esa altura. El lecho de arena se impregnará con el fluido base antes de la prueba. Si el usuario desea ejecutar la prueba de la manera estándar, con el medio de filtro en la parte superior de la celda, arena recubierta con resina se puede poner en la celda, se calienta durante 1 h a 3 h a 150°C (300°F), se enfría, y luego invierte para la prueba.

- Procedimiento para la comparación del disco de cerámica: instale el disco en una celda de PPA y llene la celda con agua. Utilizando el equipo de permeabilidad del aire,

con la válvula de la celda superior cerrada, ajuste la presión en 207 kPa (30 psi) en el medidor de prueba para 28 kPa a 31 kPa (4,0 psi a 4,5 psi). Abra la válvula en la parte superior de la celda y ajuste la presión a 14 kPa 0,7 kPa (2,0 psi 0,1 psi). Después de abrir la válvula en la parte inferior de la celda, vuelva a ajustar la presión con la válvula superior a 14 kPa 0,7 kPa (2,0 psi 0,1 psi). Mida el tiempo de 300 ml hasta pasar a 500 ml del cilindro graduado, cronometrando el flujo de la marca de 100 ml hasta la marca de 400 ml. Si el PPT se utiliza con fines de comparación, ejecute varios discos, clasifíquelos y utilice los de valores similares.

- **Cronómetro**, con una precisión de 0,1 min en el intervalo de prueba.
- **Termómetro**, con escala hasta 260°C (500°F).
- **Probeta graduada**, 25 ml (TC) o 50 ml (TC).
- **Mezclador de alta velocidad**.

2. Procedimiento para la filtración alta temperatura, alta presión (HT/HP)

- **Pre caliente la camisa de calentamiento.**
 - Conecte el cable de alimentación al voltaje adecuado que se indica en la placa de identificación.
 - Gire el termostato a la mitad de la escala, coloque un termómetro de marcación de punta de metal en el pozo del termómetro de la camisa de calentamiento. El piloto se ilumina cuando la temperatura de la camisa de calentamiento alcance el ajuste del termostato.
 - Reajuste el termostato a 6°C (10°F) sobre la temperatura de ensayo deseada.
- **Cargador de la celda de filtración.**
 - La celda de filtración es un recipiente a presión. Las siguientes precauciones de seguridad deben seguirse para garantizar un funcionamiento seguro.
 - a) El material de las células debe ser resistente a la muestra de ensayo.
 - b) No se deben utilizar cuerpos de celdas que muestren signos de estrés, agrietamiento o picaduras graves.
 - c) Utilice sólo los tornillos en buen estado, de acero en el equipo. El uso de dañados, o comunes, tornillos de acero es peligroso.
 - Como se recibe del fabricante, el PPA está equipado con válvulas que se han valorado a 260°C (500°F). Si se hace necesario cambiar ninguna válvula durante la vida de este equipo, es imperativo que los reemplazos sean diseñados y clasificados para su uso a 260°C (500°F) o más.
 - Afloje los tornillos que sujetan las tapas de los extremos, a continuación, quite las tapas de la celda tirando de ellos hacia afuera, usando los niples y conectando el hardware como asas. Si la tapa está atascada y no puede ser liberada, enrosque la herramienta de la tapa de la celda removida asentada en la boquilla y presione hacia abajo la palanca para extraerla. A continuación, desenrosque los niples de las tapas y quite el pistón de la celda.
 - Compruebe las juntas tóricas en los niples, el pistón flotante, el cuerpo celular y las tapas de los extremos, y reemplace los que estén dañados o frágiles [todas las juntas

tóricas deben ser sustituidos de forma rutinaria después de las pruebas a temperaturas superiores a 150°C (300°F)]. Aplique una capa fina de grasa de la llave de paso completamente alrededor de todas las juntas tóricas, teniendo especial cuidado para asegurar que aquellas en el pistón están bien lubricados.

- Atornille el pistón flotante sobre la llave de barra en T e instale el pistón en la parte inferior de la celda, trabaje hacia arriba y hacia abajo para asegurar que se mueve libremente (el fondo de la celda, el extremo de entrada, tiene un receso más corto que el superior). Coloque el pistón de modo que está en o cerca del extremo inferior de la celda, a continuación, desenrosque la llave desde el pistón.

- Llene el espacio por encima del pistón con aceite hidráulico, justo por encima de la cara de extremo.

- Instale la cubierta lateral hidráulica en la parte inferior de la celda empujando en la bola de contrapresión en el niple del extremo de la tapa, presión de entrada de la celda para aliviar la presión y permitir que la tapa se deslice en la celda más fácilmente. Instale y apriete los tornillos de fijación.

Algunos aceites fluirán desde el agujero roscado en la tapa del extremo, lo que indica que no queda aire atrapado entre el pistón y la tapa del extremo.

- conecte el conjunto de niple inferior a la manguera de la bomba y bombee aceite hidráulico suficiente para expulsar todo el aire del niple. Luego, teniendo cuidado de no permitir que el aceite se derrame por el niple, conecte el conjunto hasta la tapa de la celda inferior y desconecte la manguera de la bomba.

- Gire la celda hacia arriba y llene con aproximadamente 275 ml de fluido de perforación. Esto permite la expansión mientras se calienta. No exceda esta cantidad. Para una mayor consistencia en los resultados de las pruebas, revuelva el fluido de perforación durante 5 minutos inmediatamente antes de cargar el celular.

- Vuelva a conectar la manguera de la bomba en el acoplamiento de conexión rápida en el niple en la parte inferior de la celda y cierre la válvula de presión en la bomba. Ponga a funcionar la bomba para elevar el nivel de la muestra de fluido a la cavidad junta tórica.

- Instale la junta tórica y configure el disco cerámico seleccionado o en otro medio de filtrado en la parte superior de la misma.

- Coloque la tapa de cierre en la celda, apriete los tornillos de ajuste cómodamente y cierre la válvula de la tapa de cierre. La expansión térmica de los contenidos de la celda y del fluido hidráulico hace que la presión de la celda aumente rápidamente cuando una celda cerrada se coloca en una camisa de calentamiento caliente. Cuando una celda a temperatura ambiente se coloca en una camisa caliente, la bomba debe conectarse rápidamente para permitir la salida del fluido hidráulico y evitar la sobre-presurización. Durante el calentamiento, la presión en la celda debe ser controlada fuera el exceso de fluido periódicamente.

- Instale la celda en la camisa de calentamiento. Asegúrese de que el apoyo de celdas se ha tirado hacia afuera usando el mango, a continuación, inserte el conjunto de celda y gire de modo que el pasador en la parte inferior se asiente en la camisa de calentamiento en el agujero en la parte inferior del cuerpo de la celda. Esto evitará la rotación de la célula.

- **Presurice la celda**

- Consulte la tabla I.1 para la presión correspondiente a la temperatura de prueba y utilice la bomba hidráulica para aplicar esta presión a la celda. Si se utiliza una bomba de accionamiento manual, siempre debe ser operado en cerca de un stroke por segundo.

La filtración a temperaturas por encima del punto de ebullición de la muestra del fluido requiere el uso del receptor de contrapresión para evitar la vaporización del filtrado. También requiere que la muestra se presurice para evitar que hierva.

Colectores de nitrógeno que tienen una 4100 kPa (600 psi) de calibre de contrapresión deben ser modificados para alcanzar 4850 kPa (700 psi). Sin embargo, las pruebas son posibles dentro de los límites de los colectores.

- Mientras que la celda se esté calentando, utilice el procedimiento siguiente para preparar el receptor de contrapresión.

Compruebe que el regulador de tornillo T se ha girado hacia la izquierda lo suficiente para liberar toda la presión. Cuando se ha liberado la presión, el tornillo gira libremente. Abra la válvula de alivio de presión para aliviar cualquier presión restante y retire el cilindro de cartucho de CO₂ de la unidad de presión. Deseche el cartucho vacío, cámbielo por uno nuevo y apriete el barril lo suficiente para perforar el cartucho. No ajuste el regulador en este momento.

Verifique que la válvula de alivio de presión en el conjunto de emisiones de CO₂ y la válvula de drenaje de filtrado están cerradas.

Coloque el montaje de la contrapresión a un lado.

- Haga seguimiento de la temperatura de la celda con el termómetro en la pared de la celda, no en la camisa de calentamiento. Cuando la celda alcance la temperatura deseada, baje el termostato para reducir la temperatura de la camisa a la temperatura de ensayo. Mantenga la celda a la temperatura deseada hasta que la expansión térmica esté completa y la presión de la celda deje de aumentar. Esto puede tardar hasta 1 hora.

Tabla I.1 - Presiones de partida de las celdas y contrapresiones para diversas temperaturas de ensayo

Rango de temperaturas θ		Presión de calentamiento o Contrapresión P	
C	F	kPa	psi
Menos que 96	200	0	0
95 a 150	200*300	690	100
151 a 175	301*350	1060	150

178 a 190	351*375	1400	200
191 a 205	376*400	1725	250
206 a 218	401*425	2420	350
219 a 232	426*450	3100	450
233 a 246	451*475	3600	550
247 a 260	476*500	4650	700

- Cuando la celda está a la temperatura deseada y la presión de la celda estabilizada, monte el receptor de contrapresión en el adaptador de válvula superior. Asegure el receptor con un pasador de retención. Instale la unidad de presurización de CO₂ en la parte superior del receptor. Bloquee la unidad de presurización de CO₂ en el lugar con el otro pasador de retención.

- Si una manguera de drenaje se utiliza para el filtrado, conecte la válvula de drenaje con el cilindro graduado para recibir el filtrado.

Para asegurar mediciones precisas, el espacio entre el medio de filtración y la salida del receptor de contrapresión, y la válvula del receptor, deben ser llenadas con el fluido base antes de iniciar la prueba. Esto asegura que el fluido que pasa a través del filtro desplaza un volumen igual de fluido al receptor. Si no sigue este procedimiento correctivo puede introducir un error considerable.

- Vea la Tabla I.1 para determinar la presión apropiada para el receptor de contrapresión y aplicarla girando el tornillo T en el regulador de presión hasta que se alcance la presión deseada.

- Accione la bomba para aumentar la presión de la celda hasta el nivel deseado, a continuación, abra la válvula entre la celda y el receptor de contrapresión para iniciar la prueba.

NOTA La presión diferencial de filtración es la diferencia entre la presión aplicada a la celda que mantiene en el receptor de contrapresión.

- **Realización de la prueba de filtración**

- Se usa un temporizador de laboratorio, se recoge el filtrado y su volumen se registra a 1 min, 7,5 min y 30 min. Graficar estos datos contra la raíz cuadrada del tiempo proporciona una descripción útil de la pérdida de chorro. Si se desea, se pueden tomar muestras con mayor frecuencia, pero no deben tomarse antes de 1 min. Tiempos y volúmenes de prueba precisamente grabados son necesarios para el cálculo preciso de los parámetros de filtración.

Para una mejor definición de la pérdida de aceleración, el filtrado se puede recoger en 1 min, 5 min, 7,5 min, 15 min, 25 min y 30 min, y los volúmenes de filtrado acumulados se grafican frente a la raíz cuadrada del tiempo.

- Comience la filtración mediante la apertura de la válvula entre la celda y el receptor de contrapresión. Compruebe que tanto la presión de la celda, como se indica en el manómetro de la bomba, y la contrapresión están en los niveles deseados. Ajuste según sea necesario a lo largo de la prueba.

- La presión de la celda se puede esperar que disminuya ligeramente como filtración y cualquier fuga en la bomba debe reducir los contenidos de la celda. La bomba se debe utilizar como sea necesario para mantener la presión en el nivel deseado. Si una bomba de accionamiento manual está en uso, accione en alrededor de un solo golpe por segundo.
- Después de cada intervalo, el filtrado se vierte en la probeta graduada del receptor de contrapresión y se registrará el tiempo y el volumen acumulado. Se recomienda recuperar el filtrado directamente desde el receptor de contrapresión no de una manguera de drenaje. Si se utiliza una manguera, su longitud debe ser minimizada para reducir el error causado por la retención de líquido en su superficie interna.
- Después de 30 min, cierre la válvula de filtrado y drene cualquier filtrado restante desde el receptor de contrapresión en el cilindro graduado. Registre el volumen total del filtrado en el cilindro graduado.

**11. ANEXO K
(Informativo)**

FORMULARIO DE REPORTE PARA FLUIDOS BASE AGUA

<p>Annex K (informative)</p> <p>Water-based drilling fluids report form</p>											
<p>WATER-BASED DRILLING FLUID REPORT</p>											
API WELL NO.		STATE	COUNTY	WELL			S/T	DATE	DEPTH	<input type="checkbox"/> MD <input type="checkbox"/> TVD	
OPERATOR				CONTRACTOR				RIG NO.		SPUD DATE	PRESENT ACTIVITY
REPORT FOR		REPORT FOR		SECTION, TOWNSHIP, RANGE							
WELL NAME AND NO.		FIELD OR BLOCK NO.		COUNTY, PARISH, OFFSHORE AREA			STATE PROVINCE				
BIT DATA		DRILLING STRING			CASING			CIRCULATION DATA			
MUD PROPERTIES										MUD PROPERTY SPECIFICATIONS	
Sample Taken From		<input type="checkbox"/> F.L. <input type="checkbox"/> P.R.	<input type="checkbox"/> F.L. <input type="checkbox"/> P.R.	<input type="checkbox"/> F.L. <input type="checkbox"/> P.R.	<input type="checkbox"/> F.L. <input type="checkbox"/> P.R.	Weight		Viscosity		Filtrate	
Time Sample Taken											
Flowline Temperature, °C or °F											
Density ρ_g ρ_{kg/m^3} ρ_{lbm} ρ_{ppg} at _____ °C or °F											
Funnel Viscosity, s/qt at _____ °C or °F											
Plastic Viscosity, cP at _____ °C or °F											
Yield Point, lb/100 ft ²											
Gel Strength, lb/100 ft ² 10 sec/10 min											
API Filtrate, ml/30 min											
HTHP Filtrate, ml/30 min at _____ °C or °F											
Cake Thickness, in/32 or mm										REMARKS	
Retort Solids, % volume											
Retort Liquid Oil/Water, % volume											
Sand Content, % volume											
Methylene Blue Capacity <input type="checkbox"/> cm ³ /cm ³ mud <input type="checkbox"/> lb/bbl equiv											
pH <input type="checkbox"/> Strip <input type="checkbox"/> Meter at _____ °C or °F											
Alkalinity Mud (P _L), cm ³ N/50 Acid/cm ³											
Alkalinity Filtrate (P _F), cm ³ N/50 Acid/cm ³											
Chloride, mg/l											
Total Hardness as Calcium, mg/l											
PRODUCTS								SOLIDS EQUIPMENT			
DRILLING FLUID VOLUME		SOLIDS ANALYSIS			FLUID RHEOLOGY & HYDRAULICS			COST ANALYSIS			
REPRESENTATIVE		PHONE			WAREHOUSE PHONE						

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 13500, *Petroleum and natural gas industries — Drilling fluid materials — Specifications and tests*
- [2] API RP 13B-1, *Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Water-Based Drilling Fluids*
- [3] API RP 13D, *Recommended Practice on the Rheology and Hydraulics of Oil-Well Drilling Fluids*
- [4] ISO 10416, *Petroleum and natural gas industries — Drilling fluids — Laboratory testing*
- [5] API RP 13I, *Laboratory Testing of Drilling Fluids*
- [6] ISO 10414 (all parts), *Petroleum and natural gas industries — Field testing of drilling fluids*
- [7] TOUPS, J.A., REIMER, J. AND DEARING, H., AADE-04-DF-HO-32, Measurement of HTHP fluid loss equipment and test fluids with thermocouples.

ⁱ versenato[®] es un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente.

ⁱⁱ Calmagita es un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente

ⁱⁱⁱ Calver[®]II es un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente

^{iv} Calver[®]II es un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente

^v Los tubos Dräger son un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente

^{vi} Los tubos Dräger son un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente

^{vii} Dräger Accuro[®] son un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente

ANEXO 1

DIAGNÓSTICO DOCUMENTAL Y RELACIÓN DE EQUIPOS Y REACTIVOS

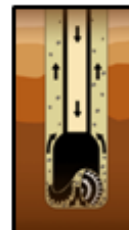


LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

SEPTIEMBRE 2013



LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO



CONTENIDO

1. INVENTARIO EQUIPOS Y REACTIVOS.....	4
1.1 INVENTARIO DE EQUIPOS.....	4
1.2 INVENTARIO DE VIDRIERIA	7
1.3 INVENTARIO DE REACTIVOS QUÍMICOS.....	8
1.4 RELACIÓN DE EQUIPOS Y REACTIVOS DE LA NORMA API 13B-1 PRESENTES EN EL INVENTARIO DEL LABORATORIO DE LODOS.....	10

1. INVENTARIO EQUIPOS Y REACTIVOS

El diagnóstico documental realizado en el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento muestra que desde los años de apertura del laboratorio, se ha trabajado con el Manual IMCO impreso, éste toca temas generales de geología, perforación, de tratamiento de fluidos de perforación y por supuesto de las pruebas que se realizan para la obtención de las propiedades del lodo. Cabe recordar que este manual se encuentra desactualizado, al compararlo con la más recientes ediciones de las normas API 13B para pruebas de laboratorio.

Por otro lado con el inventario realizado de equipos y reactivos, se elabora una relación entre el listado obtenido y el listado de equipos y reactivos que según la API son necesarios para llevar a cabo la correcta determinación de las propiedades de los fluidos de perforación.

1.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

EQUIPO	MARCA	SERIE/MODELO EQUIPO	SERIE/MODELO UNIVERSIDAD	CARACTERÍSTICAS
Batidora de pedestal	Oster	Modelo 2700-012		60 Hz – 120 V – 480 Wmax
Calefactor múltiple de sobremesa para extracción	Schott	Ref: S2E 223100424001 Serial 275		VAC 110 – 570 W
Equipo para contenido de líquidos y sólidos –Retorta	Ofite	Part No. 165-00 Serial No. 85-30	Ref: 165-00 22310092001 S/N 2530-8662	115 V
Equipo para contenido de líquidos y sólidos –Retorta	Ofite	Part No. 165-00 Serial No. 86-62	Ref: 165-00 S/N 2630-8662	
Agitador magnético 16x16	Glassco	Serial No. 1765/7	219900027002	50 Hz – 350 W – 220 VAC
Balanza Lexus Modelo Mix	Lexus	Modelo Mix S/N YS 113252		110VAC/60 Hz 0-40°C Humedad <85% Cap. Máx: 600g Min:0,2 g d: 0,01 g e: 0,1 g
Calentador Magnético con Plato	Ikamag	TYP: TCT 519	21990017001	50/60H I – 630 W – 0..11001/min

de Calentamiento			Modelo Ikamag RCT No. 717230	
Calentador de Copa para Reómetro	NL Baroid	P/N 25120 S/N 90043829	22310088001 Calentador de laboratorio para la copa térmica BAROID 25120 No. 90043829	50/60 Hz – 115 V – 100 W
Filtro Prensa			22310093001 Unidad de Equipo de Control de Perdida	
Filtro Prensa	NL Baroid	P/N 38700 S/N 90043838	23180005001 Medidor de Filtrado 3870000 1-EA FLTRPR BAROID HPHT No. 90043838	50/60 Hz – 115VAC – 400W
Phmetro	Schott	Modelo Handylab pH 11 Serie: 09030060	28520298 Modelo Handylab 11pH	
Viscosímetro	Fann Instrument Company	Modelo 35A Part No. 30164 NL Baroid/NL Industries S/N A5478	22310098001 Reómetro FANN (6 velocidades) No. 5476	60 Hz – 115 VAC – 90 W
Viscosímetro	Fann Instrument Company	Modelo 35A Part No. 30164 NL Baroid/NL Industries S/N A5474	22310095001 Ref: 13060 Modelo 35A 6 velocidades (600-300- 200-100-6-3)RPM con copa metálica sin caja protectora	60 Hz – 115 VAC – 90 W
Viscosímetro	Fann Instrument Company	Modelo 35A P/N 207200 S/N 10104215	223100369001 Serie 35A Modelo SRIA GR10104215	60 Hz – 115 V – 90 W
Embudo Marsh	OFI			
Embudo Marsh	OFI			
Medidor de Estabilidad Eléctrica	Fann Instrument Company	Modelo 23D Serial No. 13222		340Hz – 150 V/S - 2000 Vmax
Balanza Gramera	HOPEX		223700101002	

			Balanza Gramera 1000 gr	
Balanza Gramera	HOPEX		223700101003 Balanza Gramera 1000 gr	
Pipeteador	BRAND	Macro		<ul style="list-style-type: none"> • Pipeteador nuevo. • Color rosado.
Pipeteador	BRAND	Macro		<ul style="list-style-type: none"> • Pipeteador usado. • Color amarillo.
Termómetro	BRAND	No. 800005		<ul style="list-style-type: none"> • 200°C • 1 st/pc • 2 unidades.
Termómetro	BRAND			<ul style="list-style-type: none"> • 240°C • Una unidad.
Agitador-Varilla				<ul style="list-style-type: none"> • Una unidad.

1.2 INVENTARIO DE VIDRIERIA

NOMBRE	CANTIDAD	MARCA	CAPACIDAD
Probeta	6	BRAND	250:2ml B In 20°C ± 1,5ml
Probeta	3	BRIXCO	1000ml ± 10ml Ex 20°C MC
Probeta	5	BRAND	100:1ml B In 20°C ± 0,75ml
Probeta	2	ABC	100ml In 20°C
Probeta	1	SCHOTT DURAN	500:5ml In 20°C ± 5ml
Probeta	1	BRAND	500:5ml ± 3,75ml In 20°C
Probeta	1	DURAN 50	250:5ml In 20°C
Probeta	6	LMS Germany	25/0,5ml Tol ± 0,5ml In 20°C
Probeta	1	BRAND	10:0,2ml B In 20°C ± 0,15ml
Probeta	1	BRAND	50:1ml A In 20°C ± 0,5ml
Probeta	2	ABC	10ml In B 20°C
Probeta	1	BRAND	500:5ml ± 3,75ml In 20°C
Pipeta Volumétrica	6	BRAND	2 ± 0,015ml
Pipeta Volumétrica	4	BRAND	5 ± 0,022ml
Pipeta Volumétrica	5	BRAND	10 ± 0,03ml
Pipeta	5	BRIXCO	5ml Ex 20°C
Pipeta	2	BRAND	10ml – 0,1 ± 0,075ml Ex 20°C
Pipeta	1	BRIXCO	1ml Ex 20°C
Pipeta	3	BRAND	5ml B Ex 20°C
Pipeta	3	BRAND	10ml ± 0,05
Pipeta	2	BRIXCO	2ml Ex 20°C
Pipeta Serológica	1	BRAND	10ml Ex 20°C
Matraz	8	BRIXCO	500ml
Matraz	6	BRIXCO	250ml
Matraz	1	BRIXCO	250ml
Matraz	3	BRIXCO	100ml
Matraz	1	SCHOTT DURAN	100ml
Zanahoria para contenido de arena	2	OFI	20%
Picnómetro	1	LMS	50 ml In 20°C
Picnómetro	1	GLASSCO	50ml 20°C
Rec. agua destilada	1		

1.3 INVENTARIO DE REACTIVOS QUÍMICOS

NOMBRE	FÓRMULA	PRESENTACION	CANTIDAD	CONCENTACIÓN	OTRAS DESCRIPCIONES
Acido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	Liquido	RECIPIENTE-LITRO	0,02N	
Acido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	Liquido	2 RECIPIENTES- LITRO	5 N	
Acido Sulfúrico	H ₂ SO ₄	Liquido	1 RECIPIENTE- LITRO	0,2N	
Acido Clorhídrico	HCL	Liquido	1 RECIPIENTE- LITRO	0,02N	
E.D.T.A.	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	Liquido	RECIPIENTE- LITRO	0,1M	
E.D.T.A.	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₉	Solido	1 RECIPIENTE 500 gramos		
Peróxido de Hidrogeno	H ₂ O ₂	Liquido	1 RECIPIENTE- LITRO	3%	
Estearato de Aluminio	Al(C ₁₈ H ₃₅ O ₂) ₃	Solido	2 RECIPIENTES- LITRO		Antiespumante
Cromato de Potasio	K ₂ CrO ₄	Liquido	2 RECIPIENTES- LITRO	5%	
Cromato de Potasio	K ₂ CrO ₅	Solido	1 RECIPIENTE-250gr	5%	
Nitrato de Plata	AgNO ₃	Liquido	2 RECIPIENTES-500ml	0,082 N	
Cloruro de Calcio	CaCl ₂	Solido	2 RECIPIENTES- 500 gramos		
Carbonato de Calcio	CaCO ₃	Solido	1 RECIPIENTE-500 gramos		
Cloruro de Sodio	NaCL	Solido	3 RECIPIENTES-500 gramos		
Hidróxido de Hidrogeno Analítico		Liquido	1 RECIPIENTE- LITRO		
Bicarbonato de Sodio	NaHCO ₃	Solido	1 RECIPIENTE-500 gramos		
Azul Hidroxinaftol en NaCL		Liquido	1 RECIPIENTE-500 ml		Indicador
Soda Caústica	NaOH	Liquido	1 RECIPIENTE-500 ml		
Cal	Cao	Solido	1 RECIPIENTE-500 gramos		
Fenolftaleína	C ₆ H ₅ OH	Liquido	1 RECIPIENTE-70 ml		Indicado de PH
Fenolftaleína	C ₆ H ₅ OH	Solido	1 RECIPIENTE-100 gramos		
Naranja de Metilo	C ₁₄ H ₁₄ N ₃ NaO ₃ S	Liquido	1 RECIPIENTE-100ml		
Dispersante		Solido	1 RECIPIENTE- 250gramos	0,005%-0,05% bwoc	Reductor de fricción
Azul de Metileno	C ₁₆ H ₁₈ N ₃ ClS	Solido	1 RECIPIENTE-100 gramos		
Negro Eriocromo	C ₂₀ H ₁₂ N ₃ NaO ₇ S	Liquido	1 RECIPIENTE-250 ml	10.50%	
Retardador de Frague		Solido	1 RECIPIENTE-500 gramos	0,01%-0,8% bwoc	

Agente Gelificante		Solido	1 RECIPIENTE-250 gramos		
Buffer	$\text{NH}_4(\text{OH})_2$	Liquido	RECIPIENTE-1 LITRO		
Buffer	$\text{NH}_4(\text{OH})_2$	Liquido	RECIPIENTE-1 LITRO		Para PH 10+/- 0,05
Buffer	$\text{NH}_4(\text{OH})_2$	Liquido	RECIPIENTE-1 LITRO		Para PH 7+/- 0,02
Buffer	$\text{NH}_4(\text{OH})_2$	Liquido	RECIPIENTE-1 LITRO		Para PH 4+/- 0,02
Cloruro de Potasio	KCl	Sólido	1 RECIPIENTE-500 gramos		
Grafito					
Aceite Lubricante		Liquido	1/4 Galón	Premium-20w-50-Multigrado	Shell
Aceite Lubricante		Liquido	1/4 Galón	SAE-50 - Monogrado	Shell
Aceite Lubricante		Liquido	1/4 Galón	20w-40 - Multigrado	Terpel
Aceite de cocina		Liquido			
Miel Natural		Liquido			
Miel sintetica		Liquido	350ml		
Vinagre		Liquido	500ml		

1.4 RELACIÓN DE EQUIPOS Y REACTIVOS DE LA NORMA API 13B-1 PRESENTES EN EL INVENTARIO DEL LABORATORIO DE LODOS

PRUEBA	EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO	REACTIVOS	SE ENCUENTRA EN EL LABORATORIO	
				Equipo	Reactivo
Densidad del fluido de perforación	Balanza de lodo	De una precisión de 0,01 g/ml o 10 kg/m ³ (0,1 lb/gal o 0,5 lb/ft ³).		✓	
	Termómetro	Con un rango de 0°C a 105°C (32°F a 220°F).		✓	
Viscosidad y resistencia de gel	Embudo de Marsh	Calibrado para un flujo de salida de 946 ml (1 cuarto de galón) de agua fresca a una temperatura de (21 ± 3) °C [(70 ± 5) °F] en (26 ± 0,5) s, con una taza graduada como receptor. Cono del embudo Longitud 305 mm (12,0 pulgadas), diámetro de 152 mm (6,0 pulgadas) y una capacidad de fondo de filtro de 1500 ml (1,6 cuartos de galón). Orificio Longitud de 50,8 mm (2,0 pulgadas) y un diámetro interior de 4,7 mm (0.188 in=3/16 in). Filtro 1,6 mm (0,063 pulgadas), aberturas (12 mesh); fijado en 19,0 mm (0,748 pulgadas) por debajo de la parte superior del embudo.		✓	
	Vaso graduado	Con una capacidad mínima de 946 cm ³ (1 cuarto de gal).		✓	
	Cronómetro			x	
	Viscosímetro de indicación directa	Manga del rotor Diámetro interior: 36,83 mm (1.450 pulgadas) Longitud total: 87,0 mm (3,425 pulgadas) Línea trazada: 58,4 mm (2,30 pulgadas). Bob, cerrado, con base plana y la parte superior cónica Diámetro: 34,49 mm (1.358		✓	

		<p>pulgadas) Longitud del cilindro: 38,0 mm (1.496 pulgadas) Torque constante: 386 dinas-cm/grado de deflexión Velocidades de la manga del rotor Alta velocidad: 600 r/min Velocidad baja: 300 r/min Contenedor apropiado Por ejemplo, la copa proporcionada con el viscosímetro.</p>			
Filtración	Filtro Prensa (alta temperatura/alt a presión)	Consiste principalmente en una celda cilíndrica con un diámetro interior de 76,2 mm (3 pulg) a una altura de al menos 64,0 mm (2,5 pulg).		✓	
	Cilindro graduado	Con un volumen de 10 ml (TC) o 25 ml (TC).		✓	
	Papel filtro	Wahatman No. 50 o un equivalente, para temperaturas por encima de 190 °C (375 °F).		✗	
	Disco poroso	Dynalloy X-5 o un equivalente, para temperaturas por encima de 200 °C (400°F). Un nuevo disco es requerido para cada prueba.		✗	
	Cilindro graduado	Con un volumen de 25 ml (TC) o 50 ml (TC).		✓	
	Mezclador de alta velocidad			✓	
Contenido de agua, aceite y sólidos	Instrumento de retorta	<p>Las retortas de tres tamaños (10 ml, 20 ml y 50 ml) están comúnmente disponibles. Taza de la muestra En un tamaño estándar de 10 ml ($\pm 0,05$ ml) de precisión, 20 ml (precisión $\pm 0,10$ ml) o 50 ml (precisión de $\pm 0,25$ ml). Condensador Cámara de calentamiento</p>	Agente antiespumante	✓	✓
	Receptor de líquido (TC)	<p>Artículo de vidrio cilíndrico de diseño especial con un fondo redondeado. Volumen total 10 cm³/20 cm³/50 cm³ Precisión (0 %-100 %): $\pm 0,05$ cm³ $\pm 0,05$ cm³</p>		✓	
	Lana de acero			✗	

Contenido de agua, aceite y sólidos	Grasa de silicona resistente a altas temperaturas			x	
	Tubos limpiadores			x	
	Espátula			x	
	Sacacorchos			x	
Contenido de arena	Tamiz	74 micras (200 mesh) y 63,5 mm (2,5 pulg) de diámetro.		x	
	Embudo	Para adaptarse al tamiz.		x	
	Tubo medidor de vidrio	Marcado para que el volumen del fluido de perforación sea adicionado y graduado de 0% a 20% con el fin de leer el porcentaje de arena directamente.		✓	
Capacidad de azul de metileno (M.B.T)	Jeringa	2,5 ml (TD) o 3 ml (TD)	Solución de azul de metileno , azul de metileno de grado reactivo (CAS No.61-73-4), 3,20g/l (1ml = 0,01 meq).	x	X
	Matraz Erlenmeyer	250 ml.		✓	
	micropipeta; pipeta graduada.	10 ml (TD); 0,5 ml (TD); 1 ml (TD).		✓	
	Cilindro graduado	50 ml (TD).	Peróxido de hidrógeno (CAS No. 7722-88-5), solución al 3%. Ácido sulfúrico (CAS No. 7664-93-9)	✓	✓
	Varilla agitadora			✓	
	Placas eléctricas			x	
	Papel filtro	Whatman N ^o 1 o equivalente.		x	
pH	pHmetro			✓	
	Potenciómetro de alcance-milivoltios	a) Rango de pH: 0 a 14; b) Tipo de la electrónica: estado sólido (preferido); c) fuente de alimentación: baterías (de preferencia); d) temperatura de funcionamiento: 0°C a 66°C (32°F a 150°F); e) uso: digital (preferido); f) Resolución: 0,1 unidades de pH; g) Precisión: 0,1 unidades de pH; h) capacidad de repetición: 0,1 unidades de pH;	Soluciones buffer a) pH 4,0: ftalato de hidrógeno y potasio en 0,05 mol/l en agua; da 4,01 pH a 24 ° C (75 ° F); b) pH 7,0: fosfato de dihidrógeno de potasio en 0,020 66 mol/l y fosfato disódico de hidrógeno al 0,029 34 mol/l en agua; da 7,00 pH a 24°C (75°F); c) pH 10,0: carbonato de sodio a 0,025 mol/l y bicarbonato de sodio a 0,025 mol/l		x

pH			en agua; da 10,01 pH a 24 °C (75°F).		
	Sistema de electrodos		Agua destilada o desionizada	x	x
	Tejido	Para limpiar los electrodos.	Detergente líquido suave	x	x
			El hidróxido de sodio (CAS No. 1310-73-2), 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar electrodo.		x
	Cepillo-Test-tube	De cerdas suaves, para limpiar los electrodos.	Ácido clorhídrico , (CAS No. 7674-01-0), 0,1 mol/l (aproximadamente), para reacondicionar electrodo.	x	✓
	Storage vial para Electrodo	Para mantener los electrodos húmedos.	Bifluoruro de amonio (N ^o CAS 1341-49-7) Solución al 10% (aproximadamente), para reacondicionar electrodo.	x	x
Alcalinidad y contenido de cal	Vaso de titulación	100 ml o 150 ml, de preferencia blanco.	Solución de ácido sulfúrico (CAS No. 7664-93-9): estandarizada 0,02 N (N/50).	✓	✓
	Pipetas graduadas	1 ml (TD) y 10 ml (TD).	Solución indicadora-fenolftaleína (CAS No. 518-51-4): 1 g/100 ml de alcohol 01:01: Solución de agua.	✓	✓
	Pipeta volumétrica	1 ml (TD).	Solución indicadora- metil naranja (CAS No. 547-58-0): 0,1 g/100 ml de agua.	✓	✓
	Varilla agitadora			✓	
Dureza total/Calcio	Vaso de titulación	Beaker de 150 ml.	Solución estandarizada de EDTA (CAS No. 6381-92-6), 0,01 mol/l; Etilendiaminotetraacetato-disódico-	x	✓

Dureza total/Calcio			dihidrato (1 ml/ml de muestra 1 000 mg CaCO ₃ , 1 ml/ml de muestra de 400 mg Ca ²⁺).		
	Pipetas graduadas	5 ml (TD) y 10 ml (TD).	Solución Buffer , cloruro de 67,5 g de amonio (CAS No. 12125-02-9) y 570 ml de hidróxido de amonio (CAS No. 1336-21-6) (15 N) diluido a 1 000 ml con agua destilada.	✓	✓
	Pipetas volumétricas	1 ml (TD), 2 ml (TD) y 5 ml (TD).	Solución indicadora/dureza , 1 g/l Calmagita ^{®51}) o equivalente; 1-(1-hidroxi-4-metil-2-fenilazo)-2-naftol-4-ácido sulfúrico (N ° CAS 3147-14-6) en agua destilada.	✓	✗
			Ácido acético (CAS No. 64-19-7), glacial.		✗
			Agente enmascarante , 01:01:02 volumen mezclado de trietanolamina (CAS No. 102-71-6): tetraetilenpentamina (CAS No. 112-57-2): agua.		✗
			Solución de hipoclorito de sodio (CAS No. 7681-52-9), fracción de masa de 5,25 % en agua desionizada.		✗
ANEXOS					
Análisis químico de los fluidos de perforación base agua			Calcio Solución EDTA (N ° CAS 6381-92-6): 0,01 mol/l Estandarizada-etilendiaminotetraacetato disódico dihidrato (muestra 1 ml / ml de 1 000 mg de CaCO ₃ , 1 ml/ml de muestra de 400 mg de Ca ²⁺).		✓ ✓ ✗

¹ Calmagita es un ejemplo de un producto adecuado disponible comercialmente



Análisis químico de los fluidos de perforación base agua			<p>Solución buffer de calcio: 1 mol/l (1 N) de hidróxido de sodio (CAS N ° 1310-73-2).</p> <p>Indicador de Calcio, Calver®II6) o azul hidroxinaftol (CAS No. 63451-35-4).</p> <p>Ácido acético (CAS No. 64-19-7), glacial.</p> <p>Agente de enmascaramiento 1:1:2 mezcla de volumen de trietanolamina (CAS No. 102-71-6):tetraetilenpentamina (CAS No. 112-57 2):el agua.</p>		x
			<p>Sulfuros Ácido sulfúrico (N ° CAS 7664-93-9) Aproximadamente 2,5 mol/l (5N), ACS grado reactivo.</p> <p>Gas portador, reactivos sulfuro de hidrogeno inerte, ácidos y tubo Dräger.</p>		✓ x
			<p>Carbonatos Gas portador, botella de nitrógeno de alta pureza (N2) con regulador de baja presión o cartuchos de gas de N₂O (preferidos).</p>		x
	Papel pH		<p>Potasio Perclorato de sodio (NaClO₄) (CAS No. 7601-89-0), solución: 150,0 g/100 ml de agua destilada.</p> <p>Cloruro de potasio estándar (CAS No. 7447-40-7), solución: 14,0 g hechos hasta 100 ml con agua desionizada o destilada.</p> <p>Tetrafenilborato de sodio estándar (STPB) (CAS No. 143-66-8), solución: 8,754 g en 800 ml de agua desionizada.</p> <p>Sal de amonio cuaternario (QAS) (CAS</p>		x ✓ x x x

Análisis químico de los fluidos de perforación base agua			No. 57-09-0), solución: 1,165 g de bromuro de amonio hexadeciltrimetil por cada 500 ml de agua desionizada. Hidróxido de sodio (CAS N ° 1310-73-2), solución: fracción de masa 20 % en agua desionizada. Azul de bromofenol (CAS No. 115-39-9), indicador: 0,04 g tetrabromophenolsulfonp hthalein por 3 ml de 0,1 mol/l de NaOH. Diluya hasta 100 ml con agua desionizada. //		
	Aparato del gas portador Garrett			x	
	Tubo de análisis Dräger CO2	Marcado CO ₂ 100/a (cat. N ° 81018110), 100 mg/l hasta 3 000 mg/l.		x	
	Bolsa de gas Dräger Alcotest	1l No. 7.626.425, o su equivalente.		x	
	Llave de paso			x	
	Jeringas hipodérmicas	1,0 ml, 5 ml y 10 ml (para el ácido) y 10 ml (para la muestra).		x	
	Agujas hipodérmicas	38 mm (1,5 in) de agujas de calibre 21.		x	
	Centrifuga			x	
Medición de la resistencia al corte usando un tubo shearometer	Tubo shearometer			x	
	Plataforma	Para los pesos.		x	
	Juego de pesas	En incrementos de gramos.		x	
	Regla	Graduada en milímetros (pulgadas).		x	
Resistividad	Medidor de resistividad		Solución de detergente de laboratorio , apropiado para la limpieza de superficies de metal o de plástico.	x	x
	Celda de resistividad calibrada			x	

Evacuación del aire o gas antes de la prueba	Dispositivo	En el cual se puede hacer la evacuación.		x	
Anillos de corrosión en la tubería de perforación	Anillo de Corrosión		<p>Ácido clorhídrico (N^o CAS 7647-01-0), inhibido, fracción de masa de 15 % en agua destilada.</p> <p>Acetona, anhídrica (CAS No. 67-64-1).</p> <p>Metanol (CAS No. 67-56-1).</p> <p>Éter de petróleo (CAS No. 8002-05-9).</p>	x	<p>✓</p> <p>x</p> <p>x</p> <p>x</p>
Muestreo en taladro	Muestreador	Con corriente lateral		x	
	Bolsa de la lona	De aproximadamente 14 cm (5,5 pulgadas) de diámetro y 30 cm (12 pulgadas) de largo.		x	
	Recipiente adecuado	Por ejemplo una bolsa de empate, construido de manera que contenga todo bien.		x	
	Porta muestras (Muestreo Grab)	De dimensiones de 10 cm a 15 cm (4 a 6 pulgadas) de profundidad y 30 cm a 45 cm (12 a 18 pulgadas) de largo.		x	
Prueba de filtración HT/HP usando el permeability-plugging y celdas equipadas con tapas aseguradas mediante tornillos de ajuste.	Equipo de Permeability-plugging (PPA)	Con tapas seguras mediante tornillos de ajuste.		x	

ANEXO 3



 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS





**LABORATORIO DE FLUIDOS DE
PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO**





LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO



 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFCP-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	7
2	OBJETIVOS.....	8
3	NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD Y COMPORTAMIENTO	9
4	SISTEMA GLOBALMENTE ARMONIZADO DE CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (SGA)	11
4.1	Propósito	11
4.2	Objetivos	11
4.3	Clasificación de sustancias y mezclas peligrosas	11
4.4	Comunicación de peligros: Etiquetado	13
4.4.1	Procedimientos de etiquetado	13
5	FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD (FDS)	16
5.1	Formato de las FDS	16
6	MANEJO DE RESIDUOS EN EL LABORATORIO	20
BIBLIOGRAFÍA		

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

GLOSARIO

Accidente químico: acontecimiento o situación peligrosa que resulta de la liberación de una sustancia o sustancias riesgosas para la salud humana y/o el medio ambiente, a corto o largo plazo. Es esta definición se incluyen acontecimientos como: incendios, explosiones, fugas o liberaciones de sustancias tóxicas que pueden provocar enfermedad, lesión, invalidez o muerte de seres humanos.

Etiqueta: un conjunto de elementos de información escritos, impresos o gráficos relativos a un producto peligroso, elegidos en razón de su pertinencia para el sector o los sectores de que se trate, que se adhieren o se imprimen en el recipiente que contiene el producto peligroso o en su embalaje/embase exterior, o que se fijan en ellos.

Categoría de peligro: el desglose de criterios en cada clase de peligros; por ejemplo, existen cinco categorías de peligro en la toxicidad aguda por vía oral y cuatro categorías en los líquidos inflamables. Esas categorías permiten comparar la gravedad de los peligros dentro de una misma clase y no deberán utilizarse para comparar las categorías de peligro entre sí de un modo más general.

Clase de peligro: la naturaleza del peligro físico, del peligro para la salud o del peligro para el medio ambiente, por ejemplo sólido inflamable, cancerígeno, toxicidad por vía oral.



Consejos de prudencia o precaución: una frase (o un pictograma o ambas cosas a la vez) que describe las medidas recomendadas que conviene adoptar para reducir al mínimo o prevenir los efectos nocivos de la exposición a un producto peligroso, por causa de la conservación o almacenamiento incorrecto de ese producto.

Corrosión cutánea o corrosión de la piel: véase la definición de lesión cutánea.

Elemento de la etiqueta: un tipo de información armonizado destinado a ser utilizado en una etiqueta, por ejemplo un pictograma o una palabra de advertencia.

Etiqueta: un conjunto de elementos de información escritos, impresos o gráficos relativos a un producto peligroso, elegidos en razón de su pertinencia para el sector o los sectores de que se trate, que se adhieren o se imprimen en el recipiente que contiene el producto peligroso o en su embalaje/envase exterior, o que se fijan en ellos.

FDS: ficha de datos de seguridad.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

Identificación del peligro: el nombre o el número que figura en la etiqueta o en la FDS de un producto peligroso y que permite identificar una sustancia o una mezcla en su marco de utilización, por ejemplo en el transporte, el consumo o el lugar de trabajo.

Identidad química: el nombre con el que se designa un producto químico y solo él. Puede ser el nombre que figure en los sistemas de nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) o el Chemical Abstracts Service (CAS), o un nombre técnico.

Indicación de peligro: una frase que, asignada a una clase o categoría de peligro, describe la naturaleza del peligro que presenta un producto y, cuando corresponda, el grado peligro.

Irritación cutánea: la formación de una lesión reversible de la piel como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo durante un período de hasta 4 horas.

Irritación ocular: la aparición de lesiones oculares como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo en la superficie anterior al ojo, y que son totalmente reversibles en los 21 días siguientes a la aplicación.

Lesión cutánea: la formación de una lesión irreversible de la piel como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo durante un período de hasta 4 horas.



Manejo: es la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final.

Medio ambiente: el medio ambiente es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana. Se trata del entorno que condiciona la forma de vida de la sociedad y que incluye valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y momento determinado.

Mutágeno: un agente que aumenta la frecuencia de mutación en los tejidos celulares, en los organismos o en ambos.

Peligro: es un riesgo evidente e inmediato para casi todos, donde prácticamente nadie tiene tiempo para intervenir eficazmente, salvo recurriendo a l instinto de conservación.

Pictograma: un pictograma es una composición gráfica que consta de un símbolo y de otros elementos y gráficos, tales como un borde, un dibujo o color de fondo, y que sirve para comunicar una información específica.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

Reactividad: la reactividad de una o más sustancias o de algún tipo de especie química en especial, es la capacidad de reacción química que presenta ante algunos reactivos o sustancias al momento de interactuar entre sí.

Residuo peligroso: es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Riesgo: contingencia o proximidad de daño.

Sensibilizante cutáneo: una sustancia que induce una respuesta alérgica por contacto con la piel.


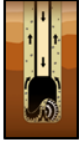
Sensibilizante respiratorio: una sustancia cuyo inhalación induce hipersensibilidad de las vías respiratorias.

SGA: el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

Símbolo: un elemento gráfico que sirve para proporcionar información de manera concisa.

Sustancia: un elemento químico y sus compuestos en estado natural u obtenidos mediante cualquier proceso de producción, incluidos los aditivos necesarios para conservar la estabilidad del producto y las impurezas que resulten del proceso utilizado, y excluidos los disolventes que puedan separarse sin afectar a la estabilidad de la sustancia ni modificar su composición.



Sustancia corrosiva: una sustancia corrosiva es una sustancia que puede destruir o dañar irreversiblemente otra superficie o sustancia con la cual entra en contacto. Los principales peligros para las personas incluyen daño a los ojos, la piel y el tejido debajo de la piel; la inhalación o ingestión de una sustancia corrosiva puede dañar las vías respiratorias y conductos gastrointestinales. La quemadura a menudo puede conducir a vómitos y fuertes dolores de estómago. La exposición a la misma es denominada quemadura química.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFCP-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

1 INTRODUCCIÓN



En el laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento de la Universidad Surcolombiana, se logra el fortalecimiento del conocimiento teórico adquirido mediante el desarrollo de las diferentes guías de laboratorio. Los procedimientos realizados en el laboratorio se basan en la norma API RP1 para los fluidos de perforación base agua, llevándose a cabo pruebas para el estudio de las propiedades del lodo como la densidad, viscosidad y resistencia de gel, pH, dureza, pérdida de filtrado, contenido de sólidos y el análisis químico del filtrado del lodo, entre otros. Para esto, el correcto proceso se hace necesario e imprescindible, ya que se trabaja con productos químicos que pueden presentar efectos adversos para los seres humanos y/o el medio ambiente. El presente documento busca brindarle al estudiante información oportuna para la realización de todas las pruebas de laboratorio, dándole a conocer el manejo adecuado de equipos, las precauciones y cuidados que debe tener al trabajar en condiciones especiales, así como el establecimiento de normas comportamentales generales y de procedimientos que nos ayudan a evitar accidentes humanos y medio ambientales. Por otro lado, también se hace énfasis en el conocimiento de las fichas de seguridad de los reactivos y sustancias con las cuales se trabaja en el laboratorio, así como en las normas de vestimenta, higiene, de manejo y localización de equipos de seguridad y la disposición de residuos y desperdicios.

Con el cumplimiento de las recomendaciones y normas dadas, se busca minimizar al máximo los riesgos generados en las pruebas y promover una cultura de conocimiento y disciplina con el que el estudiante se adaptará a las exigencias que el contexto de la industria del petróleo le exige.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

2 OBJETIVOS

- Mejorar la protección de la salud humana y del medio ambiente.
- Controlar y reducir los factores de riesgo procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos en el laboratorio.
- Fomentar una actitud responsable en los estudiantes, ante el manejo de sustancias químicas.
- Promover el manejo adecuado de los residuos producidos en las pruebas de laboratorio de fluidos de perforación y completamiento.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6



3 NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD Y COMPORTAMIENTO

El laboratorio de fluidos de perforación y completamiento es un lugar de estudio práctico, donde se llevan a cabo procedimientos estandarizados con el fin de lograr la correlación de sucesos y la obtención de conclusiones a través de la observación de diferentes fenómenos. Aunque el trabajo procedimental en el laboratorio se encuentra establecido y estandarizado según el American Petroleum Institute, se requiere una supervisión apropiada por el director de curso o el monitor designado por este con el fin de visualizar posibles riesgos.

Con el cumplimiento de las siguientes normas generales de seguridad y de comportamiento se busca obtener las condiciones apropiadas para el desarrollo seguro de las guías de laboratorio establecidas en el manual de procedimientos.

En el laboratorio de fluidos de perforación y completamiento no está permitido:



- Permanecer en el laboratorio o trabajar en él sin supervisión del profesor o del monitor designado.
- Ingresar sin la vestimenta adecuada: bata de laboratorio blanca de algodón abotonado, pantalones o jean hasta el tobillo, zapatos completamente cerrados, preferiblemente planos para las mujeres.
- Fumar, comer, beber o almacenar alimentos dentro del laboratorio y/o permitir que estos tengan contactos con sustancias propias del laboratorio.
- Utilizar lentes de contacto cuando se trabaje en el laboratorio, debido a que interfiere en el lavado de ojos en caso de emergencia y puede ser origen de más daño.
- Oler directamente, probar o inhalar compuestos químicos o sustancias desconocidas.
- Dejar objetos personales como maletines, celulares, bolsos, etc, sobre los mesones de trabajo. Esto puede ocasionar acciones y/o daño del material de trabajo.
- Trabajar en el laboratorio con el cabello suelto.
- Hablar, bromear, gritar o reír a alto volumen.
- Jugar, correr, empujar, saltar o actuar de forma irresponsable.
- Trabajar en el laboratorio usando accesorios (anillos, joyas, pulsera, collares, aretes largos, bufandas, etc).
- Estar en zonas de paso restringido.
- Tomar sin autorización documentos, equipos o mobiliarios del laboratorio.
- Utilizar ningún reactivo al cual le falte la etiqueta del frasco.
- Transvasar sin etiquetar adecuadamente los recipientes y frascos donde quedará el producto químico.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

- Permitir la entrada de personal que entra de visita sin las recomendaciones requeridas para el uso del laboratorio.
- Tomar instrumentos de vidrio que se encuentren en mal estado.
- Poner en funcionamiento algún equipo de laboratorio sin leer las instrucciones de trabajo que se encuentran en el documento Especificaciones y Características de los Equipos de Laboratorio.
- Realizar pruebas en el laboratorio que no se encuentran autorizadas.

Se hace necesario para el trabajo en el laboratorio, cumplir con las siguientes recomendaciones:

- Conocer donde se encuentran ubicados los equipos de seguridad (extintor de incendios, ducha para cara y ojos, etc) correspondientes para casos de emergencias
- Trabajar de forma consciente y sin prisas.
- Mantener el área de trabajo organizada y limpia.
- Conocer con anterioridad las normas de seguridad que se sugieren en el procedimiento a realizar, éstas se encuentran en las guías de laboratorio, o en su defecto remítase a la norma API que corresponda.
- Siempre leer las etiquetas y las fichas de seguridad de los productos químicos antes de su utilización.
- Extreme la higiene personal, lavándose las manos antes y después de cada procedimiento.
- Al manipular las muestras debe hacerlo con guantes de seguridad y con gafas protectoras.
- Advertir y poner en conocimiento si se nota que algún equipo o material de trabajo se encuentra en malas condiciones.
- Después de realizar el trabajo correspondiente, verificar que los equipos y los instrumentos utilizados se encuentren en perfecto estado, limpios y secos.
- Dejar el sitio de trabajo limpio y seco.
- Si hay algún inconveniente en la prueba realizada, se presenta alguna situación anormal, informar al director del laboratorio o al monitor encargado.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

4 SISTEMA GLOBALMENTE ARMONIZADO DE CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS (SGA)¹

4.1 Propósito

Debido a la gran disponibilidad actual de sustancias químicas que se utilizan en todo el mundo y que ya hacen parte inherente del desarrollo industrial del hombre, se hace necesario contar con programas nacionales que garanticen la seguridad en su utilización, transporte y eliminación de los mismos. Por esto se convino tener un enfoque internacionalmente armonizado de clasificación y etiquetado, para establecer con carácter general una forma de controlar la exposición a esos productos y proteger a las personas y el medio ambiente.

4.2 Objetivos

- Mejorar la protección de la salud humana y del medio ambiente al facilitar un sistema de comunicación de peligros inteligible en el plano internacional.
- Proporcionar un marco reconocido a los países que carecen de sistema.
- Reducir la necesidad de efectuar ensayos y evaluaciones de los productos químicos.
- Facilitar el comercio internacional de los productos químicos cuyos peligros se hayan evaluado e identificado debidamente a nivel internacional.

4.3 Clasificación de sustancias y mezclas peligrosas



En la práctica, se reconoce que algunas sustancias pueden reaccionar lentamente con los gases atmosféricos, como por ejemplo, el oxígeno, el dióxido de carbono o el vapor de agua y formar sustancias diferentes o reaccionar muy lentamente con otros componentes de una mezcla para formar sustancias distintas. Se hace necesario realizar definiciones prácticas para los términos de sustancia y mezcla.

Una sustancia es un elemento químico y sus compuestos en estado natural u obtenidos mediante cualquier procedimiento, incluidos aditivos necesarios para conservar la estabilidad del producto y las impurezas que resulten del procedimiento utilizado, y excluidos los disolventes que puedan separarse sin afectar a la estabilidad de la sustancia ni modificar su composición.

Una mezcla es una disolución compuesta por dos o más sustancias que no reaccionan entre sí.

La clasificación que realiza el SGA para sustancias y mezclas peligrosas se realiza en base a la siguiente secuencia:



¹ Tomado del SGA

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

- a) Cuando se disponga de datos experimentales para la mezcla completa, la clasificación de ésta se basará siempre en esos datos;
- b) Cuando no se disponga de esos datos, habrá que aplicar principios de extrapolación que se explican en cada capítulo específico para ver si permiten clasificar la mezcla; Además, en los peligros para la salud y el medio ambiente:
- c) Cuando no haya datos de ensayos con la mezcla y la información disponible no permita aplicar el método de extrapolación antes señalado, en la clasificación de la mezcla se aplicarán el método o los métodos convenidos que se describen en cada capítulo para estimar los peligros.

Clases de peligro según el SGA:

- Explosivos
- Gases inflamables (incluidos los gases químicamente inestables)
- Aerosoles
- Gases comburentes
- Gases a presión
- Líquidos inflamables
- Sólidos inflamables
- Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente
- Líquidos pirofóricos
- Sólidos pirofóricos
- Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo
- Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables
- Líquidos comburentes
- Sólidos comburentes
- Peróxidos orgánicos
- Sustancias y mezclas corrosivas para los metales
- Toxicidad aguda por vía oral (ingestión)
- Toxicidad aguda por vía cutánea
- Toxicidad aguda por inhalación
- Corrosión/irritación cutáneas
- Lesiones oculares graves/irritación ocular
- Sensibilización respiratoria
- Sensibilización cutánea
- Mutagenicidad en células germinales
- Carcinogenicidad
- Toxicidad para la reproducción
- Toxicidad sistémica específica de órganos diana tras una exposición única
- Toxicidad sistémica específica de órganos diana tras una exposiciones repetidas
- Peligro de aspiración
- Peligro agudo para el medio ambiente acuático

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
	MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
	SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

- Peligro a largo plazo para el ambiente acuático
- Peligro para la capa de ozono

4.4 Comunicación de peligros: Etiquetado

Uno de los objetivos del SGA ha sido el de desarrollar un régimen de comunicación de peligros armonizado, con unas etiquetas, fichas de datos de seguridad y símbolos fácilmente comprensibles y basados en los criterios de clasificación establecidos para el SGA.

El sistema armonizado de comunicación de peligros comprende las herramientas apropiadas del etiquetado para transmitir información sobre cada una de las clases y categorías de peligro del SGA.

4.4.1 Procedimientos de etiquetado

Los siguientes ítems describen los pasos que se deben seguir para la preparación de etiquetas en el contexto del SGA:

- Elementos de las etiquetas:
Según cada una de las categorías de peligro se detallan los elementos de las etiquetas (símbolo, palabra de advertencia, indicación de peligro) que se han asignado a cada una de las categorías de peligro del SGA. Esas categorías reflejan los criterios de clasificación armonizados.
- Reproducción del símbolo:
Los siguientes símbolos de peligro son los signos normalizados que se aplican en el contexto del SGA:












Llama	Llama sobre círculo	Bomba explotando
		
Corrosión	Botella de gas	Calavera y tibias cruzadas
		
Signo de exclamación	Medio ambiente	Peligro para la salud
		

Figura 1. Reproducción del símbolo del SGA.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFCP-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

- Reproducción de los pictogramas de peligro: todos los pictogramas de peligro usados en el SGA deberían tener forma de rombo apoyado en un vértice, a continuación se muestran dos ejemplos:





Figura 2. Pictograma para líquidos inflamables



Figura 3. Pictograma para irritante cutáneo

- Palabras de advertencia: una palabra de advertencia sirve para indicar la mayor o menor gravedad del peligro y alertar al lector de la etiqueta sobre un posible peligro. Las palabras empleadas en el SGA son “Peligro” y “Atención”. La primera se usa generalmente para las categorías más graves de peligro, mientras que la segunda se reserva generalmente para categorías menos graves.
- Indicaciones de peligro: son frases asignadas a una clase y categoría de peligro que describen la índole de este último para el producto peligroso de que se trate, incluyendo, cuando proceda, el grado de peligro.
- Consejos de prudencia y pictogramas: un consejo de prudencia es una frase (o un pictograma o ambas cosas a la vez) que describe las medidas recomendadas que deberían tomarse para minimizar o prevenir efectos adversos causados por la exposición a un producto de riesgo, o por una manipulación o almacenamiento inapropiados de un producto peligroso.
- Identificación del producto y del proveedor: en toda etiqueta del SGA debería figurar una identificación del producto, que ha de ser la misma que la utilizada en la FDS. En la etiqueta de una sustancia debería figurar la identidad química de la misma. Además, en la etiqueta deberían figurar el nombre, dirección y número de teléfono del fabricante o proveedor de la sustancia o mezcla.
- Peligros múltiples y orden de prioridad de la información: el SGA tiene disposiciones relativas a cerca de la prioridad de la información que se aplican cuando una sustancia o mezcla presenta más de un peligro de entre los que figuran en el SGA.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

- Ubicación de los elementos en las etiquetas del SGA: los pictogramas de peligro del SGA, la palabra de advertencia y las indicaciones de peligro deberían figurar juntos en la etiqueta.
- Disposiciones especiales de etiquetado: se presentan las especificaciones sobre el etiquetado en el lugar de trabajo, etiquetado de productos de consumo con arreglo a los posibles daños que puedan causar a la salud y advertencias táctiles.

En la Figura 4 se observa un ejemplo de un embalaje/envase combinando para un producto irritante cutáneo de Categoría 2 e irritante ocular de categoría 2A

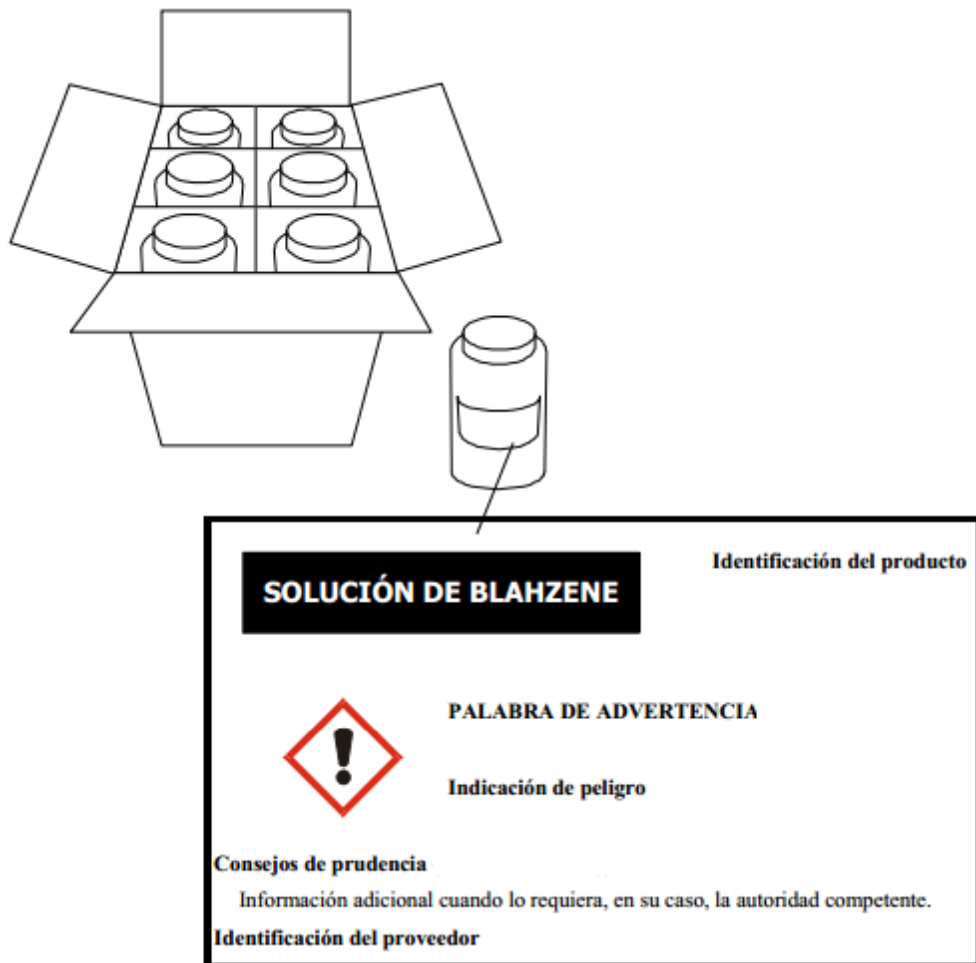




Figura 4. Ejemplo del etiquetado de un embalaje/envase

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

5 FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD (FDS)²

La FDS debe proporcionar información completa sobre una sustancia o mezcla con miras al control y reglamentación de su utilización en el lugar de trabajo. Tanto empresarios como trabajadores la utilizan como fuente de información sobre peligros, incluidos aquéllos para el medio ambiente, y sobre las medidas de seguridad correspondientes.

La FDS supone una fuente importante de información para otras audiencias a las que quiere llegar el SGA. Así algunos de sus elementos podrán ser utilizados por quienes transportan mercancías peligrosas, por los servicios de emergencia (incluidos los centros que tratan los envenenamientos), por los profesionales de los productos fitosanitarios y por los consumidores.

Las FDS están disponibles en el laboratorio, favor ver **ANEXO 5**

5.1 Formato de las FDS

La información de las FDS debería presentarse siguiendo los 16 epígrafes siguientes en el orden indicado:

1. Identificación del producto
2. Identificación del peligro o peligros
3. Composición/información sobre los componentes
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento
8. Controles de exposición/protección personal
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica
12. Información ecotoxicológica
13. Información relativa a la eliminación de productos
14. Información relativa al transporte
15. Información sobre la reglamentación
16. Otras informaciones

En la Tabla 1. Se puede observar cada uno de los ítems mencionados anteriormente y las descripciones que se deben tener en cuenta en cada uno.

² Tomado del SGA


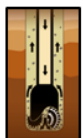




 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

Tabla 1. Información mínima que debe figurar en una FDS



1.	Identificación del producto	<ul style="list-style-type: none"> a) Identificador SGA del producto b) Otros medios de comunicación c) Uso recomendado del producto químico y restricciones de uso d) Datos de proveedor(nombre, dirección, teléfono, etc) e) Número de teléfono en caso de emergencia
2.	Identificación del peligro o peligros	<ul style="list-style-type: none"> a) Clasificación SGA de la sustancia/mezcla y cualquier información nacional o regional b) Elementos de la etiqueta SGA, incluidos los consejos de prudencia. (Los símbolos de peligro podrán presentarse en forma de reproducción gráfica en blanco y negro o mediante su descripción por escrito (por ejemplo, llama, calavera y tibias cruzadas) c) Otros peligros que no figuren en la clasificación (por ejemplo, peligro de explosión de partículas de polvo) o que no están cubiertos por el SGA
3.	Composición/información sobre los componentes Información sobre la reglamentación	<p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Identidad química b) Nombre común, sinónimos, etc c) Número CAS y otros identificadores únicos d) Impurezas y otros aditivos estabilizadores que estén a su vez clasificados y que contribuyan a la clasificación de la sustancia. <p>Mezclas</p> <p>La identidad química y la concentración o rangos de concentración de todos los componentes que sean peligrosos según los criterios del SGA y estén presentes en niveles superiores a sus valores de corte/límites de concentración.</p>
4.	Primeros auxilios	<ul style="list-style-type: none"> a) Descripción de las medidas necesarias, desglosadas con arreglo a las diferentes vías de exposición, esto es, inhalación, contacto cutáneo y ocular e ingestión b) Síntomas/efectos más importantes, agudos y retardados c) Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y tratamiento especial requerido en caso necesario
5.	Medidas de lucha contra	<ul style="list-style-type: none"> a) Medios adecuados (o no adecuados) de extinción

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

	incendios	<ul style="list-style-type: none"> b) Peligros específicos de los productos químicos (por ejemplo, naturaleza de cualesquiera productos combustibles peligrosos) c) Equipo protector especial y precauciones especiales para los equipos de lucha contra incendios
6.	Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental	<ul style="list-style-type: none"> a) Precauciones individuales, equipos de protección y procedimientos de emergencia b) Precauciones medioambientales c) Métodos y materiales de aislamiento y limpieza
7.	Manipulación y almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> a) Precauciones para una manipulación segura b) Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibilidades
8.	Controles de exposición/protección personal	<ul style="list-style-type: none"> a) Parámetros de control: límites o valores de corte de exposición ocupacional o biológicos b) Controles de ingeniería apropiados c) Medidas de protección individual, como equipos de protección personal
9.	Propiedades físicas y químicas	<ul style="list-style-type: none"> a) Apariencia (estado físico, color, etc) b) Olor c) Umbral olfativo d) pH e) Punto de fusión/punto de congelación f) Punto inicial e intervalo de ebullición g) Punto de inflamación h) Tasa de evaporación i) Inflamabilidad (sólido/gas) j) Límite superior/inferior de inflamabilidad o de posible explosión k) Presión de vapor l) Densidad de vapor m) Solubilidad(es) n) Coeficiente de reparto n-octanol/agua o) Temperatura de ignición espontánea p) Temperatura de descomposición q) Viscosidad
10.	Estabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> a) Reactividad b) Estabilidad química c) Posibilidad de reacciones peligrosas d) Condiciones que deben evitarse (por ejemplo, descarga de electricidad estática, choque o vibración) e) Materiales incompatibles

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

		f) Productos de descomposición peligrosos
11.	Información toxicológica	<p>Descripción concisa pero completa y comprensible de los diversos efectos toxicológicos para la salud y de los datos disponibles usados para identificar esos efectos, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Información sobre las vías probables de exposición (inhalación, ingestión, contacto con la piel y los ojos) b) Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas c) Efectos inmediatos y retardados y también efectos crónicos producidos por una exposición a corto y largo plazo d) Medidas numéricas de toxicidad (tales como estimaciones de toxicidad aguda)
12.	Información ecotoxicológica	<ul style="list-style-type: none"> a) Ecotoxicidad (acuática y terrestre, cuando se disponga de información) b) Persistencia y degradabilidad c) Potencial de bioacumulación d) Movilidad en suelo e) Otros efectos adversos
13.	Información relativa a la eliminación de productos	Descripción de los residuos e información sobre la manera de manipularlos sin peligro y sus métodos de eliminación, incluida la eliminación de los recipientes contaminados
14.	Información relativa al transporte	<ul style="list-style-type: none"> a) Número ONU b) Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas c) Clase(s) de peligros en el transporte d) Grupos de embalaje/envase, si se aplica e) Peligros para el medio ambiente (por ejemplo: Contaminante marino (Si/No)) f) Transporte a granel g) Precauciones especiales que ha de conocer o adoptar un usuario durante el transporte o traslado dentro o fuera de sus locales
15.	Información sobre la reglamentación	Disposiciones específicas sobre seguridad, salud y medio ambiente para el producto de que se trate
16.	Otras informaciones (incluidas las relativas a la preparación y actualización de las FDS)	

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
		MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
		SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6



6 MANEJO DE RESIDUOS EN EL LABORATORIO

En el Laboratorio de Fluidos de Perforación y Completamiento se pone en práctica la intervención de modo preventiva para la producción en exceso de residuos originados en el área de trabajo. Para esto se aconseja la utilización mesurada de los productos, procurando el uso de la cantidad necesaria para cada caso. Adicionalmente, se sugiere la utilización de la materia prima en modo de reciclado, en los procesos en los cuales se pueda actuar de la manera indicada, sin correr riesgos de afectar las mediciones.

Por otro lado el manejo de los residuos no recuperables originados en el laboratorio debe llevarse a cabo teniendo en cuenta la información que suministra la FDS, también se puede tener en cuenta la información dada por el fabricante o en caso de duda, se debe pedir consejo del profesor que dirija la práctica a desarrollar.

Los residuos se deben clasificar y depositar posteriormente en los contenedores respectivos dispuestos en el laboratorio para tal fin. Éstos contenedores deben estar correctamente etiquetados.

La Universidad Surcolombiana cuenta con la recolección de los residuos generados por el laboratorio de fluidos a cargo de la empresa SERVIAMBIENTAL S.A. E.SP. como parte de la Gestión Externa de Residuos que se realiza a nivel general en la Universidad

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	LFPC-MCBP-001
	MANUAL DE COMPORTAMIENTO Y BUENAS PRÁCTICAS	
	SEGURIDAD	Fecha: 2014-03-6

BIBLIOGRAFÍA

- SGA-2011: SISTEMA GLOBALMENTE ARMONIZADO DE CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO

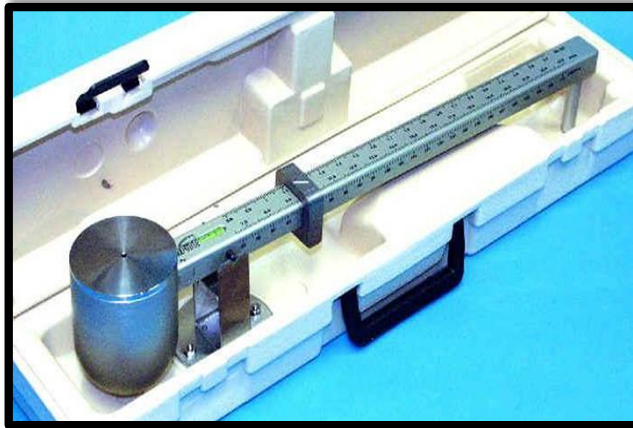


LABORATORIO DE FLUIDOS
DE PERFORACIÓN Y
COMPLETAMIENTO





1. BALANZA DE LODOS





Especificaciones

- 6,5 a 23,0 lbs / gal
- 0,79 a 2,72 peso específico
- 49 a 172 lbs/ft³
- 340 - 1190 pies psi/1000

Características

La balanza para lodos, está diseñada de tal forma que la copa de lodo del brazo graduado esta balanceado por un contrapeso fijo al otro extremo del brazo, con una escala lectora de peso deslizante, que se mueve a lo largo del brazo graduado. Para asegurar un preciso balance, se ha montado un nivel de burbuja sobre el brazo de lectura. Las balanzas de plástico y metálicas son instrumentos robustos, construidos para soportar las condiciones extremas del trabajo de campo, y se han diseñado para reducir la necesidad de recalibraciones.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 3 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

2. BATIDORA DE PEDESTAL





Especificaciones

- Marca: Oster
- Serie/Modelo equipo: 2700-012
- Velocidades: 12
- Potencia: 480 V (versión en 120V)
- Bowls: Sí

Características

1. Diseño de motor dual: un motor impulsa los batidores mientras que un motor independiente rota el tazón.
2. Batidores con diseño especial patentado que permite que el aire penetre en la mezcla para un excelente desempeño al batir.
3. Mecanismo de resorte que impulsa los batidores hacia abajo para que al rozar el tazón se logre un mezclado uniforme.
4. Control de torsión inteligente que se ajusta a la cantidad de ingredientes. Incluye un resistente tazón de acero inoxidable con 4 litros de capacidad.
5. Velocidad inicial baja para evitar salpicados. Control de rotación de 12 velocidades para una mezcla perfecta.
6. Consumo de energía (Wh/Día): 4.515 / Consumo de energía en espera (Wh/Día): 0.77

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 4 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

3. CALEFACTOR MÚLTIPLE DE SOBREMESA PARA EXTRACCIÓN



Especificaciones



- Marca: Schott
- Serie/Modelo equipo: Ref S2E 223100424001 / Serial 275
- VAC 110 – 570V

Características

1. Interruptor Switch de seguridad en la puerta de acceso al soplador de la unidad. (Si el Calefactor está funcionando y este panel (puerta) es retirado, puede dar lugar a que humos del MONÓXIDO de CARBONO (CO) sean recirculados e ingresen al conducto de inyección).
2. Si el conducto de ventilación de los gases de combustión se restringe o si el motor extracción de gases no funciona, un Interruptor de Presión interrumpe el suministro de gas al quemador.
3. El Interruptor de Límite de Cámara previene temperaturas excesivas del cambiador de calor.

Funcionamiento



1. El Termostato de ambiente llama a Calefacción.
 2. El Ventilador de Extracción de Gases es energizado.
 3. Si todos los circuitos de Protección están en posición normal, se energiza el sistema de Ignición.
 4. El dispositivo electrónico de la ignición enciende los quemadores.
 5. El sensor de la llama detecta la presencia de la llama y los quemadores principales permiten seguir encendido.
 6. El ventilador que circulación de aire de inyección se energiza con un retardo predeterminado (aproximadamente 30 s).
- Después que la demanda de calefacción a sido satisfecha, el termostato apagará la unidad, de la manera siguiente:
- a) El Quemador se apaga
 - b) Se desenergiza el Motor Extracción de Gases de combustión

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 5 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

c) El ventilador de circulación de aire se desenergizará con una demora de seleccionable en el campo.

Observaciones:

1. Si el Calefactor es instalado en áreas cerradas, con presencia de Monóxido de Carbono, esta área deberá ser adecuadamente ventilada para prevenir accidentes graves por envenenamiento. Los conductos de circulación de aire deberán estar perfectamente sellados para prevenir que productos de la combustión puedan ingresar al área habitada.
2. No almacene combustibles u otros vapores y líquidos inflamables cerca del área de la unidad.
3. Antes de realizar cualquier tipo de Mantenimiento y Servicio recuerde Desenergizar el Calefactor.
4. No utilice el calefactor si el mismo tenga alguna parte húmeda (mojada). Llame inmediatamente al servicio técnico calificado para examinarlo y reemplazar cualquier parte del sistema de control y de gas.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 6 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

4. EQUIPO PARA CONTENIDO DE LÍQUIDOS Y SÓLIDOS –RETORTA



Especificaciones



- Marca: Ofite
- Serie/Modelo equipo: Part No. 165-00 Serial No. 85-30 // Part No. 165-0 Serial No. 86-62
- Serie/Modelo universidad: Ref- 165-00 22310092001 S/N 2530-8662 // Ref: 165-00 S/N 2630-8662
- 115 V / 350W
- 10 ml con SS Case
- Tamaño: 7.5 x 6.5 x 11.5 pulg. (19.1 x 16.5 x 29.2 cm)
- Peso: 12 lbs 5 oz (5.6 kg)

Características

Las retortas OFITE están disponibles con 50 ml, 20 ml o cámaras desmontables de 10 ml. Para mayor precisión, OFITE proporciona las retortas de 50 y 20 ml con controladores digitales de temperatura por lo que las temperaturas de la prueba se pueden establecer con precisión por el operador y para reducir al mínimo el peligro de sobrecalentamiento. Se enciende una luz indicadora cuando la prueba se abre y se apaga cuando está terminada. La cámara, calefactor, el cable adaptador, la cristalería y los accesorios están incluidos en un estuche de acero inoxidable.

El equipamiento del kit de retorta consiste en:



1. Recipiente para muestra: Capacidad 10 ml
2. Condensador: De masa suficiente para enfriar los vapores de agua e hidrocarburo por debajo de su temperatura de vaporización, previo a que abandonen la cámara de condensación.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 7 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

3. Elemento de Calentamiento: Potencia en Watt suficiente para producir una elevación de temperatura de la muestra por arriba de sus puntos de vaporización, dentro de especificaciones API, sin producir la fusión y volatilización de los sólidos.
4. Termostato: Capacidad limitante de la temperatura de la retorta hasta 930 + 70°F (500 + 20°C). Las retortas OFITE están calibradas para calentar una muestra entre 930 - 1000°F, según especificaciones API. Cualquier ajuste manual realizado sobre el termostato será peligroso y anulará la garantía de fábrica.
5. Receptáculo para líquido: Probeta graduada, transparente e inerte al hidrocarburo, agua y a temperaturas de hasta 90°F (32°C).
6. Lana de acero fina: N° 000 Lana de Acero. Nota: No se recomienda el uso de Lana de Acero Líquida.
7. Grasa: Never-Seez®. Se usa para la rosca del receptáculo y como lubricante a altas temperaturas.
8. Limpiadores de cañería: Para limpieza de la cámara de la retorta y el pasaje del condensador.
9. Espátula: Diseñada para entrar completamente dentro de las dimensiones del receptáculo de muestra

Observaciones

1. Limpie y seque la cámara de la retorta y el condensador, especialmente dentro del receptáculo de la muestra de lodo, tapa y del pasaje del condensador (tubo de descarga). Limpie la rosca del receptáculo de muestra con un cepillo de alambre. Use una espátula, la punta de un sacacorchos o una navaja para disgregar los sólidos dentro del receptáculo de muestra. Debería usarse un limpiador de tubería o una herramienta rígida para perforar y sacar cualquier residuo fuera del tubo de descarga.
2. El ensamble completo debería enfriarse a menos de 100°F (37.8°C) después de cada uso.
3. Las roscas en la retorta deberían inspeccionarse visualmente antes de cada uso, para determinar signos de daño.
4. La lana de acero debería cambiarse luego de cada ensayo, para prevenir el depósito de sólidos.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 8 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

5. AGITADOR MAGNÉTICO


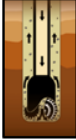


Especificaciones

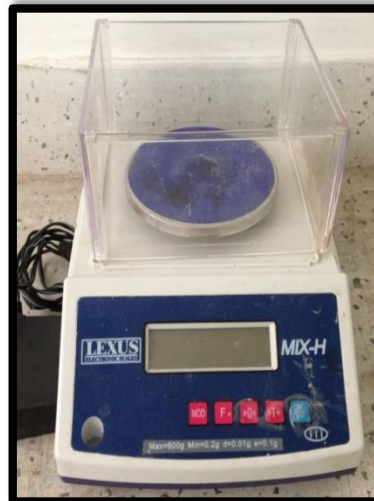
- Marca: Glassco
- Serie/Modelo equipo: Serial No. 1765/7
- Serie/Modelo universidad: 219900027002
- Temperatura 0-250°C
- Rango de agitación 0-1500 RPM
- Plataforma en acero inoxidable de 16 X 16 cm
- Voltaje 220 v / 50 Hz

Características

1. Equipo de agitación de líquidos alternado con controladores análogos de perillas para ajuste de temperatura y velocidad de agitación. PLACA DE ACERO INOXIDABLE.
2. Instrumento utilizado para mezclar soluciones desde agua hasta glicerina viscosa al 50% junto con una barra magnética en pequeños recipientes abiertos o cerrados.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 9 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

6. BALANZA LEXUS MODELO MIX


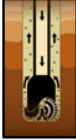


Especificaciones

- Marca: Lexus
- Serie/Modelo equipo: Mix - S/N YS 113252
- 110 VAC / 60 Hz
- 0-40°C
- Humedad <85%
- Cap máx: 600g - Min:0,2 g
- d: 0,01 g / e: 0,1 g

Características

1. Función de conteo.
2. Función para restar recipiente.
3. Display LCD.
4. Plato de 11.5cm de diámetro en acero inoxidable.
5. Capacidad máxima de 300 g x 00.1.
6. Fácil configuración por medio del teclado.
7. Batería recargable.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 10 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

7. CALENTADOR MAGNÉTICO CON PLATO DE CALENTAMIENTO





Especificaciones

- Marca: Ikamag
- Serie/Modelo equipo: TYP- TCT 519
- Serie/Modelo universidad: 21990017001 - Ikamag RCT No. 717230
- 50/60H
- I – 630 W
- 0.11001/min

Características

1. Microprocesador, mantiene los ajustes de temperatura consistentes y repetibles de 5°C (si la temperatura ambiente es de 0°C o menos) hasta 550°C.
2. Indicador de temperatura LED Digital, ajustable en incrementos de 5°C. Parpadea hasta que se alcanza la temperatura establecida.
3. Controlador de temperatura externa opcional.
4. De circuito cerrado Exclusivo. Regula la velocidad de agitación 60 a 1150 RPM para soluciones acuosas, viscosas o semisólidas.
5. Imán, más fuerte, más grande que mejora el acoplamiento de la barra de agitación combinada con la rampa automática hasta ajustar a un mínimo el desacoplamiento.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 11 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

8. TERMOCUPLA





Especificaciones

- Marca: NL Baroid
- Serie/Modelo equipo: P/N 25120 - S/N 90043829
- Serie/Modelo universidad: 22310088001 - Calentador de laboratorio para la copa térmica BAROID 25120 No. 90043829
- 50/60 Hz
- 115 V – 100 W
- Tamaño: 4.0 x 2.75 x 3.75 pulg. (10.2 x 7.0 x 9.5 cm)
- Peso : 2 lbs 11 oz (12 kg)

Características

Las termocopas o copas térmicas están diseñadas para controlar la temperatura de una muestra de lodo mientras se están realizando las lecturas con un reómetro o viscosímetro. El tiempo normal de calentamiento es de 15 minutos y la luz piloto se enciende cuando el recipiente de la copa ha alcanzado la temperatura prevista. Los fluidos de perforación tienen una baja conductividad térmica, por lo que deberán ser agitados para alcanzar una temperatura uniforme dentro de un lapso razonable de tiempo. Por cuestiones de seguridad, el fluido nunca debería calentarse por arriba de 200°F (93°C). El rotor o camisa rotativa y el cuerpo fijo (bob) no deberían ser sumergidos por largos períodos de tiempo en el fluido, ya que los vapores podrían llegar a introducirse en los cojinetes y condensarse, causando corrosión.

1. Elemento de Calentamiento, 115 Volt, 150 Watt
2. Luz Piloto, roja
3. Termostato, 50-300°F
4. Cubierta del Termostato
5. Set de Tornillos Allen
6. Termómetro, metálico, 5", 0-220°F
7. Perilla de Temperatura
8. Cable de Potencia, con ficha macho, 8 ft, 115 Volt.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 12 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

Funcionamiento

1. Enchufe el cable en una salida de voltaje apropiada (115 o 230 volt AC), y coloque el termómetro de vástago en el hueco que se encuentra en la camisa de calentamiento.
2. Gire el termostato en dirección a las agujas del reloj, a aproximadamente $\frac{3}{4}$ del rango total. Esto será, aproximadamente 100°F (38°F), y permitirá que el fluido se caliente durante 15 minutos. La luz piloto se iluminará cuando el recipiente de la copa alcance la temperatura establecida.
3. Luego que la copa térmica ha sido precalentada, coloque el fluido dentro de la misma. Agite el fluido frecuentemente, y también controle la temperatura del fluido con el termómetro.
4. Cuando el fluido se acerque a la temperatura deseada para el ensayo, gire el termostato $\frac{1}{4}$ de vuelta en contra de las agujas del reloj, para evitar sobrecalentamiento.
5. Coloque el ensamble de la copa sobre la base del viscosímetro. Eleve la base del instrumento a una altura apropiada para que la línea de la marca en la camisa del rotor coincida con el nivel de líquido. 6. Controle la temperatura y registre las lecturas en el dial del viscosímetro. Si el rotor y el cuerpo fijo (bob) del instrumento se han enfriado, será necesario un ajuste de la temperatura.

Observaciones

1. Nunca caliente el fluido por arriba de 200°F (93°C).



9. FILTROPRENSA



Especificaciones

- Marca: NL Baroid
- Serie/Modelo universidad: 22310093001 / Unidad de Equipo de Control de Perdida
- **Baja presión**



Características

1. El diseño de la filtroprensa de baja presión cuenta con una celda para mantener la muestra de lodo, una entrada de presión, y una tapa base con filtro y papel de filtro.
2. Las unidades portátiles son abastecidas con diversos conjuntos de presurización y colectores y se basan principalmente en las bombillas de dióxido de carbono y gas de nitrógeno para proporcionar presión. El Instituto Americano del Petróleo (API) recomienda una presión estándar de 100 ± 1.0 psi que se puede aplicar ($690 \pm 6,9$ kPa) dentro de los 30 segundos en una prueba de 30 minutos.



Especificaciones



- Marca: NL Baroid
- Serie/Modelo equipo: P/N 38700

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 14 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

- Serie/Modelo universidad: 23180005001
- 50/60 Hz
- 115 VAC – 400 W
- **Alta temperatura/Alta presión (HT/HP)**

Características

Cuando se requieren mediciones de alta presión y alta temperatura de filtración, se recomiendan las filtro-prensas HT/HP específicamente diseñadas para simular las condiciones de fondo de pozo. Las temperaturas de prueba para todos los modelos pueden exceder los 200°F (93°C), utilizando un receptor de contrapresión para recoger el filtrado. Los componentes de las filtro-prensas son totalmente intercambiables. Tres tamaños diferentes están disponibles para adaptarse a diferentes necesidades y preferencias. Todas las unidades HT/HP pueden pedirse con 115 voltios o para los requisitos de energía de 230 voltios.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 15 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

10. PHMETRO





Especificaciones

- Marca: Schott Handylab
- Serie/Modelo equipo: 09030060 / pH 11
- Serie/Modelo universidad: 28520298 / pH 11



Características

1. Medidor Portátil
2. Rango de Medición pH: -2,000...19,999 pH
3. Exactitud: +0.005 pH / $\pm 0,01$ pH
4. Resolución (pH): 0,001
5. Rango de Medición mV: -1.999 mV...1.999 mV
6. Resolución: 0,1 mV
7. Exactitud (± 1 dígito): 0,1 mV
8. Rango de Temperatura: -5,0°C...105,0°C
9. Resolución: 0,1 K
10. Exactitud (con sonda NTC 30): $\pm 0,1$ K • Calibración: 1, 2 y 3 puntos con soluciones DIN(1,68/ 4,01/ 9,18) y TECNICAS (2,00/ 4,00/ 7,00/ 10,01)
11. Visualización gráfica del estado real electrodo
12. Indicación de la estabilidad de la medición
13. Conexión para electrodo: DIN 19262
14. Conexión sensor de Temperatura: NTC 30/ Pt 1000, 2 x 4 mm
15. Operación x batería: 4 x 1.5 V
16. Tiempo de operación batería: Aprox. 5.000 h
17. Apagado automático: Durante operación de la batería, después de 60 min.
18. Condiciones ambientales de operación: -10...55°C, Humedad relativa:<90 %
19. Dimensiones: 172 x 80 x 37 mm (alto x ancho x prof.)
20. Peso: Aprox. 0,3 Kg
21. Display: Multifuncional LCD 60 x 45 mm
22. Clase de protección: 3, EN 61010-1 A2

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 16 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

23. Tipo de protección: IP 66, EN 60529

El versátil pHmetro HandyLab, pH 11, está equipado con los parámetros de medición de pH, mV y °C. Siendo totalmente automático de uno a tres puntos de calibración ya están programados en el medidor de conformidad con DIN o a la técnica buffer y por lo tanto mejora las condiciones prácticas de trabajo. Estos medidores de bolsillo en prueba de choques, cubiertas impermeables son ideales para el trabajo de campo.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 17 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

11. VISCOSÍMETRO (FANN INSTRUMENT COMPANY)





Especificaciones

- Marca: NL Baroid/NL Industries
- Serie/Modelo equipo:
 - Modelo 35A / Part No. 30164 - S/N A5478
 - Modelo 35A / Part No. 30164 - S/N A5474
 - Modelo 35ª / P/N 207200 - S/N 10104215
- Serie/Modelo universidad:
 - 22310098001 - Reómetro FANN (6 velocidades) No. 5476
 - 22310095001 - Ref: 13060 - Modelo 35 A - 6 velocidades (600-300-200-100-6-3) RPM con copa metálica sin caja protectora
 - 223100369001 - Serie 35ª - Modelo SRIA GR10104215
- 60 Hz
- 115 VAC
- 90 W

Características

1. El viscosímetro FANN ® modelo 35 es un instrumento de lectura directa que está disponible en 6 y 12 velocidades diseñado para su uso en 50 o 60 Hz de energía eléctrica. La fuente de alimentación estándar es de 115 voltios, pero todos los modelos pueden estar equipados con un transformador que haga la operación con 220/230 voltios, posible.
2. La gama de velocidades de corte puede cambiar seleccionando la velocidad del rotor y el uso de diversas combinaciones rotores–bob. Una variedad de resortes de torsión están disponibles y diseñados para un fácil intercambio con el fin de ampliar la gama de esfuerzo de corte y permitir la medición de la viscosidad en una amplia variedad de fluidos.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 18 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

Observaciones



1. El funcionamiento seguro del FANN Modelo 35, requiere que el técnico de laboratorio esté familiarizado con los procedimientos de operación adecuados y los peligros potenciales asociados con el instrumento.
2. Este instrumento es impulsado por 115 voltios o una corriente eléctrica de 230 voltios. Mantenga las manos, la ropa y otros objetos lejos de las piezas giratorias de la máquina. Las tazas de la muestra con calefacción opcionales y copas de muestra de recirculación son calentadas eléctricamente. Cerciórese de que el cable de alimentación y el resto del cableado asociado con estas tazas estén buen estado.
3. Asegúrese de que el viscosímetro esté apagado y desenchufado de la fuente antes de limpiarlo o de otro tipo de reparación o mantenimiento. No permita que la base del viscosímetro se moje. Si las muestras se han derramado o salpicado, limpie con un paño húmedo. No permita que entre agua en la base, el agua excesiva puede causar daño a los componentes eléctricos.
4. Se deben tomar precauciones cuando se prueban muestras calentadas usando las tazas de la muestra con calefacción para evitar posibles quemaduras de la muestra caliente derramada, o al tocar la copa de muestra caliente.
Cuando se utilizan recipientes para muestras calentadas, no exceda los 200°F

Extracción del rotor y reemplazo

El rotor se puede quitar de su zócalo girando en sentido antihorario, visto desde arriba, mientras tira suavemente hacia abajo. El rotor puede ser reemplazado mediante la alineación de la ranura del rotor con el pasador de bloqueo en el zócalo del eje principal. Empuje el rotor hacia arriba y encaje en su posición, girando en sentido horario.

Calibración

Periódicamente el viscosímetro debe comprobar que la calibración sea adecuada y si se encuentra un error se debe calibrar o reparar.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 19 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

12. EMBUDO MARSH- OFI





Especificaciones

- Marca: OFI
- Tamaño: 6.5 x 6.25 x 14.5 pulg. (16.5 x 15.9 x 36.8 cm)
- Peso: 12 oz (340.2 g)

Características

1. La viscosidad y la resistencia de gel son medidas que están relacionadas a las propiedades de flujo de los fluidos.
2. El viscosímetro de embudo Marsh se ha usado por muchos años para obtener una indicación de la viscosidad relativa de los fluidos de perforación. Este viscosímetro está calibrado para descargar un flujo de 946ml de agua dulce a una temperatura de 70 +/- 5°F (21 +/- 3°C) en 26 +/- 0.5 segundos.
3. El embudo Marsh de OFITE está moldeado en plástico durable, el cual resiste condiciones extremas de campo. Su orificio de bronce asegura lecturas consistentes.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 20 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

13. MEDIDOR DE ESTABILIDAD ELÉCTRICA



Especificaciones

Medidor



- Marca: Fann Instrument Company
- Serie/Modelo equipo: Serial No. 13222 / Modelo 23D
- Forma de onda Sinusoidal, <5% de distorsión armónica total
Frecuencia AC: 340Hz
- Tasa progresiva : 150 V/S
- 2000 Vmáx

Electrodo

- Contenedor Material resistente a los componentes del lodo oleoso hasta 220°F (105°C)
- Material Metal anticorrosivo
- Diámetro 0.125 +/- 0.001 pulg (3.18 +/- 0.03 mm)
- Espaciado (gap) 0.061 +/- 0.001 pulg (1.55 +/- 0.03 mm) a 72°F (22°C)

Características

1. El Medidor de Estabilidad Eléctrica (ES) es un instrumento de onda sinusoidal fabricado de acuerdo a la "Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Oil-Based Drilling Fluids", 13B-2 del American Petroleum Institute (API). Este aparato es preciso, compacto y portátil y se usa rutinariamente en el campo y en el laboratorio para medir la resistencia eléctrica relativa de los fluidos de perforación que tienen una fase oleosa continua. El instrumento posee un medidor y una sonda y se opera con cuatro baterías alcalinas de 9 volt, las cuales son fáciles de conseguir. Se incluye un sistema estándar de calibración de alta y baja con cada unidad, para asegurar su exactitud. El voltaje dieléctrico de ruptura es el punto en el cual el fluido de perforación se torna eléctricamente conductivo. La fuente de poder DC (corriente continua) de las baterías provee a los electrodos un voltaje de corriente alterna de baja frecuencia. La unidad provee una tasa constante e incremental de voltaje hasta que la emulsión se torna eléctricamente conductiva. La corriente de 61 micro amps (61 μ A) que fluye a través de los electrodos hará que el display pare y la lectura se mantenga constante mientras se tenga presionado el interruptor. La lectura se denomina estabilidad eléctrica, estabilidad de

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 21 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

emulsión o valor ES del fluido.

2. La composición química y la historia tensional del fluido de perforación controla la magnitud absoluta de la ES en una forma compleja. Por esta razón, no es recomendable la interpretación del estado oleo-humectante de un lodo, a partir de una simple medida de su ES.

3. Sólo las tendencias en ES deberían ser usadas para tomar decisiones sobre el tratamiento de los lodos.

Observaciones

1. Componentes:

Sonda con Cable
Calibración Standard, Alta/Baja
Batería, 9 volt Alcalina, para Modelo ESM-30A

2. Ensayo de calibración:

1. Inspeccione la sonda electrodo y el cable para evidenciar algún daño. Asegúrese que el espacio entre las dos terminales del electrodo esté libre de depósitos, y que el conector al instrumento este libre y seco.


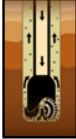
2. Desconecte la sonda electrodo del medidor y presione el botón para correr un ensayo de voltaje incremental. Si el medidor trabaja apropiadamente, la lectura ES debería alcanzar el máximo voltaje permisible para el instrumento.

3. Obtenga el estándar de calibración de alta y conéctelo dentro del mismo receptáculo usado para el electrodo. Corra el ensayo de voltaje incremental y anote la lectura del valor ES. Este número debería estar entre +/- 2% del valor marcado en el Standard de Calibración de Alta.

Repita este procedimiento usando el Standard de Calibración de Baja y, nuevamente, los valores entre uno y otro deberían estar dentro de un rango de +/- 2%. Si la lectura del instrumento cae dentro de estos límites aceptables, el medidor está trabajando correctamente.

4. Reconecte el electrodo al medidor y repita el ensayo de voltaje progresivo usando agua corriente. La lectura ES no debería exceder los 6 volts. Si la lectura excede 6 volts, limpie nuevamente la sonda electrodo usando un solvente adecuado (isopropanol, etc.) y chequee cuidadosamente el conector eléctrico para verificar daños o desgastes. Si la unidad aún no funciona adecuadamente, podría reemplazarse el electrodo-cable.

Nota: Estos procedimientos no chequean la forma de onda, la frecuencia AC o la tasa progresiva de voltaje. El medidor ES deberá ser chequeado periódicamente por un técnico calificado, para asegurarse que todas las unidades se enmarquen dentro de las especificaciones.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 22 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

14. BALANZA GRAMERA





Especificaciones

- Marca: HOPEX
- Serie/Modelo universidad: 223700101002 / Balanza Gramera (1000 g)
- Serie/Modelo universidad: 223700101003 / Balanza Gramera (1000 g)

Características

1. Balanza Gramera electrónica, display LCD, plato de 14 x 14 cm. en vidrio, tara, cero unidades de peso gramos, onzas y Lb. Operación con 1 pilas 9 V (cuadrada) capacidad: 5000g x 1g

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 23 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

15. PIPETEADOR





Especificaciones

- Marca: BRAND / Macro - No. 800005
- Peso: 106 g

Características

1. Para todas las pipetas calibradas y graduadas desde 0,1 a 100 ml.
2. El pipeteador macro es esterilizable en autoclavable.
3. La organización práctica de las funciones y el peso reducido facilitan el trabajo y garantizan una seguridad máxima durante el pipeteo en serie.
3. El filtro de membrana hidrófobo protege el instrumento contra la penetración de líquido. Aspira 50 ml de una sola vez en tan sólo 12 segundos.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 24 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

16. TERMÓMETRO



Especificaciones

- Marca: BRAND
- No. 800005
- 200°C / 240°C
- 1 st/pc

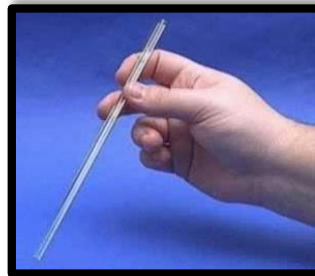
Características

1. La alta duración de estos instrumentos de calidad se obtiene de su característica de construcción "de una sola pieza". El colorante marrón por difusión utilizado en la mayoría de los instrumentos, es parte integrante de la superficie del vidrio y por lo tanto especialmente resistente frente a ataques químicos y mecánicos.

Nota: Para temperaturas superiores a 150 °C, antes de introducir el termómetro en el líquido, el mismo debe ser precalentado hasta aproximadamente la temperatura de medición.



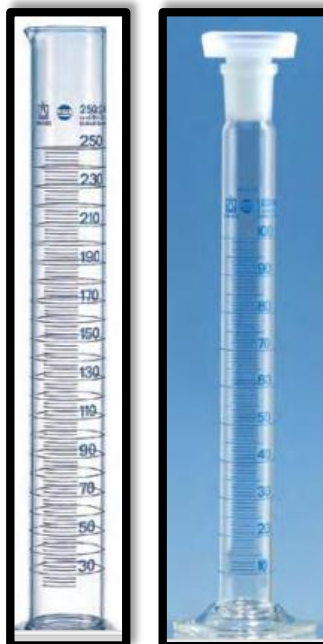
17. AGITADOR-VARILLA



Características

1. El agitador es un instrumento de laboratorio, el cual consiste en una varilla normalmente de vidrio, se usa en el laboratorio para mezclar o revolver algunas sustancias químicas.
2. Otra aplicación consiste en introducir sustancias líquidas de alta reacción por medio de escurrimiento y evitar accidentes. Su uso esta destinado para los líquidos de baja densidad y sólidos de baja densidad.

PROBETAS



Marca: BRAND, BRIXCO, ABC, SCHOTT DURAN, DURAN 50, LMS Germany.

Características

1. Las probetas graduadas, clase A y B, son aparatos volumétricos ajustados por contenido 'In' o sea, indican el volumen contenido de forma exacta.



Manejo:

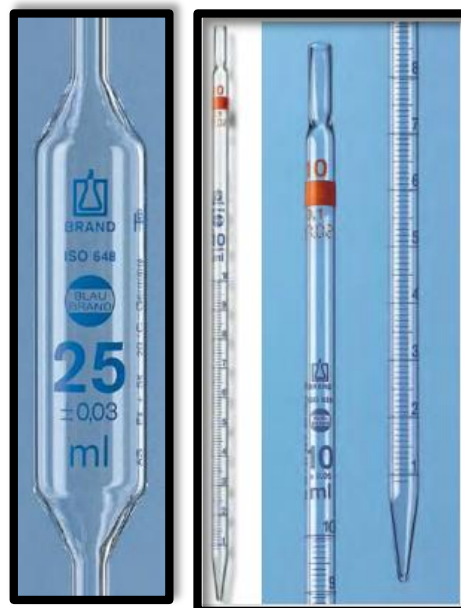
Llenar con líquido.

Ajustar el menisco al aforo deseado (¡realizar la lectura a la altura de los ojos!).

No se debe mojar la pared de vidrio por encima del aforo.

El volumen leído corresponde a la cantidad de líquido contenida.

PIPETAS



Marca: BRAND, BRIXCO.

Características


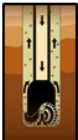
1. Las pipetas son aparatos volumétricos normalmente ajustados por vertido 'Ex' para la medición de volumen del líquido. Estas son medidas volumétricamente en el proceso de fabricación de forma individual y se les aplica una o varias marcas de medición.

Se distinguen generalmente los siguientes tipos de pipetas: pipetas aforadas y pipetas graduadas (ajustadas por vertido 'Ex'), así como pipetas capilares hasta 200 μ l (ajustadas por contenido 'In').

Llenado

1. Llenar la pipeta utilizando un auxiliar de pipeteado, hasta sobrepasar la marca del volumen deseado aprox. 5 ml.
2. Limpiar el exterior de la punta de la pipeta con un paño de celulosa.
3. Ajustar el menisco.
4. Quitar la gota restante en la punta.

Vaciado

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 27 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

5. Mantener la pipeta en posición vertical, colocar la punta de la pipeta contra la pared interna de un recipiente de recogida que se mantiene inclinado y dejar salir el contenido. ¡No apartar la punta de la pipeta de la pared!

6. Tan pronto como el menisco permanezca quieto en la punta, empieza el tiempo de espera de 5 s (solamente en pipetas, clase AS).

7. Una vez transcurrido el tiempo de espera, llevar la punta de la pipeta aprox. 10 mm hacia arriba contra la pared del recipiente y desprender la gota. Al hacerlo, se verterá un poco más de líquido residual.

MATRAZ



Marca: BRIXCO, SCHOTT DURAN.



Características

1. Los matraces aforados, clase A y B, son aparatos volumétricos ajustados por contenido 'In', empleados principalmente para preparar soluciones exactas, como por ej. soluciones patrón y estándar, y diluciones.

2. Los nuevos métodos de análisis exigen matraces aforados de pequeño volumen. Los matraces aforados con forma estándar de esta gama de volumen (hasta aprox. 50 ml) se vuelcan fácilmente debido a la posición desfavorable del centro de gravedad y a su relativamente pequeña superficie de apoyo. Los matraces aforados con forma trapezoidal proporcionan una estabilidad mucho mayor. El centro de gravedad está más bajo y la superficie de la base tiene más del doble de tamaño que en los matraces aforados con forma estándar del mismo volumen.

Uso de un matraz aforado para la preparación de una solución patrón:

1. Pasar al matraz aforado la cantidad exactamente pesada de sustancia o un concentrado líquido estándar.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO		LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
		ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 28 de 30
		EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

2. Llenar el matraz con agua destilada hasta la mitad aproximadamente y agitar el matraz para facilitar la disolución o bien el mezclado.

Adicionar agua destilada hasta llegar casi al aforo.

4. Llenar el resto del volumen utilizando un frasco lavador (o una pipeta) hasta que el menisco se ajuste exactamente a la altura de la marca. Importante: ¡la lectura tiene que efectuarse a la altura de los ojos! La pared de vidrio por encima del aforo no debe mojarse.

5. A continuación, tapar el matraz y agitarlo invirtiéndolo varias veces para facilitar el mezclado.



LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 29 de 30
EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

PICNÓMETRO



Marca: LMS, GLASSCO.

Características

1. Los picnómetros sirven principalmente para determinar la densidad de líquidos de una viscosidad moderada. No se cuentan entre los aparatos volumétricos, no obstante, su ajuste es tipo 'In', como p.ej. el de los matraces aforados.

Manejo



1. Determinar el peso del picnómetro seco sin carga.
2. Llenar el picnómetro con líquido de ensayo sin formación de burbujas. Debe llenarse el cuello esmerilado hasta un tercio aproximadamente.
3. Ajustar la temperatura del picnómetro y del líquido en un baño maría a 20 °C.
4. Ajustar el tapón o bien el termómetro del picnómetro sobre el cuerpo de acuerdo con la marca e introducirlo cuidadosamente. Al hacerlo, el tubo del capilar se llena y el líquido desplazado se desborda.
5. Limpiar y secar cuidadosamente con un paño de celulosa la superficie del tapón o bien del capilar lateral, así como la superficie exterior del picnómetro.

ATENCIÓN: no se debe extraer con el paño líquido del capilar. Debe coincidir exactamente con la altura del borde superior del capilar.

6. Determinar el peso del picnómetro con carga.

NOTA: Cada uno de los picnómetros ajustados tiene un número de aparato, el cual está indicado también en todos los componentes.

Sólo pueden utilizarse juntos componentes con el mismo número.

 LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO 	LABORATORIO DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y COMPLETAMIENTO	Código: ECE 001
	ESPECIFICACIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS	Página 30 de 30
	EQUIPOS	Fecha: 2014-03-06

BIBLIOGRAFÍA

Las especificaciones y características de los equipos presentada en este documento, es una recopilación de la información brindada por los fabricantes de los equipos presentes en el laboratorio, a continuación la dirección web donde ésta se encuentra disponible:

- <http://www.ripley.com.pe/webapp/wcs/stores/servlet/producto-TVripley-10051-ESP-2019060050007-ELECTRODOMESTICOS-ELECTROHOGAR>
- <http://www.oster.com.mx/ProductDetail.aspx?cid=1889&pid=4154>
- <http://www.goodmanmfg.com/portals/0/pdf/intl/um-gmp-s.pdf>
- <http://www.ofite.com/products/sp/sp-165-00.htm>
- <http://www.ofite.com/products/sp/sp-Retorts.htm>
- <http://es.scribd.com/doc/112392867/Kit-de-Retorta>
- <http://www.seiteltda.com/agitadores/agitador2-3.html>
- <http://www.spos.co/catalogos/CATALOGO%20BALANZAS.pdf>
- <http://www.nacionaldebasculas.com/balanza-de-precision-marca-lexus-modelo-mix/>
- <http://www.directindustry.es/prod/corning-life-sciences/agitadores-magneticos-digitales-laboratorio-placa-calefactora-98133-976705.html>
- http://tiendaonline.linlabrioja.com/info5999_lang_es.htm?UID=550052cad172000000000000&ofs=21
- <http://www.expotechusa.com/Catalogs/OFITE/Instructions/Spanish/130-38-1.pdf>
- <http://www.ofite.com/products/sp/sp-Filter-Presses.htm>
- <http://es.scribd.com/doc/69199122/BAROID-ENSAYOS>
- http://www.ecokitelectronics.com/index.php?view=article&catid=72:investigacionydesarrollo&id=193:phmetroschott&option=com_content&Itemid=151
- http://www.esquali.com.co/index.php?page=shop.product_details&flypage=0&product_id=92&category_id=0&vmcchk=1&option=com_virtuemart&Itemid=61
- <http://www.expotechusa.com/manuals/fann/35496.pdf>
- <http://www.ofite.com/products/sp/sp-110-10.htm>
- <http://www.expotechusa.com/catalogs/ofite/instructions/Spanish/131-50.PDF>
- <http://www.alamaula.com.co/bogota/otras-ventas/se-vende-gramera-digital-nueva-marca-hopex/6313605>
- <http://www.ictsl.net/productos/instrumental/0000009f3a1322680.html>
- <http://www.brand.de/es/productos/medicion-de-tempertura-y-densidad/termometros/>
- <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2012/06/agitador.html>
- http://www.brand.de/fileadmin/user/pdf/Information_Vol/Brochuere_Volumenmessung_ES_1110.pdf