

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	1/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Manual de Prácticas del Laboratorio de Ingeniería de Perforación de Pozos.

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
Ing. José Francisco Gómez Martínez. Quím. Rosa de Jesús Hernández Álvarez. Ing. Rubén Miranda Arias. Ing. Israel Castro Herrera.	Ing. Israel Castro Herrera. Quím. Rosa de Jesús Hernández Álvarez. Ing. Rubén Miranda Arias. Ing. José Francisco Gómez Martínez.	Dr. Enrique Alejandro González Torres	2 de febrero de 2018

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	2/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

--	--	--	--

Índice de Prácticas

	Página
Prólogo	3
Introducción	4
Objetivo del manual	4
Pruebas de laboratorio	6
Introducción a las normas API relacionadas con el Servicio a Pozo en el Área de Cementaciones	6
Normas Empleadas en el Servicio de Cementación de Pozos	7
Práctica 1 Preparación de una Lechada de Cemento	8
Práctica 2 Densidad de una Lechada de Cemento	16
Práctica 3 Requerimiento de Agua Normal y Mínima en una Lechada de Cemento	25
Práctica 4 Estabilidad de una Lechada de Cemento	33
Práctica 5 Efecto de Agua Libre en una Lechada de Cemento	39
Práctica 6 Comportamiento Geológico de una Lechada de Cemento	46

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	3/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7	Pérdida de Fluido por Filtrado Excesivo en una Lechada de Cemento	57
Práctica 8	Esfuerzo compresivo de una Lechada de Cemento	66
Práctica 9	Tiempo Bombeable de una Lechada de Cemento	75

Prólogo

En la actualidad algunos de los pozos más difíciles de ser perforados por nuestra industria se encuentran en zonas de aguas profundas en el Golfo de México, muchos de estos pozos se encuentran en profundidades de agua de 8,000 pies o más, sin embargo la vecindad de estos pozos con respecto a los someros nos son de gran ayuda para el conocimiento de la vecindad litológica, estructuras, así como el desarrollo con lo que estaremos trabajando para darnos una idea de las propiedades de los pozos a perforar.

Es por ello que los ingenieros de perforación se enfrentan a muchos retos en la planificación de operaciones de perforación, cementación y terminación de dichos pozos. Además de que nos enfrentaremos a distintos eventos o inconvenientes durante la perforación como por ejemplo con los equipos a perforar, o en la cementación: como por ejemplo la capacidad de carga del gancho para correr tuberías de Revestimiento intermedias o muy pesadas que superarán fácilmente el millón de libras o el diseño efectivo de una lechada de cemento estándar a una de baja densidad.

El pozo mismo presentará muchos problemas, incluyendo la alta presión y la alta temperatura de las formaciones, la necesidad de múltiples sartas de revestimiento, formaciones inestables, la limpieza del pozo, la presencia inesperada de las zonas de bituminosas, enormes capas de sal, así como la necesidad de un ensanchador, es por ello difícil de hacer la elaboración de un programa de evaluación eficiente., por el lado de terminación, los desafíos pueden ser aún más exigentes, como la necesidad de completar varias zonas y tratar de minimizar las futuras operaciones de reparación costosas.

Así pues las cementaciones son operaciones que se realizan utilizando cemento con el fin de lograr cuatro objetivos específicos en los pozos petroleros: proteger y soportar la

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	4/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

tubería de revestimiento, prevenir el movimiento de fluidos a través del espacio anular fuera de la tubería de revestimiento, detener el movimiento de fluidos dentro de formaciones vugulares o fracturadas y sellar un intervalo abandonado del pozo.

Es responsabilidad del ingeniero petrolero tanto en diseño como en operación, la selección de la mejor composición de la lechada de cemento y la mejor técnica de colocación para cada operación en particular, de modo que el cemento tenga un comportamiento adecuado durante su bombeo hacia la zona donde será colocado y exhiba características que le permitan cumplir de manera apropiada con las funciones requeridas para cada operación de cementación en particular; dentro de las mejores condiciones de seguridad para el personal involucrado, el medio ambiente y el equipo; buscando los menores costos para hacer más rentable al pozo.

Introducción.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer al lector y a toda la comunidad de la carrera de Ingeniería Petrolera un panorama general de la problemática que existe en la rama de Perforación de Pozos y puntualmente en la Cementación de Pozos, sobre el diseño de lechadas convencionales y/o lechadas de baja densidad, los equipos empleados en los laboratorios para la elaboración de los diseños de lechadas, algunas medidas básicas sobre la seguridad que debe manejar el diseñador de lechadas a la hora de operar aditivos especiales y su impacto tanto en el medio ambiente como los riesgos a su salud por el manejo de estos: como problemas severos en los sistemas del cuerpo humano (sistema nervioso central, ojos, piel, riñón, sistema circulatorio, etc.) por el contacto, la ingesta o inhalación de estos materiales pulverizados o líquidos; así como la tecnología formulada y aplicada en el desarrollo de nuevos fluidos empleados solo en la parte de Cementación de Pozos.

Así mismo describo la metodología para la comprensión de elaboración del diseño, balance de materia y elaboración de lechadas convencionales y/o de baja densidad (aligeradas) con el manejo de cualquier tipo de Cemento, empleadas hoy día en el Golfo de México, en pozos someros y alrededor del mundo, método que seguirá vigente por muchos años en muchas partes del mundo en la industria del Petróleo. Este trabajo comprende desde el desarrollo y valoración de las Lechadas Convencionales hasta la Tecnología en los equipos empleada en los laboratorios por HALLIBURTON y SCHLUMBERGER bajo un sistema riguroso de creación y empleo de esta tecnología en

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	5/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

los Servicios a Pozo por parte de nuestra empresa PEMEX y el INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.

Objetivo del Manual.

El objetivo de este manual es facilitar a toda la comunidad de la carrera de ingeniería petrolera en especial a todos aquellos que están cursando la asignatura de Ingeniería de Perforación de Pozos (y a la rama de Perforación de Pozos en general), el vocabulario necesario para “hablar” o comunicarnos dentro del laboratorio, los conocimientos básicos para la buena comprensión y retención de la nueva información que cada uno de los lectores estará aprendiendo a lo largo del semestre, durante el desarrollo de cada práctica con el empleo de este manual fuera o dentro del Campus de Ciudad Universitaria, así también el de la operación y manejo del equipo y materiales. Estoy seguro que esta manual te facilitará las herramientas básicas de lo que es el fascinante mundo de la Cementación de Pozos y se verá reflejado en el desempeño de tus exámenes.

Mi objetivo con este manual es:

1. Invitarte un clavado al área de la perforación de pozos y sus vertientes si eres afín a otras.
2. Capacitarte con los conocimientos básicos sobre las pruebas realizadas en campo, con los cementos y demás materiales empleados en toda la industria.
3. Hacerte responsable de la gama de conocimientos que deseas adquirir o en su caso el de ampliarlos y del impacto que estos tendrán no solo en tu vida profesional sino en el Medio Ambiente y en el Entorno Social.
4. Que este manual complemente tus conocimientos adquiridos en su parte correspondiente de Laboratorio y también muy importante la parte que son tus clases de teoría.
5. No subestimes a las personas que están paradas al frente del pizarrón con sus conocimientos, la indiferencia es una venda que debe de quitarse y erradicar para valorar lo que se te está brindado con un esfuerzo muy grande por detrás.
6. No olvides esto: cuida esta casa, tú casa llamada Laboratorio de Perforación y Terminación de Pozos. no encontraras otro laboratorio igual en otra institución, cuida sus planchas de trabajo, sus equipos especiales y de marca, que son idénticos a los de campo, cuida su infraestructura e inmobiliario, pues es una joya ésta tu segunda casa.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	6/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Te confieso algo compañero y amigo universitario (docente, alumno, lector, profesional, maestro, doctor), de ésta u otra facultad, de otra carrera con interés a ésta, de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto Politécnico Nacional, de cualquier otra Institución, cuando tomé protesta en mi examen profesional y leí con mis propias palabras el peso que estaba adquiriendo en ese momento y para toda la vida profesional, me sentí con la obligación de ampliar mis conocimientos y plasmarlos en algún documento. Hoy tienes la oportunidad de este manual, no lo desaproveches, pregunta, acércate al laboratorio estamos para servirte, ahonda, profundiza tus conocimientos, porque al igual que tú, yo también estuve sentado estudiando en este mismo laboratorio y se lo difícil que es muchas veces asentar los conocimientos y plasmarlos en un examen. Esto es solo una pequeña rebanada de ese fabuloso pastel que fui aprendiéndolo a elaborar yo solo, a conocer la receta, a cocinarlo, te confieso que quisiera compartirte más ebanadas que tengo pues estas tienen otro delicioso sabor. Gracias por descargar este manual.

Concluyo las sugerencias antes mencionadas compartiéndote una frase que la hice mía desde muy pequeño a la edad de 8 años y que he querido me acompañe toda la vida: Lo que no haga hoy...difícilmente lo haré mañana!, yo puedo, yo siempre puedo, yo siempre podré hacerlo!.. Porqué las condiciones van a cambiar y no tendré todo aquello que no alcance a ver en este momento o que se fue perdiendo o desgastando en el camino y ya no es lo mismo ahora. Esta declaración me ha servido muchísimo y la aplico a cualquier caso de mi vida.

Saludos Cordiales, Ing. José Francisco Gómez Martínez.
Ingeniero Petrolero.

Pruebas de Laboratorio.

El Comité API de Cementación fue fundado en el año 1948, con el objetivo de establecer los procedimientos de pruebas que se debían utilizar para caracterizar los cementos y lechadas. También se desarrollaron los equipos que se debían utilizar para ejecutar las pruebas.

Con el tiempo estas pruebas han ido evolucionando y el Comité de Cementación se mantiene permanentemente evaluando nuevos equipos y pruebas que se van desarrollando producto de estudios e investigaciones realizadas a nivel mundial.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	7/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Luego de un riguroso proceso de evaluación donde se involucra un gran número de usuarios y empresas de cementación, se aprueban los cambios en las normas y es como resulta vigente la norma hasta nuestros días en todos los laboratorios del mundo.

Introducción a las normas API relacionadas con el Servicio de Cementación.

Las normas descritas en el Spec 10A y en el RP10B fueron establecidas por el comité API para homologar las pruebas experimentales y operativas que la empresas realizaban en la industria de la cementación de pozos petroleros. En otras palabras con estas normas se pretende establecer un mismo patrón de evaluación que permitiese la repetición de resultados independientemente de la localidad o empresa que la realice.

Ejemplo de especificación plasmada en el API SPEC 10A en lo relativo al cemento H petrolero tenemos por ejemplo: Tiempo de fraguado, debe estar comprendido entre 90 minutos y 120 minutos. Las condiciones de las pruebas de especificación son aplicables únicamente a ese producto para el cual se aplicó la especificación y el procedimiento de prueba no debe ser modificado bajo ninguna circunstancia. Ejemplo de los procedimientos de pruebas operacionales descritos en el RP10B son las tablas de calentamiento para las pruebas de espesamiento, las cuales pueden ser modificadas por patrones reales en función de la rata de bombeo y profundidad.

Normas Empleadas en el Servicio de Cementación de Pozos.

SPEC 10A: “Especificaciones del cemento y materiales para cementaciones de pozos”.

Básicamente se describen las especificaciones aprobadas para los productos. Las condiciones de pruebas de la especificación y el procedimiento “No deben ser modificadas bajo ninguna circunstancia”.

RP-10B: “Prácticas recomendadas para cementos petroleros”.

Documento que describe procedimientos de inspección o pruebas de un producto.

“Los procedimientos pueden ser alterados para simular condiciones específicas de fondo de pozo”.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	8/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

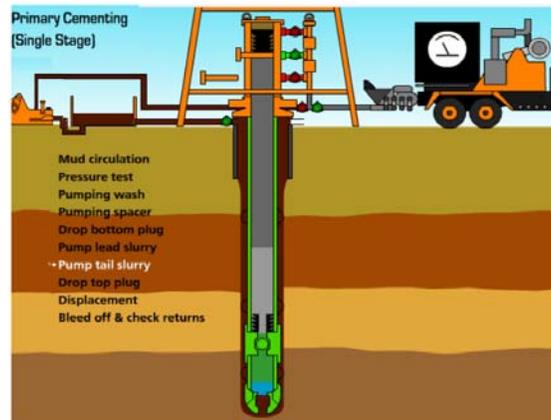


Figura 1. "Cementación de un Pozo Petrolero".

Práctica 1

Preparación de una Lechada de Cemento.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	9/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Portland/Normal	Ligeramente Tóxico por inhalación y deshidratador
2	Vaso del Mixer	Derrame del fluido por mala colocación.
3	Equipo Mezclador Mixer	Quema o barrido de los carbones de accionamiento del equipo.
4	Vaso de cristal para Cementos.	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación de envase.

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

1. Dar a conocer la composición, fabricación y la clasificación del Cemento, así como los diferentes tipos de Aditivos Químicos utilizados para modificar las Propiedades Físicas de una Lechada de Cemento en las Operaciones de Cementación en Pozos Petroleros.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	10/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Describir de manera clara y específica el procedimiento para elaborar, diseñar y mezclar lechadas de cemento.

II. Objetivos específicos:

1. El alumno entenderá el porqué de la Clasificación de los Cementos y su uso en las Cementaciones de Pozos Petroleros.
2. El alumno comprenderá la diferencia entre una lechada base y un diseño de lechada.
3. El alumno entenderá la diferencia entre las propiedades físicas del cemento y las propiedades físicas de una lechada de cemento.
4. El alumno comprenderá el porqué del empleo de 2 velocidades en el equipo Mezclador y el uso correcto en el empleo de los aditivos químicos líquidos, sólidos y el agua de mezcla.

3. Introducción

Es responsabilidad del ingeniero petrolero tanto en diseño como en operación, la selección de la mejor composición de la lechada de cemento y la mejor técnica de colocación para cada operación en particular, de modo que el cemento tenga un comportamiento adecuado durante su bombeo hacia la zona donde será colocado y exhiba características que le permitan cumplir de manera apropiada con las funciones requeridas para cada operación de cementación en particular; dentro de las mejores condiciones de seguridad para el personal involucrado, el medio ambiente y el equipo; buscando los menores costos para hacer más rentable al pozo. Existen varios factores que deben considerarse en el diseño de lechadas de cemento, su efecto es analizado en los laboratorios de compañías petroleras, de servicios, instituciones de Educación como lo es la UNAM y en centros de investigación.

La evaluación correcta de la lechada no es posible a menos que las pruebas sean efectuadas utilizando una muestra representativa de los componentes de la misma; por esta razón, los

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	11/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

componentes de la lechada en las pruebas de laboratorio deben ser los mismos que se utilizarán para llevar a cabo la operación en campo.

Figura I. Mezcladora Chandler con vaso de Mezclado.

Figura II. Balanza Granataria y Digital.

4. Recursos a emplear

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex.
- b) Cubre bocas.
- c) Goggles de Seguridad.
- d) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- e) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- f) Zapatos de seguridad.



II. Material y Equipos Dispositivos Mecánicos y/o



- a) Balanzas Mecánicas/Granatarias (Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Mixer de Fluidos de Perforación.
- c) Agua de Mezcla.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	12/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

d) Cemento Normal para Construcción.

Figura III. Mixer con vaso de Mezclado.

Figura IV. Lechada de cemento.

III. Instrumentos



- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Jeringa.
- c) Espátula de acero.
- d) Vaso de Cristal para Cementos.
- e) Jarra de Plástico con capacidad de [lt]



- f) Jarra de plástico con bolsa para el desecho de los residuos.
- g) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

2

5. Fundamento Teórico

❖ Presentación de conceptos.

Temperatura del Agua y el Cemento

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	13/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La temperatura del agua de mezcla y el cemento seco deben conocerse, si se desconocen dichas condiciones y si la prueba se realiza con fines de investigación, la temperatura de agua de mezcla y cemento seco deberán medirse y documentarse.

❖ **Datos necesarios.**

La composición del agua puede afectar el desempeño de la lechada. Para la preparación de ésta deberá utilizarse el agua que se usará para prepararla en el campo. Si se desconoce la composición del agua de campo, deberá utilizarse agua destilada, no debe añadirse una cantidad adicional de agua para compensar la evaporación o la humedad. Los materiales secos a utilizar en la preparación de la lechada deben ser pesados y mezclados uniformemente en un recipiente con tapa, o en una bolsa de plástico que impida la salida de material cuando se agiten manualmente.

6. Desarrollo de actividades

Actividad I.

Explicación de la Operación de una Cementación de un Pozo Petrolero mediante un video así como de los equipos, materiales, fluidos, tuberías y diferentes unidades involucradas en la cementación.

Actividad II.

De acuerdo a la siguiente información proporcionada, elabore el siguiente balance de materia para obtener la cantidad de cemento, agua y aditivos necesarios para la elaboración de una lechada de cemento tipo base.

Datos :

- **Cemento normal**
 - $G_c = 3.15$ [kg/lit]
 - Requerimiento de Agua=48%
- **SSA**

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	14/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- 35% por peso de cemento
- Requerimiento de agua = 40%

- **Volumen de lechada por norma API = 0.6 [lt]**

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento [lt]	Fracción [%]
Cemento de construcción				
Agua				
Total				

Peso [kg] ($W_{\text{SACO DE CEMENTO}}$) =

Requerimiento de agua [lt] ($H_2O_{\text{ PARA EL CEMENTO}}$) =

Rendimiento [lt] $Rendimiento = \frac{W_{\text{material}}}{\gamma \text{ ó } G_{\text{e material}}}$

- ρ de lechada base = $\frac{m}{v}$
- Sí $\rho = \frac{m}{v}$
- $m_{\text{TOTAL}} =$
- $m_{\text{Tcemento}} =$
- $m_{\text{T agua}} =$

Nuestro balance de materia quedaría de la siguiente forma:

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento [lt]	Fracción [%]
Cemento const				
Agua				
Total				

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	15/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad III.

Desarrollo Experimental de la Práctica 1.

Actividad IV.

Tarea

Elabore el siguiente balance de materia para obtener la cantidad de cemento, agua y aditivos necesarios para la elaboración de una lechada de cemento tipo diseño de acuerdo a la siguiente información proporcionada:

Datos :

- **Cemento normal**
 - $G_c = 3.15$ [kg/lt]
 - Requerimiento de Agua=48%
- **SSA**
 - 35% por peso de cemento
 - Requerimiento de agua = 40%
- **Volumen de lechada por norma API = 0.6 [lt]**

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento[lt]	Fracción[%]

NOTA: Para efectos de esta práctica, el profesor en curso empleará durante el desarrollo de la misma y hasta la práctica #5 un Mixer de Fluidos de Perforación, esto con el fin de concientizar al alumno y a los profesores la importancia del uso de los equipos dentro del laboratorio así como el de su costo, ya que son equipos empleados tanto en campo en la industria del petróleo como en los diferentes laboratorios de las empresas petroleras (PEMEX, HALLIBURTON, SCHLUMBERGER, IMP, etc) y en esta institución de la UNAM.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	16/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Observaciones y conclusiones

El alumno adquirirá la habilidad para diferenciar de entre un cemento normal y un cemento petrolero a simple vista, por peso o por al menos una de sus propiedades físicas.

5. Bibliografía

- a) Cementing I y II.
- b) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	17/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 2

Densidad de una Lechada de Cemento.

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Portland/Normal	Ligeramente Tóxico por inhalación y deshidratador
2	Vaso del Mixer	Derrame del fluido por mala colocación.
3	Equipo Mezclador Mixer	Quema o barrido de los carbones de accionamiento

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	18/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

		del equipo.
3	Vaso de cristal para Cementos	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación del envase.
4	Balanza de Lodos Fluidos de Perforación.	El fluido puede salpicar directamente a los ojos de quien manipule la bomba presurizadora (utilice goggles de seguridad y bata personal)

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

1. Describir de manera clara y específica el procedimiento para elaborar, diseñar y mezclar una lechada con cemento H o de cualquier otro tipo (lote).
2. Describir de manera clara y específica el procedimiento para determinar la densidad correcta de una lechada de cemento clase H, de cualquier otro lote, o clase H-PEMEX.
3. Elaborar las conversiones necesarias de las unidades requeridas para campo.
4. Elaborar un listado de la Categoría de Aditivos, así como su uso o empleo en el diseño de Lechadas para diferentes condiciones de Pozo.

II. Objetivos específicos:

1. El alumno comprenderá la importancia de la densidad de trabajo de una lechada de cemento (como un fluido) en el área denominado Ventana Operativa.
2. El alumno entenderá de forma visual la diferencia entre una balanza de lodos convencional y la balanza presurizada, así como su uso y funcionamiento.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	19/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- El alumno comprenderá los términos, Circulation Density Equivalent, Bulk Density, Leak off, Pega diferencial, BHCT y BHST.

3. Introducción

Cada trabajo, debe diseñarse de manera que la densidad y la longitud de cemento generen la presión de fondo de pozo suficiente para controlar el flujo de los fluidos de la formación hacia la superficie, y al mismo tiempo asegurar que no se fracture la misma. Así mismo, deben hacerse las consideraciones necesarias con respecto a los fluidos contaminantes con los que el cemento tendrá contacto dentro del pozo. Es posible modificar el comportamiento de la lechada mediante el uso de aditivos. Sin embargo, es necesario realizar las pruebas de laboratorio para corroborar que el efecto positivo en una propiedad de la lechada no altere de manera inconveniente a otra. Un aspecto fundamental dentro del desarrollo de las pruebas de laboratorio, es la confiabilidad de la información disponible correspondiente a la presión y a la temperatura de fondo de pozo a la que se realizará la cementación, con el fin de que en el laboratorio sean reproducidas de la mejor manera las condiciones a las que se verá sometida la lechada de cemento durante el trabajo de cementación.



	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	20/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Figura 1. Balanza Presurizada.

Figura 2. Aditivos Químicos.

4. Recursos a emplear

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex.
- b) Cubre bocas.
- c) Goggles de Seguridad.
- d) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- e) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- f) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánicas/Granatarias(Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Mixer de Fluidos de Perforación.
- c) Agua de Mezcla.
- d) Cemento Normal de Construcción.
- e) Balanza de Lodos Fluidos de Perforación

III. Instrumentos

- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Jeringa.
- c) Espátula de acero.
- d) Vaso de Cristal para Cementos.
- e) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- f) Jarra de plástico con bolsa para el desecho de los residuos.
- g) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

5. Fundamento Teórico

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	21/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

❖ **Presentación de conceptos.**

Cálculos de la Densidad y el Volumen en el Laboratorio

Un volumen de lechada de aproximadamente 600 ml debe ser suficiente para desarrollar la mayoría de las pruebas de laboratorio sin sobrellenar el vaso de mezclado. Los requerimientos de laboratorio para la mezcla pueden ser calculados usando las siguientes fórmulas.

$$V_s = V_c + V_w + V_a$$

$$V_c = \frac{M_c}{D_c}$$

$$M_s = M_c + M_w + M_a$$

$$V_w = \frac{M_w}{D_w}$$

$$M_s = M_c + M_w + M_a$$

$$D_s = \frac{M_s}{V_s}$$

$$V_a = \frac{M_a}{D_a}$$

Donde:

V_s = volumen de la lechada (ml)

M_s = masa de la lechada (gr)

V_c = volumen de cemento (ml)

M_c = masa del cemento (gr)

V_w = volumen de agua (ml)

M_w = masa del agua (gr)

V_a = volumen de aditivos (ml)

M_a = masa del aditivo (gr)

D_s = densidad de la lechada (gr/cm³)

Con el propósito de realizar estos cálculos, se asume que la gravedad específica es igual a la densidad en gr/cm³.

❖ **Datos necesarios.**

Mezclado de Cemento y Agua

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	21/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los materiales secos a utilizar en la preparación de la lechada deben ser pesados y mezclados uniformemente en un recipiente con tapa, o en una bolsa de plástico que impida la salida de material cuando se agiten manualmente, antes de ser añadidos al fluido de la mezcla. Para realizar el control de calidad de una muestra de cemento tipo Portland/ Cemento Normal debe elaborarse nuevamente el balance de materia una lechada que contenga las cantidades de cemento y agua en gr para mezclarse.

6. Desarrollo de actividades

Actividad I

Comentarios y Explicación con la intervención tanto de alumnos como del profesor sobre los términos: Ventana Operativa, Presión Normal y Presión anormal, Presión Hidrostática, Columna Hidrostática, Gradiente de sobrecarga, Gradiente de Presión.

Actividad II

Mediante el empleo del video de una operación de Cementación se abordaran los comentarios tanto de alumnos como del profesor para definir: Tixotropía, pega diferencial, Leak off y Densidad Bulk., así como los términos BHCT y BHST empleados en las Operaciones de Cementación de Pozos Petroleros.

Actividad III

De acuerdo a la siguiente información proporcionada, elabore el siguiente balance de materia para obtener la cantidad de cemento, agua necesarios para la elaboración de una lechada de cemento tipo base.

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento [lt]	Fracción [%]
Cemento clase h				
Ssa-1 (a s)				

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	22/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Agua				
Total				

Datos :

- **Cemento normal**
 - $G_e =$ [kg/lit]
 - Requerimiento de Agua = %
- **SSA**
 - 30% por peso de cemento
 - Requerimiento de agua = 35%
- **Volumen de lechada por norma API = 0.6 [lit]**

Peso [kg] ($W_{\text{SACO DE CEMENTO}}$) =

Requerimiento de agua [lit] (H_2O PARA EL CEMENTO) =

Rendimiento [lit] $Rendimiento = \frac{W_{\text{material}}}{\gamma \text{ ó } G_e \text{ material}}$

- ρ de lechada base = $\frac{m}{v}$
- Sí $\rho = \frac{m}{v}$
- $m_{TOTAL} =$
- $m_{\text{Cemento}} =$
- $m_{\text{Agua}} =$

Nuestro balance de materia quedaría de la siguiente forma:

Material	Peso [kg]	Agua [lit]	Rendimiento [lit]	Fracción [%]
----------	-----------	------------	-------------------	--------------

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	23/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Cemento clase H				
Agua				
Total				

Actividad IV

Desarrollo Experimental de la Práctica 2.

Actividad V

Tarea (Ejercicio de Aprendizaje)

Elabore el siguiente balance de materia para obtener la cantidad de cemento, agua y aditivos necesarios para la elaboración de una lechada de cemento tipo diseño de acuerdo a la siguiente información proporcionada:

Datos :

- **Cemento normal**
 - $G_c = 3.19$ [kg/lit]
 - Requerimiento de Agua=46%
- **SSA**
 - 35% por peso de cemento
 - Requerimiento de agua = 40%
- **Volumen de lechada por norma API = 0.6** [lit]

Calcular:

- a) Densidad de la lechada.
- b) Cantidades de cemento y agua para el mezclado de la lechada.
- c) Obtenga la densidad en [lb/gal] y cantidades de materiales en [lb]

Material	Peso [kg]	Agua [lit]	Rendimiento[lit]	Fracción[%]

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	24/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

--	--	--	--

7. Observaciones y Conclusiones

El alumno adquirirá la habilidad para diferenciar de entre un cemento normal y un cemento Petrolero a simple vista, por peso o por al menos una de sus propiedades físicas.

El alumno comprenderá la enorme diferencia que existe entre la diferencia de las gravedades específicas, entre un cemento H y un cemento Normal y su impacto en una columna hidrostática.

8. Bibliografía

- a) Cementing I y II.
- b) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	25/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 3

Requerimiento de Agua Normal y Mínima en una Lechada de Cemento.

1. Seguridad en la ejecución

Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
-----------------------------	-----------------

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	26/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1	Cemento Portland/Normal	Ligeramente Tóxico por inhalación y deshidratador
2	Vaso del Mixer	Derrame del fluido por mala colocación.
3	Equipo Mezclador del mixer	Quema o barrido de los carbones de accionamiento del equipo.
4	Vaso de cristal para Cementos.	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación de envase.
5	Consistómetro Atmosférico 165AT	El aceite mineral se encuentra a alta temperatura y puede salpicar directamente a los ojos o a las manos de quien no manipule correctamente su vaso (utilice guantes, goggles de seguridad, cubre boca y bata personal)

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para demostrar y determinar la Cantidad de Agua Mínima y Necesaria de una lechada de cemento de cualquier Clase o Tipo de Cemento.
- b) Describir de manera clara y específica el procedimiento para demostrar y determinar la Cantidad de Agua Normal de una lechada de cemento de cualquier Clase o Tipo de Cemento.

II. Objetivos específicos:

- a) El alumno entenderá la diferencia entre los conceptos: Agua Mínima y Normal empleada en la formulación de Lechadas de Cemento.
 - b) El alumno será capaz de identificar los conceptos entre: cuando una lechada es bombeable y cuando es mezclable.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	27/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- c) El alumno adquirirá la habilidad para determinar la densidad de una lechada con la mínima información de un informe de laboratorio.

3. Introducción

La determinación del contenido de agua mínima o normal de agua en una lechada de cemento es de suma importancia ya que de los resultados arrojados en el diseño de la lechada y en la operación del equipo nos dará un indicador de consistencia adquirida por el cemento empleado, y este parámetro de consistencia hará referencia en los posibles parámetros de Squeeze Stresse que adquiera nuestra lechada de cemento, además de que influirá en la estabilidad de la lechada así como en la presencia del fenómeno o efecto de agua libre en la misma.

Debe anotarse los valores de contenido de agua mínima y normal de las lechadas empleadas en el análisis de esta muestra y comparar los indicativos de consistencia entre ambas lechadas para estimar resultados sobre la estabilidad, efecto de agua, diseño y balance de la lechada y su empleo en pozo así como las repercusiones que esta tendrá con la valoración de esta prueba o en su caso el no tomar en cuenta los factores de consistencia.



Figura 3. Consistómetro Atmosférico.

4. Recursos a emplear

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	28/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látexy/o de Carnaza.
- b) Cubre bocas.
- c) Goggles de Seguridad.
- d) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- e) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- f) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánicas/Granatarias (Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Mixer de Fluidos de Perforación.
- c) Consistómetro Atmosférico 165AT (Solo se cuenta con un aspa/propela giratoria).
- d) Cemento Normal de Construcción.
- e) Agua de Mezcla.

III. Instrumentos

- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Jeringa.
- c) Espátula de acero.
- d) Vaso de Cristal para Cementos.
- e) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- f) Jarra de plástico con bolsa para el desecho de los residuos.
- g) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

5. Fundamento Teórico

- ❖ **Presentación de conceptos.**

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	29/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Agua Normal

Es el agua recomendada para mezclar un saco de cemento.

❖ Datos necesarios.

Prueba de Requerimiento de Agua Normal a temperatura ambiente.

La lechada de cemento deberá ser preparada y mezclada de acuerdo a la práctica #1, ésta debe ser vaciada inmediatamente dentro del consistómetro atmosférico y agitada por el periodo establecido por el API, para posteriormente registrar el tiempo de consistencia y sus unidades.

Prueba de Requerimiento de Agua Mínima a temperatura ambiente.

De igual forma construya un segundo diseño de lechada y mézclela de acuerdo a la práctica #1, vacíela inmediatamente dentro del consistómetro atmosférico para ser agitada por el periodo establecido por el API, para posteriormente registrar el tiempo de consistencia y sus unidades.

Observa los resultados entre ambas y compárelos de modo que entienda las conclusiones para establecer dichas diferencias entre ambos métodos.

6. Desarrollo de actividades

Actividad I.

Explicación de la operación de los equipos por su función para la elaboración de dos muestras de lechadas de cemento.

Actividad II

Desarrollo Experimental de la Práctica 3.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	30/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad IV

Tarea (Ejercicio de Aprendizaje)

4.1 Elabore un balance de materia para la elaboración de una lechada de cemento empleada en un pozo geotérmico con la siguiente información proporcionada.

Datos :

- **Cemento clase H (Clasificación API)**
 - $G_c = 3.16$ [kg/lit]
 - Requerimiento de Agua=38%
- **CFR -4 (Reductor de Fricción de cemento)**
 - $G_c = 3.16$ [kg/lit]
 - 55% por peso de cemento
 - Requerimiento de agua = 30%
- **Volumen de lechada por norma API = 0.6 [lit]**

Nuestro balance de materia quedaría de la siguiente forma:

Material	Peso [kg]	Agua [lit]	Rendimiento [lit]	Fracción [%]
Total				

4.2 Elabore un balance de materia para la elaboración de una lechada de cemento empleada en un pozo geotérmico con la siguiente información proporcionada.

Datos:

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	31/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Cemento clase C (Clasificación API) = 935.62 [gr]
- Agua = 345.85 [gr]
- Volumen de lechada por norma API=0.6 [lt]

Obtener:

a) Balance de materia.

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento [lt]	Fracción [%]
Total				

b) Densidad de la lechada.

7. Observaciones y Conclusiones

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	32/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

El alumno adquirirá la habilidad para identificar y diferenciar cuando una lechada requiere una cantidad de Agua Mínima de una cantidad de Agua Normal para elaborar una muestra de lechada de cemento a condiciones atmosféricas.

8. Bibliografía

- a) Cementing I y II.
- b) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	33/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 4

Estabilidad de una Lechada de Cemento.

1. Seguridad en la ejecución

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	34/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Normal/H Fraguado	Caída por gravedad sobre los pies (utilice calzado apropiado por ejemplo botas con casquillos)
2	Arco con segueta	El uso incorrecto puede provocar una cortadura sobre las manos (utilice guantes de carnaza)
3	Banco con Mesa de trabajo (Prensa)	El uso incorrecto de la prensa de la mesa de trabajo puede llegar a fracturar la muestra fraguada de cemento, al mismo tiempo que el aplastamiento de un dedo o golpe en la extremidad o en los dedos (se recomienda usar guantes de carnaza)
4	Banco con Mesa de trabajo (Esmeril)	El uso de esmeril para rebajar las aristas de la muestra fraguada puede provocar la suspensión de partículas grandes y finas de cemento (se recomienda usar cubre bocas y goggles de seguridad)

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para demostrar y determinar la estabilidad en una lechada de cemento independiente de la Clase (API) o Tipo (ASTM) de Cemento con que se esté trabajando.
- b) Calcule la estabilidad de la lechada fraguada y obtenga la densidad de las partes fraguadas.

II. Objetivos específicos:

- a) El alumno entenderá la diferencia entre los conceptos: sustentable y estabilidad.
- b) El alumno será capaz de entender el concepto de Potencial Z (BFE).

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	35/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- c) El alumno será capaz de verificar si la lechada con la que está trabajando dentro del laboratorio presenta estabilidad.
- d) Apoyándose mediante el empleo de algún método (Volumen de un cilindro y/o ley de empuje de un objeto bajo el agua P. A.) el alumno comprobara la estabilidad de una columna de una lechada de cemento fraguada.

3. Introducción:

Los procedimientos del API incluyen en este además, una prueba para determinar el volumen de agua libre y una más para determinar de manera cuantitativa la estabilidad de una lechada de cemento por medio de las variaciones en su densidad o peso específico.

Si existiese un gran número de lechadas con las que estuviésemos trabajando dentro de una TR de cualquier tipo a cualquier profundidad y en toda la columna hidrostática de cemento éstas formarían un canal por efecto de agua libre (o incluso por presencia de gas o por puenteo) que a futuro puede causar que el cemento ya fraguado falle cuando sea sometido a presión, entonces se asume que la lechada de cemento con la cual estamos trabajando no es sustentable por sí misma o no tiene estabilidad.

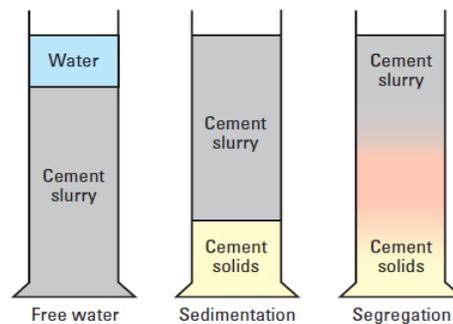


Figura 1. Prueba de Estabilidad en una Lechada de cemento antes de fraguar.

4. Recursos a emplear

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	36/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látexy/o de Carnaza.
- b) Cubre bocas.
- c) Goggles de Seguridad.
- d) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- e) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- f) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánicas/Granatarias(Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Lechada fraguada.
- c) Banco de Trabajo.
- d) Arco con segueta.
- e) Lija de agua.

III. Instrumentos

- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Cuchara de acero
- c) Regla y/o flexómetro.
- d) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- e) 1 Bolsa de plástico para el desecho de los residuos sólidos.
- f) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

5. Fundamento Teórico

❖ Presentación de conceptos.

Estabilidad en una Lechada de Cemento: La prueba confiable para establecer que una lechada de cemento es estable, es la comprobación del no aporte de gas del pozo a la superficie y del peso generado en la columna hidrostática con la densidad requerida siempre y cuando ésta no generar fractura o rebase nuestra ventana de trabajo operativo.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	37/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 11. Prueba de Estabilidad en una Lechada de cemento fraguada.

❖ Datos necesarios.

Prueba de estabilidad a temperatura ambiente.

Después de 2 horas o más, retirar el agua libre (clara o turbia) que quede en la cima de la lechada), de preferencia para la realización de esta prueba la lechada debe estar fraguada en su totalidad.

Retire la lechada fraguada de la probeta graduada con cuidado de no romper la probeta de plástico (recuerde utilizar siempre el material de seguridad establecido al inicio de la práctica), identifique la cima y base de la columna fraguada y proceda a realizar los cálculos para determinar si es o no estable la lechada de estudio en cuestión.

6. Desarrollo de actividades

Actividad I

Explicación de la manipulación de la muestra fraguada de lechada de cemento, así como de las operaciones para el cálculo de la estabilidad.

Actividad II

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	38/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Desarrollo Experimental de la Práctica 4.

NOTA: Mediante el empleo del método P. A. determine la estabilidad de la lechada en cuestión de estudio

7. Observaciones y Conclusiones

El alumno adquirirá la habilidad para identificar y diferenciar una muestra de lechada de cemento fraguada con cemento normal y otra con cemento Petrolero por simple vista, por peso.

El alumno adquirirá la habilidad para determinar si una lechada es o tiene estabilidad en toda su columna.

9. Bibliografía

- a) Cementing I y II.
- b) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	39/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 5

Efecto de Agua Libre en una Lechada de Cemento.

1. Seguridad en la ejecución

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	40/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Portland/Normal	Ligeramente Tóxico por inhalación y deshidratador
2	Vaso del Mixer	Derrame del fluido por mala colocación.
3	Equipo Mezclador del Mixer	Quema o barrido de los carbones de accionamiento del equipo.
4	Vaso de cristal para Cementos.	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación de envase.

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para demostrar y determinar el Efecto de Agua Libre en una lechada de Cemento independientemente de la Clase (API) o Tipo (ASTM) de Cemento que se empleé.
- b) El alumno determinará de forma cuantitativa el Efecto de Agua Libre mediante el empleo de una segunda fórmula.

II. Objetivos específicos:

- a) El alumno entenderá la diferencia entre los conceptos: agua libre y puenteo.
- b) El alumno será capaz de verificar si la lechada con la que está trabajando dentro del laboratorio presenta desprendimiento de agua.
- c) Apoyándose del empleo de la segunda fórmula el alumno comparará los resultados sobre la misma lechada de cemento y los interpretará para dar una conclusión.

3. Introducción:

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	41/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los procedimientos del API incluyen en este además, una prueba para determinar la cantidad o volumen de agua libre que puede desprenderse en una lechada de cemento, y una más para determinar de manera cuantitativa su estabilidad.

Si existiese un gran número de lechadas con las que estuviésemos trabajando dentro de una TR de cualquier tipo a cualquier profundidad y en toda la columna hidrostática de cemento éstas formarían un canal por efecto de agua libre (o incluso por presencia de gas o por puenteo) que a futuro puede causar que el cemento ya fraguado falle cuando sea sometido a presión, entonces se asume que la lechada de cemento con la cual estamos trabajando no es sustentable por sí misma o no tiene estabilidad.

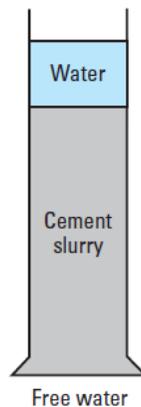


Figura 3. Prueba de Efecto de Agua Libre en una Lechada de cemento antes de fraguar.

4. Recursos a emplear

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	42/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex o de Carnaza.
- b) Cubre bocas.
- c) Goggles de Seguridad.
- d) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- e) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- f) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánicas/Granatarias(Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Mixer.
- c) Probeta graduada de 250 [ml]
- d) Agua de Mezcla.
- e) Cemento Normal de Construcción.
- f) Liga de plástico/cinta masking tape.
- g) Pedazo de bolsa de plástico.
- h) Mesa/plancha de trabajo Libre de Vibraciones.

III. Instrumentos

- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Jeringa.
- c) Espátula de acero.
- d) Vaso de Cristal para Cementos.
- e) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- f) Jarra de plástico con bolsa para el desecho de los residuos.
- g) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

5. Fundamento Teórico

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	43/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

❖ **Presentación de conceptos.**

Agua Libre

Es el agua acumulada en la parte superior de una columna de lechada de cemento, cuando esta se mantiene en reposo durante dos horas.

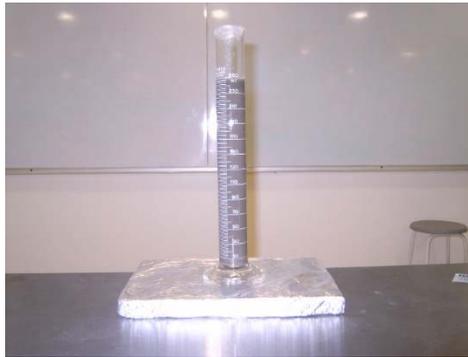


Figura 11. Prueba de Estabilidad en una Lechada de cemento fraguada.

❖ **Datos necesarios.**

Prueba de agua libre con periodo estático, a temperatura ambiente.

Colocar 250 ml de lechada previamente acondicionada, dentro de una probeta de plástico graduada de 250 ml. La porción graduada de 0 a 250 ml no deberá tener menos de 232 ni más de 250 mm de longitud, con incrementos de graduación de por lo menos 2.0 ml.

La lechada debe agitarse previamente con una espátula mientras se vacía en la probeta, para asegurarse de que sea uniforme.

El periodo de prueba de 2 horas inicia cuando la lechada es vaciada dentro de la probeta. La boca de la probeta debe sellarse con una película de plástico o un material equivalente para

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	44/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

prevenir la evaporación, y puede inclinarse para simular la desviación del pozo. Se deben tomar las precauciones necesarias para que la probeta quede libre de todo tipo de vibraciones.

Después de 2 horas o más, retirar el agua libre (clara o turbia) que quede en la cima de la lechada), de preferencia para la realización de esta prueba la lechada debe estar fraguada en su totalidad.

6. Desarrollo de actividades

Actividad I

Desarrollo Experimental de la Práctica 5.

Actividad II

Explicación del Efecto de Agua libre dentro de una tubería y el efecto que provoca dentro del pozo en cualquier tipo de Cementación.

Actividad III

Tarea (Ejercicio de Aprendizaje)

De acuerdo a la siguiente información proporcionada, elabore el siguiente balance de materia para obtener la cantidad de cemento, agua necesarios para la elaboración de una lechada de cemento tipo base.

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento[lt]	Fracción[%]
Cemento clase h				
Ssa-1 (a s)				
Agua				
Total				

Datos :

- **Cemento normal**

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	45/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- $G_e = 3.14$ [kg/lit]
- Requerimiento de Agua=70%
- **SSA**
 - 30% por peso de cemento
 - Requerimiento de agua = 35%
- **Volumen de lechada por norma API = 0.6 [lit]**

Material	Peso [kg]	Agua [lit]	Rendimiento [lit]	Fracción [%]

7. Observaciones y Conclusiones

- a. El alumno comprenderá e interpretará los daños que provoca la presencia de agua libre en una lechada de cemento y el impacto sobre el pozo y las tuberías de Revestimiento.

8. Bibliografía

- c) Cementing I y II.
- d) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	46/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 6

Comportamiento Reológico de una Lechada de Cemento

1. Seguridad en la ejecución

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	47/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Clase H	Altamente Tóxico por inhalación.
2	Vaso de la Mezcladora Chandler	Barrido del sistema de aspas de mezclado por mala posición sobre el motor de la mezcladora Chandler
3	Motor de Mezcladora Chandler	Quema o corto de la bobina por la mala limpieza de la base del motor y el plug cuadrado (presencia de lechada fraguada que impide el buen funcionamiento)
3	Vaso de cristal para Cementos	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación del envase.
4	Consistómetro Atmosférico 165AT	El aceite mineral se encuentra a alta temperatura y puede salpicar directamente a los ojos o a las manos de quien no manipule correctamente su vaso (utilice guantes, goggles de seguridad, cubre boca y bata personal)
5	Viscosímetro Rotacional FANN 35a	El mal uso o empleo de este equipo trae como consecuencia el barrido completo de toda la caja de velocidades asociada al perno de cambio de velocidades y al torque del resorte (atienda las indicaciones del encargado del laboratorio para su uso)

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para determinar el comportamiento Reológico de una Lechada de Cemento sometida a condiciones dinámicas de fondo de pozo.
- b) Describir de manera clara y específica el procedimiento para determinar la Caracterización Reológica de una Lechada de Cemento.
- c) Desarrollar la hidráulica de la lechada de cemento mediante un ejemplo de caso.

II. Objetivos específicos:

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	48/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- a) El alumno reconocerá las partes que integran el equipo Viscosímetro Rotacional FANN 35A, su uso y manejo operativo.
- b) El alumno entenderá el concepto de esfuerzo gel y su clasificación dentro de las lechadas de cemento como fluido.
- c) El alumno entenderá el uso del viscosímetro rotacional para la evaluación de la calidad estable de la lechada en el proceso de su bombeo y caudal (flujo).
- d) El alumno será capaz de entender el comportamiento reológico de una lechada de cemento, su desarrollo dentro del laboratorio y caracterización reológica a través de un modelo.
- e) El estudiante será capaz de realizar el comportamiento de la hidráulica de la lechada a través de su flujo dentro de tubería y en el espacio anular.

3. Introducción:

El alcance de este procedimiento es caracterizar el comportamiento reológico de una lechada de cemento. La determinación de las propiedades reológicas de las lechadas de cemento puede ser sensible al procedimiento utilizado para determinarlas. Por lo tanto, no se recomienda realizar comparaciones de las propiedades reológicas obtenidas usando procedimientos diferentes o empleando la misma lechada de cemento a un cierto tiempo después de haber permanecido en reposo o sobrepasado su esfuerzo gel.

Por esta razón, se ha desarrollado un procedimiento estándar; con la finalidad de generar resultados confiables para la industria petrolera.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	49/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Las lechadas de cemento son suspensiones altamente concentradas de partículas sólidas en agua. El contenido de sólidos en una lechada de cemento puede llegar hasta un 70% mientras que su segunda parte puede alcanzar un 30%. La reología de la lechada de cemento está relacionada con la del líquido de soporte, la fracción volumétrica de los sólidos y la interacción entre las partículas.



Figura 1. Mezcladora Chandler.



Figura 2. Consistómetro Atmosférico 165 AT

4. Recursos a emplear

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex y de Carnaza.
- b) Cubre bocas.
- c) Goggles de Seguridad.
- d) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- e) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- f) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánicas/Granatarias (Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Mezcladora Chandler.
- c) Consistómetro Atmosférico 165AT (Solo se cuenta con un aspa/propela giratoria).
- d) Viscosímetro Rotacional FANN 35a (Solo se cuenta con 3 equipos).
- e) Cemento H/Cemento Normal.
- f) Agua de Mezcla

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	50/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

III. Instrumentos

- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Jeringa.
- c) Espátula de Acero.
- d) Vaso de Cristal para Cementos.
- e) Termómetro.
- f) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- g) Jarra de plástico con bolsa para el deshecho de los residuos.
- h) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

5. Fundamento Teórico

❖ Presentación de conceptos.

La lechada, una vez que ha sido preparada y después mezclada, debe vaciarse inmediatamente en la copa del consistómetro atmosférico para preacondicionarla. La copa deberá estar a temperatura ambiente, para evitar la posibilidad de un choque térmico con los aditivos sensibles a la temperatura si es el caso en que se están empleando (L.D).

¿Realmente es importante el acondicionar una lechada?

Cuando se mezclan cemento en polvo y agua, se forma una estructura en toda la lechada, que impide influjos, esto es resultado de la interacción electrostática entre las partículas.

¿Para qué me sirve entonces el viscosímetro rotacional o/y sus parámetros sobre una lechada?

Si recuerda, antes mencionamos que una vez preacondicionada la lechada ésta formaba una estructura, los parámetros obtenidos con el viscosímetro nos darán de manera clara y precisa el tipo de fluido con el cual estamos trabajando.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	51/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

❖ **Datos necesarios.**

Toma de Lecturas para la caracterización reológica de la lechada de cemento.

Las lecturas reológicas de la lechada deben reportarse como el promedio de las lecturas ascendentes y las descendentes, tomadas a una temperatura promedio de prueba.

T _{inicial} (°C) [°F]	T _{final} (°C) [°F]

Velocidad de corte	Lecturas Ascendentes	Lecturas Descendentes	Relación de Lecturas	Promedio de Lecturas

Tabla I. Lecturas realizadas en el Viscosímetro Rotacional sobre la lechada de Cemento H

Toma de Lecturas para la caracterización de esfuerzo gel de la lechada de cemento.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	52/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Velocidad de corte	Lecturas

T _{inicial} (°C) [°F]	T _{final} (°C) [°F]

Tabla II. Comportamiento gel de la estructura de la lechada de Cemento H.

6. Desarrollo de actividades

Actividad I

Desarrollo del Balance de materia y cálculo de materiales para la construcción de la Lechada de Cemento Clase H (solo si es necesario y si el alumno solicita el repaso, ya que el desarrollo de los cálculos se llevó a cabo previamente en la práctica 2).

Velocidad de corte [rpm]	Promedio de Lecturas [cp]

T _{inicial} (°C) [°F]	T _{final} (°C) [°F]

Velocidad de corte [seg ⁻¹]	Promedio de Lecturas [lb/100 ft ²]

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	53/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Velocidad de corte [rpm]	Promedio de Lecturas [cp]

T _{inicial} (°C) [°F]	T _{final} (°C) [°F]

Actividad II

Explicación de las partes que integran el Viscosímetro Rotacional y su manipulación de operación.

Operación del equipo Viscosímetro Rotacional.

1. Identifique la palanca de velocidades y el perno rojo del cambio de RPM del Viscosímetro Rotacional (Puede ensayar el manejo del dispositivo siempre y cuando el equipo este encendido o trabajando, es decir **NO MOVER EL PERNO ROJO SI EL EQUIPO NO ESTA ENCENDIDO.**
2. Colocar 350 ml del fluido fracturante previamente acondicionado e hidratado en el vaso del viscosímetro rotacional FANN 35a.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	54/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Coloque el vaso en la plataforma del equipo, y enciéndalo a 3RPM (**NO MOVER EL PERNO ROJO SI EL EQUIPO NO ESTA ENCENDIDO**) desplazando lentamente la base hasta que el fluido llega a la línea de tare o el fluido cubra los dos orificios de la camisa de revestimiento del viscosímetro rotacional. Posteriormente apague el equipo, y comience hacer lecturas Ascendentes y Descendentes respectivamente de modo que cada cambio con el PERNO ROJO y la PALANCA de ALTA y BAJA sean manipulados correctamente (**es decir, o manipula primero la velocidad: alta/baja o primero desplaza el perno en la posición deseada SIEMPRE Y CUANDO EL EQUIPO ESTE ENCENDIDO O TRABAJANDO**).
4. Cada cambio lo hará a los 10 seg de iniciado o prendido el equipo de tal forma que una persona vaya contando cada segundo que pasa entre cada cambio de velocidad y una persona más ira llevando registro de las lecturas proporcionadas por el operador del equipo.
5. Entiéndase entonces que se necesitan 3 personas para llevar a cabo la correcta toma de lecturas sobre el Viscosímetro Rotacional y la realización completa de esta prueba:
 - a) **1ra persona:** Operará el viscosímetro Rotacional FANN 35a **cada 10 seg haciendo lecturas ascendentes y descendentes respectivamente**, con la finalidad de que los cambios entre cada rpm y velocidades sean certeros así como las lecturas a cada 8 segundos, es decir 2 seg antes de cada cambio de velocidad y RPM.
 - b) **2da persona:** Ésta ira contacto con el empleo de un cronómetro, temporizador o sundero cada segundo **EN VOZ ALTA con la finalidad de que el operador del**

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	55/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

equipo (viscosímetro rotacional) al 8vo segundo dicte la lectura vista en el ojo de buey del equipo y posteriormente realice el cambio al segundo número 10.

c) 3ra persona: Solo tomará nota de las lecturas proporcionadas por el operador del equipo rotacional FAN 35a.

Actividad III

Breve reseña sobre el desarrollo de la práctica y el empleo de los equipos requeridos para llevar a cabo la práctica.

Actividad IV

Desarrollo Experimental de la Práctica 6 por parte de los alumnos.

NOTA 1: Se necesitan 3 personas para el desarrollo correcto de la manipulación tanto del equipo rotacional como de cotejo de datos a un cierto tiempo de trabajo de operación.

NOTA 2: Para efectos de esta práctica, el profesor dará una breve reseña de la importancia y uso de todos los equipos involucrados en la realización del Test con el fin de concientizar al alumno de la importancia del uso y cuidado de los equipos dentro del laboratorio, ya que son empleados en campo en la industria del petróleo como en los diferentes laboratorios de las empresas petroleras (PEMEX, HALLIBURTON, SCHLUMBERGER, IMP, ETC) y en esta institución de la UNAM.

Actividad V

Explicación del uso del formulario de Hidráulica para el desarrollo del ejemplo de caso (Ejercicio de Tarea para el aprendizaje del alumno).

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	56/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Observaciones y Conclusiones

- a) El alumno adquirirá la habilidad para comprender el comportamiento reológico de una lechada de cemento, sus parámetros reológicos y su comportamiento dentro de tubería y en el espacio anular.
- b) El alumno adquirirá la habilidad para desarrollar la hidráulica de una lechada de cemento dentro del pozo interpretando su comportamiento dentro de tubería y en el espacio anular.

8. Bibliografía

- e) Cementing I y II.
- f) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	57/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 7

Pérdida de Fluido por Filtrado excesivo en
una Lechada de Cemento.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	58/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución.

NOTA: Prueba de alto riesgo para el operador y para el/los espectadores, solo personal capacitado debe de operar el equipo para llevar a cabo la realización de este Test.

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Clase H	Altamente Tóxico por inhalación
2	Vaso de la Mezcladora Chandler	Barrido del sistema de aspas de mezclado por mala posición sobre el motor de la mezcladora Chandler
3	Motor de Mezcladora Chandler	Quema o corto de la bobina por la mala limpieza de la base del motor y el plug cuadrado (presencia de lechada fraguada que impide el buen funcionamiento)
3	Vaso de cristal para Cementos	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación del envase.
4	Consistómetro Atmosférico 165AT	El aceite mineral se encuentra a alta temperatura y puede salpicar directamente a los ojos o a las manos de quien no manipule correctamente su vaso (utilice guantes, goggles de seguridad, cubre boca y bata personal)
5	Filtro Prensa HP-HT FANN	El equipo opera a alta presión y alta temperatura, el mal uso o empleo de este equipo trae como consecuencia: quemaduras en las manos y brote del fluido (caliente) en ojos a alta presión. Se recomienda extremar precauciones utilizando todo el equipo de seguridad (Solo el encargado/titular del laboratorio está capacitado para operar este equipo)
6	Chaqueta de Calentamiento del Filtro Prensa con Calentador con resistencia	Quemaduras en las extremidades superiores debido a la rápida acción de incremento de temperatura sobre la chaqueta de calentamiento.
7	O-ring (4 anillos plásticos y uno de metal entre las conexiones y armadura del autoclave; así como 1 más entre el Filtro Prensa y el autoclave)	El desgaste de este o-ring puede provocar fuga de nitrógeno a alta presión y salida del fluido a alta presión (se recomienda revisar periódicamente el equipo)
8	Aditivos (Halliburton)	Riesgos severos a la salud en los diferentes sistemas del cuerpo humano por la inhalación de los sólidos pulverizados (se recomienda de forma rigurosa todo el equipo de seguridad para su manipulación en el Test)

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	59/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para determinar la pérdida de fluido por filtrado excesivo en una lechada de cemento.
- b) Concluya con comentarios fehacientes sobre la fase acuosa obtenida y su resultado sobre el filtro prensa (specimen).

II. Objetivos específicos:

- a) El alumno entenderá el concepto de filtrado excesivo sobre las lechadas de cemento y su repercusión sobre la mismas y el pozo.
- b) El alumno conocerá las partes que integran el equipo Filtro Prensa FANN HP-HT, su ensamble y manejo operativo.
- c) El alumno será capaz de entender el efecto de los aditivos empleados en la formulación de la lechada de cemento en un informe de laboratorio.
- d) El alumno comprenderá el uso de la gama de aditivos sobre una lechada de cemento para la evaluación de la calidad estable de la lechada en el proceso de su bombeo y caudal (flujo).
- e) El estudiante será capaz de realizar los cálculos necesarios (balance de materia) para obtener la cantidad de materiales empleados en la formulación de la lechada de tipo diseño.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	60/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción

La importancia de cualquier fluido introducido en el pozo debe de ser de extrema importancia debido a que si estamos trabajando sobre una ventana operativa éste no debe alcanzar o vencer a la presión de fractura de dicha area de trabajo pero tampoco debe presentar inestabilidad para controlar los fluidos de la formación.

Otro punto a favor sobre estos fluidos es que deben ser fácilmente bombeable, lo que implica que debe tener una cierta maleabilidad (viscosidad) para poderse trasladar al punto de interés (lugar o sitio de cementación) y que mejor que su bombeo no cause algún daño en la formación. Pero sabemos que todas las operaciones realizadas dentro del pozo sobre la formación le causan un daño. Esta Test es de suma importancia para valorar este tipo de daño.



Figura 1. Mezcladora Chandler.
AT



Figura 2. Consistómetro Atmosférico 165



Figura 3. Filtro Prensa FANN
(Halliburton)



Figura 4. Gama de Aditivos

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	61/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Recursos a emplear

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex.
- b) Guantes de Carnaza.
- c) Cubre bocas.
- d) Goggles de Seguridad.
- e) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- f) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- g) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánica/Granataria(Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Balanza digital.
- c) Mezcladora Chandler.
- d) Consistómetro Atmosférico 165AT(Solo se cuenta con un aspa/propela giratoria).
- e) Filtro Prensa HP-HT FANN.
- f) 2 Llaves Españolas del autoclave
- g) Cemento H/Cemento Normal.
- h) Agua de Mezcla.
- i) Aditivos especiales para cemento.

III. Instrumentos

- a) Cuchara Metálica con espátula.
- b) Jeringa.
- c) Espátula de Acero.
- d) Vaso de Cristal para Cementos.
- e) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- f) Jarra de plástico con bolsa para el desecho de los residuos.
- g) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	62/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Fundamento Teórico

❖ Presentación de conceptos.

La lechada, una vez que ha sido preparada y después mezclada, debe vaciarse inmediatamente en la copa del consistómetro atmosférico para preacondicionarla. La copa deberá estar a temperatura ambiente, para evitar la posibilidad de un choque térmico en los aditivos sensibles a la temperatura que se estén empleando en la prueba (L.D), una vez preacondicionada la lechada, se debe acondicionar ésta sobre el filtro prensa en no más de 1 minuto evitando nuevamente el choque térmico.

¿Realmente es importante el acondicionar una lechada con aditivos?

Cuando se mezclan cemento en polvo, aditivos y agua, se forma una nueva estructura en toda la lechada y que estará de acuerdo a la gama de aditivos empleadas y a la función que estos proveen para su uso dentro del pozo, esto es resultado de la interacción electrostática entre las partículas de todos los materiales involucrados.

¿Para qué me sirve entonces el Filtro Prensa y/o sus parámetros arrojados?

Anteriormente mencionamos que una vez preacondicionada la lechada, ésta formaba una nueva estructura, los parámetros obtenidos sobre el Filtro Prensa no darán de manera clara y precisa el comportamiento del tipo de fluido con el cual estamos trabajando.

❖ Datos necesarios.

Toma de Lecturas para la prueba de Pérdida de Fluido por Filtrado Excesivo sobre una lechada de cemento.

Las lecturas de esta prueba sobre la lechada deben reportarse a la temperatura y presión establecidas por la norma API.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	64/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad IV

Desarrollo del Balance de materia y cálculo de materiales para la construcción de la Lechada de diseño con Cemento Clase H. (Ejercicio de Tarea para el aprendizaje del alumno).

Elabore el diseño de una lechada de cemento empleada en un pozo geotérmico. Utilice toda la información proporcionada.

Datos :

- **Cemento Clase H**
 - $G_c = 3.16$ [kg/lt]
 - Requerimiento de Agua=38%

- **CFR-4 (RF)**
 - $G_c = 3.16$ [kg/lt]
 - 55% por peso de cemento
 - Requerimiento de Agua=30%

- **SSA-1 (Ag S)**
 - 30% por peso de cemento
 - Requerimiento de agua = 35%

- **Volumen de lechada por norma API = 0.6 [lt]**

Nuestro balance de materia quedaría de la siguiente forma:

Material	Peso [kg]	Agua [lt]	Rendimiento [lt]	Fracción [%]
Total				

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	65/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Observaciones y Conclusiones

El alumno adquirirá la habilidad paramanipular un equipo con alta presión y alta temperatura dentro del laboratorio C205, de modo que identificará las conexiones de entrada y salida de alta presión así como los riesgos de trabajo que implica el no manipular adecuadamente el equipo en cuestión.

8. Bibliografía

- a) Cementing I y II.
- b) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	66/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 8

Esfuerzo Compresivo de una Lechada de Cemento.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	67/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución.

NOTA: Prueba de alto riesgo para el operador y para el/los espectadores, solo personal capacitado debe de operar el equipo para llevar a cabo la realización de este Test.

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Clase H	Altamente Tóxico por inhalación
2	Vaso de la Mezcladora Chandler	Barrido del sistema de aspas de mezclado por mala posición sobre el motor de la mezcladora Chandler
3	Motor de Mezcladora Chandler	Quema o corto de la bobina por la mala limpieza de la base del motor y el plug cuadrado (presencia de lechada fraguada que impide el buen funcionamiento)
3	Vaso de cristal para Cementos	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación del envase.
4	Consistómetro Atmosférico 165AT	El aceite mineral se encuentra a alta temperatura y puede salpicar directamente a los ojos o a las manos de quien no manipule correctamente su vaso (utilice guantes, goggles de seguridad, cubre boca y bata personal)
5	Cámara de Curado	El equipo opera a alta presión y alta temperatura, el mal uso o empleo de este equipo trae como consecuencia: quemaduras en las manos y brote del fluido (caliente) en ojos a alta presión. Se recomienda extremar precauciones utilizando todo el equipo de seguridad (Solo el encargado/titular del laboratorio está capacitado para operar este equipo)
6	Calentador con resistencia	Quemaduras en las extremidades superiores debido a la rápida acción de incremento de temperatura sobre la chaqueta de calentamiento.
7	Bomba Presurizadora de la cámara de curado	El mal ajuste de su conexión con la cámara de curado puede originar severos golpes en el rostro o en las extremidades debido al chicotazo de la manguera sin previo desfogue en su presión. (se recomienda revisar periódicamente el equipo y comprobar su ajuste en el Test de prueba)
8	Autoclave de la Cámara de Curado.	1.- La mala manipulación puede provocar fractura sobre alguna extremidad inferior (pie, pierna, rodilla) debido al peso del Acero. 2.- Aplastamiento de las palmas entre la tapa y la chaqueta de calentamiento (se recomienda de forma rigurosa el uso completo del equipo de seguridad para la realización del Test)

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	68/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9	Prensa Hidráulica	Se prohíbe estrictamente el colapso, la destrucción total o la explosión de bloques de cementos cúbicos fraguados en la Prensa Hidráulica ya que la fuerza generada provoca la DESCALIBRACIÓN IRREVERSIBLE SOBRE EL EQUIPO y las partículas sólidas disparadas hacia el exterior pueden alojarse en los ojos de quien manipule el bastón o palanca de admisión.
---	-------------------	--

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para determinar la resistencia al esfuerzo compresivo de un bloque de cemento fraguado bajo condiciones de presión y temperatura que simulan las condiciones de fondo Estático de pozo.
- b) Calcule el esfuerzo compresivo entre dos bloques fraguados de cementos distintos.
- c) Elaborare una conclusión (o más) con los resultados obtenidos sobre las muestras fraguadas probadas (especímenes).

II. Objetivos específicos:

- a) El alumno adquirirá la capacidad de calcular el esfuerzo compresivo de un bloque de cemento fraguado.
- b) El alumno comprenderá la diferencia entre fuerza compresiva y esfuerzo compresivo.
- c) El alumno entenderá la importancia de la resistencia compresiva en una lechada de cemento y las fuerzas que intervienen sobre ésta dentro del pozo.
- d) El alumno comprenderá el uso y/o empleo de aditivos químicos que proporcionen resistencia compresiva a una lechada de cemento.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	69/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- El alumno será capaz de imaginar el efecto de colapso de una tubería por el efecto de fallamiento de la resistencia compresiva de un bloque de cemento.

III. Introducción:

La resistencia a la compresión es el grado de resistencia del cemento fraguado a una fuerza compresiva por unidad de área, de tal manera que tienda a colapsarlo; generalmente se expresa en libras sobre pulgada cuadrada. El endurecimiento del cemento (fraguado) deberá desarrollar suficiente resistencia a la compresión, para asegurar el revestimiento en el agujero y soportar las presiones diferenciales que se tendrán a lo largo de la columna. La resistencia a la compresión se incrementa con la densidad de la lechada.



Figura 1. Mezcladora Chandler.

AT



Figura 2. Consistómetro Atmosférico 165



Figura 3. Cámara de Curado
CARVER



Figura 4. Prensa Hidráulica

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	70/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Recursos a emplear

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex.
- b) Guantes de Carnaza.
- c) Cubre bocas.
- d) Goggles de Seguridad.
- e) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- f) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- g) Zapatos de seguridad

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánica/Granataria(Solo se cuenta con un juego de Pesas).
- b) Mezcladora Chandler.
- c) Consistómetro Atmosférico 165AT (Solo se cuenta con un aspa/propela giratoria).
- d) Cemento Clase H.
- e) Agua de Mezcla.
- f) Calentador con resistencia.
- g) Bomba de Admisión de Presión.
- h) Cámara de Curado con:
 1. Autoclave.
 2. Chaqueta de Calentamiento.
 3. Bomba de Admisión de Presión.
 4. Calentador con resistencia.
 5. 2 moldes cúbicos (Solo se cuenta con 1 llave allen de trabajo).
 6. 1 Llave con cadena.
 7. 1 Llave perico

III. Instrumentos

- a) Espátula de acero.
- b) Cuchara metálica con espátula.
- c) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	71/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- d) Probeta de plástico graduada
- e) Vaso de cristal para Cementos.
- f) Jeringa.
- g) Bastón de cristal.
- h) Cinta de Aislar.
- i) Recipiente con aceite quemado o grasa
- j) 1 Tijera
- k) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado

5. Fundamento Teórico

❖ Presentación de conceptos.

La lechada, una vez que ha sido preparada y después mezclada, debe vaciarse inmediatamente en la copa del consistómetro atmosférico para preacondicionarla. La copa deberá estar a temperatura ambiente, para evitar la posibilidad de un choque térmico en los aditivos sensibles a la temperatura que se estén empleando en la prueba (L.D o L. B), una vez preacondicionada la lechada, se debe acondicionar sobre la Cámara de Curado no más de 5 minutos evitando nuevamente el choque térmico.

- a) ¿Realmente es importante el acondicionar una lechada antes de curarla?

Cuando se mezclan cemento en polvo, aditivos y agua, se formará una nueva estructura en toda la lechada ya que ésta estará de acuerdo a la gama de aditivos empleadas y a la función que estos proveerán para su uso dentro del pozo, esto es resultado de la interacción electrostática entre las partículas de todos los materiales involucrados, brindándole así a la lechada un cierto valor de dureza o de esfuerzo compresivo.

- b) ¿Para qué me sirve entonces la Cámara de Curado, sus accesorios y/o los parámetros arrojados?

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	72/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Es cierto que la propia naturaleza de hechura del cemento nos brinda cierta resistencia, pero no la suficiente o requerida sobre los parámetros del pozo a cementar, es de ésta que podemos evaluar la calidad de resistencia de una lechada fraguada sobre las condiciones y/o esfuerzos del pozo, de otra forma; solo estaríamos evaluando su calidad.

❖ Datos necesarios.

Toma de Lecturas para la prueba de Resistencia Compresiva de un bloque fraguado de una lechada de cemento.

Las lecturas de resistencia de esta prueba sobre la lechada fraguada (molde) deben reportarse al finalizar el Test y compararse con las de la norma API.

T	Lb

Figura 5. Tablas de Resistencia

6. Desarrollo de actividades

Actividad I

Breve reseña sobre el desarrollo de la práctica, la manipulación y empleo de los equipos requeridos para llevar a cabo la práctica.

Actividad II

Explicación de las partes que constituyen la Cámara de Curado, su manipulación de ensamble y operación.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	73/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad III

Desarrollo Experimental de la Práctica 8 por parte de los alumnos.

Actividad IV

Desarrollo Visual de los conceptos Colapso y fallamiento mediante el empleo de los moldes cúbicos fraguados, es entonces cuando el alumno será capaz de imaginar el efecto de colapso de una tubería por el efecto de la resistencia compresiva de un cemento

T	EC

Gráfica del esfuerzo compresivo de la(s) muestra(s) de cemento (clase h/normal) curada.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	74/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Observaciones y Conclusiones

El alumno adquirirá la habilidad para entender la importancia de la resistencia compresiva de una lechada con respecto a su posición dentro del pozo, Entenderá el riesgo que implica manipular un equipo con alta presión y alta temperatura dentro del laboratorio C205, de modo que identificará las conexiones de entrada y salida de alta presión así como los riesgos de trabajo al no manipular adecuadamente el equipo en cuestión.

8. Bibliografía

- a) Cementing I y II.
- b) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.

(HOJA DE OPERACIONES PARA EL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD 5 DE LA PRÁCTICA #8).

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	75/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica 9

Tiempo Bombeable de una Lechada de Cemento

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	76/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución.

NOTA: Prueba de alto riesgo para el operador y para el/los espectadores, solo personal capacitado debe de operar el equipo para llevar a cabo la realización de este Test.

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Cemento Clase H	Altamente Tóxico por inhalación
2	Vaso de la Mezcladora Chandler	Barrido del sistema de aspas de mezclado por mala posición sobre el motor de la mezcladora Chandler
3	Motor de Mezcladora Chandler	Quema o corto de la bobina por la mala limpieza de la base del motor y el plug cuadrado (presencia de lechada fraguada que impide el buen funcionamiento)
3	Vaso de cristal para Cementos	Frágil y muy fácil de romperse ocasionando cortaduras a los usuarios por manipulación del envase.
4	Consistómetro Atmosférico 165AT	El aceite mineral se encuentra a alta temperatura y puede salpicar directamente a los ojos o a las manos de quien no manipule correctamente su vaso (utilice guantes, goggles de seguridad, cubre boca y bata personal)
5	Consistómetro HP-HT para Cementos	El equipo opera a alta presión y alta temperatura, el mal uso o empleo de este equipo traería consecuencias sobre el operador y los espectadores, así como la descompostura total del equipo: quemaduras en las manos, rostro y brote del fluido (caliente) en los ojos por la alta presión de trabajo. Se recomienda extremar precauciones utilizando todo el equipo de seguridad (Solo el encargado/titular del laboratorio está capacitado para operar este equipo)

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivos generales:

- a) Describir de manera clara y específica el procedimiento para determinar el tiempo bombeable de una lechada de cemento.

II. Objetivos específicos:

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	77/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- a) El alumno comprenderá la diferencia entre bombeabilidad de una lechada de cemento y tiempo Bombeable de una lechada de cemento.
- b) El alumno adquirirá la capacidad de reconocer las partes que integran cualquier Consistómetro Presurizado HP-HT.
- c) El alumno será capaz de interpretar una carta de tiempo Bombeable y determinar si la lechada (calidad/diseño) tiene las características apropiadas para la operación de cementación de un pozo.
- d) El alumno adquirirá la capacidad de calcular el tiempo Bombeable de una lechada de cemento y su ajuste en las cédulas de bombeo.

3. Introducción:

El resultado de la prueba de laboratorio para tiempo bombeable sirve como un indicador del tiempo disponible para bombear una lechada dentro del pozo. Las condiciones de prueba en el laboratorio deben representar el tiempo, la presión y la temperatura a las que una lechada de cemento estará expuesta durante la operación de bombeo.



Figura 1. Mezcladora Chandler.



Figura 2. Consistómetro Atmosférico 165 AT

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	78/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 3. Consistómetro Presurizado HP-HT

4. Recursos a emplear

I. Equipo de Seguridad.

- a) Guantes de Látex.
- b) Guantes de Carnaza.
- c) Cubre bocas.
- d) Goggles de Seguridad.
- e) Bata Personal o Camisa de Algodón con Manga Larga.
- f) Pantalón de Mezclilla con Camisa de manga larga.
- g) Zapatos de seguridad.

II. Material y Equipos y/o Dispositivos Mecánicos

- a) Balanzas Mecánica/Granataria(Solo se cuenta con 1 juego de Pesas).
- b) Mezcladora Chandler.
- c) Consistómetro Atmosférico 165AT (Solo se cuenta con 1 aspa/propela giratoria).
- d) Consistómetro HP-HT.
- e) Cemento Clase H.
- f) Agua de Mezcla.

III. Instrumentos

- a) Espátula de acero.
- b) Cuchara metálica con espátula.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	79/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- c) Jarra de Plástico con capacidad de 2 [lt]
- d) Vaso de cristal para Cementos.
- e) Jeringa.
- f) Escobillones, zacate y jabón para lavado del instrumental empleado.

5. Fundamento Teórico

❖ Presentación de conceptos.

El resultado de la prueba de laboratorio para tiempo bombeable sirve como un indicador del tiempo disponible para bombear una lechada dentro del pozo. Las condiciones de prueba en el laboratorio deben representar el tiempo, la presión y la temperatura a las que una lechada de cemento estará expuesta durante la operación de bombeo.

❖ Datos necesarios.

Toma de Lecturas para la prueba de Tiempo Bombeable de una lechada de cemento.

Las lecturas de resistencia de esta prueba sobre la lechada fraguada (molde) deben reportarse al finalizar el Test y compararse con las de la norma API

T	C	T	P

Figura 3. Tabla de T.B

NOTA: Debe entregarse un reporte donde se anote el tiempo bombeable obtenido con el tipo de cemento en una Tabla T.B.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	80/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Desarrollo de actividades

Actividad I

Breve reseña sobre el desarrollo de la práctica, la manipulación y empleo de los equipos requeridos para llevar a cabo la práctica.

Actividad II

Explicación de las partes que integran el consistómetro HP-HT, su manipulación de ensamble y operación.

Actividad III

Desarrollo Experimental de la Práctica 9 por parte de los alumnos.

Actividad IV

Desarrollo Visual del Tiempo Bombeable de una lechada de Cemento.

Gráfica de la carta de tiempo bombeable del cemento clase h.

7. Observaciones y Conclusiones

El alumno adquirirá la habilidad para entender la importancia del tiempo bombeable de una lechada así como el de la bombeabilidad de una lechada con respecto a la posición de cementación dentro del pozo. Entenderá el riesgo que implica manipular un equipo con alta presión y alta temperatura dentro del laboratorio C205, así como los riesgos de trabajo al no manipular adecuadamente el equipo en cuestión. Adquirirá la habilidad para desarrollar un informe solicitado al laboratorio para la elaboración de una lechada estable y con todos los parámetros requeridos para llevar a cabo la cementación de un pozo.

	Manual de Prácticas del Laboratorio de Perforación de Pozos	Código:	MADO-42
		Versión:	01
		Página	81/82
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	2 de febrero de 2018
Facultad de Ingeniería	Área/Departamento: Laboratorio de Perforación y terminación de pozos		
La impresión de este documento es una copia no controlada			

8. Bibliografía

- g) Cementing I y II.
- h) Estudio Experimental para evaluación de Lechadas de Cemento empleadas en Aguas Profundas y Ultra profundas.