

Nº de Documento: PROY-NRF-069-PEMEX-2002	 <p>PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>
Rev.: 0	
Fecha: 28/ 02 / 2002 PÁGINA 1 DE 17	

CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS

PROY



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CEMENTO CLASE "H"
EMPLEADO EN POZOS
PETROLEROS

No. de Documento
PROY-NRF - 069 - PEMEX - 2002

Revisión: 0

PÁGINA 2 DE 17

HOJA DE APROBACION

ELABORA:

ING. MANUEL PACHECO PACHECO
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:

ING. LUIS RAMÍREZ CORZO
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX-EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA:

ING. RAFAEL FERNÁNDEZ DE LA GARZA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CEMENTO CLASE "H"
EMPLEADO EN POZOS
PETROLEROS

No. de Documento
PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002
Revisión: 0
PÁGINA 3 DE 17

CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN	4
1. OBJETIVO	5
2. ALCANCE	5
3. CAMPO DE APLICACIÓN	5
4. ACTUALIZACION	5
5. REFERENCIAS	6
6. DEFINICIONES	6
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	8
8. DESARROLLO	10
8.1 Clase.	10
8.2 Especificaciones.	10
8.3 Muestreo.	11
8.4 Pruebas Químicas.	12
8.5 Pruebas Físicas.	13
9. RESPONSABILIDADES	16
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES	16
11. BIBLIOGRAFÍA	16

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 4 DE 17
---	---	--

0. INTRODUCCIÓN.

Las fuertes variaciones en la respuesta a los aditivos, observadas entre lotes fabricados de cemento Clase API, las condiciones severas de algunos pozos, son factores que obligan a elaborar sistemas de diseño de lechadas, sofisticados, difíciles de controlar, costosos por los altos porcentajes de aditivos que intervienen y emplean mucho tiempo de diseño. El cemento clase "H", fue seleccionado para corregir estas variaciones, por ser el de mayor calidad con que se cuenta en el ámbito mundial. Así mismo ha sido necesario realizar una serie de pruebas, para establecer los parámetros de control de la calidad del cemento, debido a que la especificación 10 y sus Apartados 10A "Specification for Cements and Materials for Well Cementing", y 10 B "Recommended Practice for Testing Well Cements", de las Normas API, o equivalentes, dejan sin control varios parámetros y a otros les fija valores muy amplios con baja eficiencia en el control de calidad del cemento. Un cemento Clase "H" de buena calidad proporciona alta resistencia a la compresión, resistencia al ataque químico, buen sello hidráulico entre capas del subsuelo y bajo consumo de aditivos, convirtiéndose en un producto con características técnicas aceptables y económicamente rentable.

Este documento normativo se realizó en atención y cumplimiento a:

- La Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- La Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.
- Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.
- La Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.
- Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.
- Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas NMX-Z-13/1-1977.
- Guía para la Emisión de Normas de Referencia de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Participaron en su elaboración las áreas de Petróleos Mexicanos, Instituciones y empresas que se indican a continuación:

Pemex Exploración y Producción.

Petróleos Mexicanos.

Instituto Mexicano del Petróleo.

Cementos Apasco, S.A. de C.V.

BJ Services Company Mexicana, S.A de C.V.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 5 DE 17
---	---	--

1. OBJETIVO.

Asegurar que la calidad del cemento utilizado en todas las operaciones de cementación de pozos petroleros, reúna las propiedades y características necesarias para soportar las condiciones de trabajo a las que estará expuesto.

2. ALCANCE.

Esta norma de referencia cubre las especificaciones de calidad del cemento Clase "H" de acuerdo a la especificación 10 del API o equivalente, de alta resistencia a los sulfatos, baja reactividad a álcali, agregado y bajo calor de hidratación, hace referencia a los métodos de pruebas químicas y físicas, que determinan el grado de calidad del cemento utilizado en la cementación de pozos petroleros.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y de observancia obligatoria para la adquisición del material objeto de la misma, en las actividades de cementación de pozos petroleros que lleven a cabo los centros de trabajo de Pemex Exploración y Producción, a través de empresas de servicio o por administración. Por lo tanto, debe ser incluida en las bases de licitación pública, en los procedimientos de invitación a cuando menos tres personas, por adjudicación directa y en las solicitudes de cotización; así como en los contratos correspondientes, como parte de los requisitos que debe cumplir el interesado y en su caso el fabricante o prestador de servicios.

4. ACTUALIZACION.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de PEP, quien deberá programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas, y en su caso, procederá a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, a inscribirla en el programa anual de Normalización de Pemex. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar, al menos cada 5 años ó antes, si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito a:

Pemex Exploración y Producción.

Subcomité Técnico de Normalización.

Bahía de Ballenas #5, Edificio "D", 9° Piso.

Col. Verónica Anzures.

11311 México, D.F.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 6 DE 17
---	---	--

Teléfono directo: 55-45-20-35.

Comutador: 57-22-25-00, extensión: 3-26-90.

5. REFERENCIAS.

- 5.1 NOM-008-SCFI-1993 Sistema general de Unidades de Medida.
- 5.2 NMX-C-049-1997-ONNCCE Industria de la Construcción - Método de Prueba para la Determinación de la Finura de Cementantes Hidráulicos mediante el Tamiz No. 130 m.
- 5.3 NMX-C-056-1997-ONNCCE Industria de la Construcción - Determinación de la Finura de los Cementantes Hidráulicos (Método de Permeabilidad al Aire).
- 5.4 NMX-C-152-1997-ONNCCE Industria de la Construcción Cementantes Hidráulicos - Método de Prueba para la Determinación del Peso Específico de Cementantes Hidráulicos.
- 5.5 NMX-C-414 -1999-ONNCCE Industria de la Construcción - Cementos Hidráulicos - Especificaciones y Métodos de Prueba.
- 5.6 DGN-C-130 Muestreo de Cementantes Hidráulicos.
- 5.7 DGN-C-131 Determinación del Análisis Químico de Cementantes Hidráulicos.

6. DEFINICIONES.

6.1 Agua libre.

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

6.2 Agua mínima.

Es la relación de agua que proporciona una viscosidad de 30 unidades API de consistencia. (Es la mínima relación de agua que puede usarse en una mezcla para obtener una lechada bombeable).

6.3 Agua normal.

Es la relación de agua que proporciona una viscosidad de 11 unidades API de consistencia. (Es el agua recomendada para mezclar un cemento).

6.4 Cemento.

Es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena, grava, asbesto, u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 7 DE 17
---	---	--

virtud de las reacciones químicas que ocurren durante la hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad.

6.5 Clinker.

Es el cemento producto del horno, sin la adición del yeso dihidratado y antes de molerlo al tamaño de grano que corresponda a la clase de cemento especificado.

6.6 Consistómetro atmosférico.

Equipo empleado para determinar la consistencia de la lechada a condiciones atmosféricas.

6.7 Densidad de la lechada.

Es el peso por volumen (g/cm³) de la lechada de cemento.

6.8 Lechada de cemento.

Mezcla de cemento y agua a diferentes proporciones.

6.9 Lote.

Cantidad de material que se prepara en una molienda de cemento a granel o en saco, motivo de la transacción comercial ó reclamación.

6.10 Muestra representativa.

Conjunto de especímenes mezclados para formar una muestra homogénea.

6.11 Muestra representativa reducida.

Conjunto de muestras tomadas durante la fabricación de un lote las cuales se homogeneizan para formar una muestra general con un peso aproximado de 10 kg.

6.12 Muestra para análisis.

La mitad de la muestra representativa reducida, suficiente para verificar en ella todas las pruebas requeridas por ésta Norma.

6.13 Punto de cedencia.

Fuerza aplicada a un fluido para iniciar su movimiento. Parámetro reológico de los fluidos en el modelo plástico de Bingham.

6.14 Relación de agua.

Es la relación del peso del agua usada con respecto al peso del cemento usado.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 8 DE 17
---	---	--

6.15 **Reología.**

Es la parte de la física que estudia los parámetros de deformación y en general el flujo de fluidos, mediante un viscocímetro rotacional en el cual se obtienen lecturas de esfuerzos a la torsión a diferentes velocidades de rotación.

6.16 **Sulfato de calcio dihidratado.**

Yeso natural empleado en la fabricación del cemento clase "H", el cual contiene 2 moléculas de agua por una molécula de yeso, en su composición química.

6.17 **Tiempo bombeable en cédula 5.**

Es el tiempo que tarda el cemento en fraguar, el cual debe estar comprendido en el rango de 90 min (mínimo) a 120 min (máximo) y a una temperatura de circulación en el fondo del pozo de 325 K (52°C) y una presión de 35,600 KPa (5160 lbs/pulg²).

6.18 **Viscosidad plástica.**

Parámetro reológico de los fluidos en el modelo plástico de Bingham.

7. **SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.**

ABc = Unidades de consistencia o unidades Bearden, en el consistómetro atmosférico.

CaO L =Cal libre u óxido de calcio libre

cc = Centímetro cúbico

C₂S = Silicato dicálcico

C₃S = Silicato tricálcico

C₃A = Aluminato tricálcico

C₄AF= Aluminoferrita tetracálcico

cm² = Centímetro cuadrado

cp = Centipoise

°C = Grados centígrado

K = Grados Kelvin

g = Gramo

°F = Grados Fahrenheit

± = Más o menos



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CEMENTO CLASE "H"
EMPLEADO EN POZOS
PETROLEROS

No. de Documento
PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002
Revisión: 0
PÁGINA 9 DE 17

lbf = Libra fuerza

K₂O = Oxido de potasio

MgO = Oxido de magnesio

Micra = Milésima de milímetro

ml = Mililitro

Na₂O eq = Contenido álcalis totales

Plgn = Pérdida por ignición

pie² = Pie cuadrado

% = Porciento

RI = Residuos Insolubles

SO₃ = Trióxido de Azufre

Min = Minuto

Na₂O = Oxido de Sodio

Pulg = Pulgada

pulg² = Pulgada cuadrada

θ300 = Lectura a 300 rpm

θ100 = Lectura a 100 rpm

kg = Kilogramo

t = Tonelada métrica

ρ = Densidad

t = Tiempo de prueba

API = American Petroleum Institute

Mpa = Mega Pascal

p = Peso de la masa

Vf = Volumen final (cm³ y/o ml.)

seg = Segundo

rpm = Revoluciones por minuto

Vp = Viscosidad plástica

Pc = Punto de cedencia (lbf/100 pie²)



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CEMENTO CLASE "H"
EMPLEADO EN POZOS
PETROLEROS

No. de Documento
PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002
Revisión: 0
PÁGINA 10 DE 17

8. DESARROLLO.

Esta norma cubre los requerimientos para la fabricación del cemento Clase "H", así mismo establece las especificaciones, los requerimientos físicos y químicos y hace referencia a los procedimientos de prueba.

8.1 Clase.

El cemento aquí especificado, es API, Clase "H" o equivalente, para alta resistencia a los sulfatos, baja reactividad a álcali agregado y bajo calor de hidratación.

8.2 Especificaciones.

Las especificaciones químicas y físicas para el Cemento Clase "H", que se establecen en la Tabla 1, deben ser comprobadas por laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación. Al Clinker no deberá adicionarse ningún otro agregado diferente al sulfato de calcio dihidratado y agua, durante el proceso de fabricación.

Tabla 1. Especificaciones Químicas y Físicas para el Cemento Clase "H"

Análisis Químico	Especificaciones	
	Unidades	Contenido
Oxido de Magnesio (MgO)	% en peso	2 máximo
Trióxido de Azufre (SO ₃)	% en peso	3 máximo
Pérdida por Ignición (PIgn)	% en peso	1.5 máximo
Residuos Insolubles (RI)	% en peso	0.5 máximo
Cal libre (CaO L)	% en peso	0.5 máximo
Contenido de Álcalis Totales (Na ₂ O eq)	% en peso	0.6 máximo
Mineralogía		
Silicato Tricálcico (C ₃ S)	% en peso	58 mínimo 65 máximo
Aluminato Tricálcico (C ₃ A)	% en peso	3 máximo
Aluminoferrita Tetracálcico (C ₄ AF)	% en peso	15 máximo
Ánálisis Físico		
Densidad Específica	(g/cc)	3.14 ± 0.03
Área de Superficie Específica	(cm ² /g)	2700 ± 50
Tamaño Promedio de Partícula	(micras)	15 mínimo 25 máximo
Requerimiento de Agua	(%)	38 máximo
Propiedades Reológicas		
Viscosidad Plástica	(cp)	35 mínimo 60 máximo
Punto de Cedencia	(lbf/100 pie ²)	65 máximo
Densidad de la Lechada	(g/cc)	1.98 ± 0.01
Agua Libre	(%)	5.9 máximo
Tiempo bombeable en cédula 5	(min)	90 mínimo 120 máximo
Resistencia a la Compresión		
8 hrs a temperatura de 311 K (38°C) y presión atmosférica	MPa (lb/pg ²)	2.07 (300) mínimo
8 hrs a temperatura de 333 K (60°C) y presión atmosférica	MPa (lb/pg ²)	10.34 (1500) mínimo

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 11 DE 17
---	---	---

8.3 Muestreo.

Las especificaciones y métodos de prueba, deben cumplir con los requisitos de la NMX-C-414-ONNCCE -1999.

8.3.1 Objetivo.

Obtener las muestras representativas durante la producción del lote, para la realización de las pruebas que garanticen la calidad del cemento.

8.3.2 Frecuencia.

La frecuencia del muestreo se debe realizar de acuerdo a lo siguiente:

- A intervalos de cada hora durante el proceso de producción.
- En el total del lote de cemento producido.

8.3.3 Tiempo de muestreo y pruebas.

La muestra representativa (suma y mezcla de las muestras horarias) debe de ser probada, como máximo, en las siguientes 48 hrs transcurridas después de la toma de la última muestra.

8.3.4 Procedimiento de muestreo.

Los muestreos se deben realizar de acuerdo a los procedimientos establecidos en la Norma DGN-C-130 ó ASTM-C183 ó equivalente.

8.3.5 Calibración del equipo.

La calibración del equipo para muestreo, pruebas y análisis, debe cumplir con patrones nacionales o internacionales y ser verificada a través de laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación, que aseguren el cumplimiento con los requisitos de esta Norma y en las unidades de medida de acuerdo a la NOM-008-SCFI-1993.

8.3.6 Equipo para muestreo de cemento.

El equipo para muestreo de cemento debe ser acorde a lo establecido en el ASTM-C-183 ó equivalente.

8.3.7 Equipo y materiales para preparar la muestra para análisis.

- Hoja de plástico de densidad 2, dimensiones de 1.5 m X 1.5 m para homogeneizar la muestra o mezclador mecánico.
- Balanza con sensibilidad de acuerdo a la Tabla No. 5 de la especificación API 10A última edición, ó equivalente.
- Frasco de polietileno de boca ancha, de capacidad de 5 kg y cierre hermético.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 12 DE 17
---	---	---

8.3.8 Criterio de aceptación o rechazo.

El criterio a seguir para la aceptación o rechazo del lote será el siguiente:

- Se aceptará el lote, si todos los resultados de las pruebas de la muestra representativa reducida, cumplen con las especificaciones de esta Norma, indicadas en la tabla 1.
- Se rechazará el lote si uno o más de los resultados de las pruebas de la muestra representativa reducida no cumplen con los requisitos de esta Norma, de acuerdo a la tabla 1.

8.3.9 Registros y documentación.

El fabricante del cemento, debe entregar al representante de Pemex Exploración y Producción la documentación con los resultados de los muestreos, análisis, pruebas químicas y físicas establecidas en esta norma, en el momento de su realización o adquisición del lote.

8.4 Pruebas químicas.

8.4.1 Determinación del análisis químico del cemento, mediante espectrometría de rayos X.

El método de prueba para la determinación del análisis químico (composición) del cemento, debe apegarse a lo establecido en la Norma DGN-131 ó en el ASTM C-114 ó equivalente.

8.4.1.1 Objetivo. Determinar el contenido de óxido de silicio (SiO_2), óxido de calcio combinado (CaO), óxido de magnesio (MgO), óxido férrico (Fe_2O_3), óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de sodio (Na_2O), óxido de potasio (K_2O) y trióxido de azufre (SO_3).

Los valores máximos permitidos para estos compuestos químicos, en porciento (%) para el cemento clase "H",, están dados en la Tabla 1.

8.4.1.2 Cálculos. Con los resultados obtenidos por el método de espectrometría y análisis químico se pueden calcular :

Álcalis totales (Na_2O eq), Silicato Tricálcico (C_3S), Aluminato Tricálcico (C_3A) y Aluminoferrito Tetracálcico (C_4AF).

Los cálculos deben apegarse a lo descrito en la Norma ASTM G150 Specification for Portland Cement ó equivalente.

Cuando el contenido de Aluminato Tricálcico (expresado como C_3A) del cemento es 8% o menos, el contenido máximo de SO_3 debe ser 3 %.

Cuando la relación de los porcentajes de Al_2O_3 a Fe_2O_3 es 0.64 o menor, el contenido de C_3A debe ser cero. Cuando la relación de los porcentajes de Al_2O_3 a Fe_2O_3 es mayor a 0.64, los componentes deben ser calculados con las siguientes fórmulas:

$$C_3A = (2.65 \times \% Al_2O_3) - (1.69 \times \% Fe_2O_3)$$

$$C_4AF = 3.04 \times \% Fe_2O_3$$

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 13 DE 17
---	---	---

$$C_3S = (4.07 \times \% \text{ CaO}) - (7.60 \times \% \text{ SiO}_2) - (6.72 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (1.43 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2.85 \times \% \text{ SO}_3)$$

$$C_2S = (2.87 \times \% \text{ SiO}_2) - (0.755 \times C_3S)$$

Cuando la relación de los porcentajes de Al_2O_3 a Fe_2O_3 es menor de 0.64, el C_8S deberá ser calculado con la siguiente fórmula:

$$C_3S = (4.07 \times \% \text{ CaO}) - (7.60 \times \% \text{ SiO}_2) - (4.48 \times \% \text{ Al}_2\text{O}_3) - (2.86 \times \% \text{ Fe}_2\text{O}_3) - (2.85 \times \% \text{ SO}_3)$$

$$C_2S = (2.87 \times \% \text{ SiO}_2) - (0.755 \times C_3S)$$

El equivalente de óxido de sodio (expresado como Na_2O eq) debe ser calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Na}_2\text{O} \text{ equivalente} = (0.658 \times \% \text{ K}_2\text{O}) + (\% \text{ Na}_2\text{O})$$

Nota:- Las expresiones químicas determinadas por medio de cálculo, indican compuestos que no necesariamente están presentes como tales.

8.4.2 Otras determinaciones no obtenidas por Rayos X.

8.4.2.1 Objetivo. Determinar el contenido del Residuo Insoluble (RI), Pérdida por Ignición (Plgn) y Cal Libre (CaO L).

8.4.2.2 Residuo Insoluble. El método de prueba debe apegarse a lo descrito en la Norma DGN-C-131 o ASTM C-114 ó equivalente.

8.4.2.3 Pérdida por Ignición. El método de prueba para la determinación de la pérdida por ignición, debe apegarse a lo descrito en la Norma Mexicana DGN-C-131 ó en la Norma ASTM C-114 ó equivalente.

8.4.2.4 Determinación de cal libre. El método de prueba para la determinación de cal libre, debe apegarse a lo descrito en la Norma Mexicana DGN-C-131 ó en la Norma ASTM C-114 ó equivalente.

Los valores máximos permitidos para estos parámetros deben estar de acuerdo a lo establecido en la Tabla 1.

8.5 Pruebas Físicas.

8.5.1 Determinación del peso específico de cementantes hidráulicos. (Método del matraz de Le Chatelier).

8.5.1.1 Objetivo. Determinar la fracción volumétrica de los materiales que intervienen en la mezcla.

8.5.1.2 Procedimiento. Este método debe apegarse al descrito en la Norma Mexicana NMX-C-152-1997-ONNCCE ó en la Norma ASTM C-188 ó equivalente.

La densidad específica para el cemento Clase "H", de acuerdo a la Tabla 1, debe ser de 3.14 g/cc, con una tolerancia de ± 0.03 para el mismo analista y ± 0.1 para pruebas inter-laboratorios.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 14 DE 17
---	---	---

8.5.2 Determinación de la Finura (blaine) de los cementantes hidráulicos, (Método de Permeabilidad al aire).

8.5.2.1 Objetivo. Determinar el área de superficie específica del cemento clase "H".

8.5.2.2 Procedimiento. Este método debe apegarse al descrito en la Norma Mexicana NMX-C-056-1997-ONNCCE ó en la Norma ASTM C- 204 ó equivalente.

8.5.3 Determinación del tamaño promedio de partícula.

8.5.3.1 Objetivo. Determinar el tamaño promedio de las partículas del cemento, ya que su tamaño define la eficiencia del trabajo del molino.

8.5.3.2 Equipo. Analizador del tamaño promedio de partículas.

8.5.3.3 Procedimiento. El procedimiento para determinar el tamaño promedio de partícula debe apegarse a lo establecido en la norma mexicana NMX-C-049-1997-ONNCCE o en las normas ASTM C-150 y ASTM C-430 ó equivalentes.

El tamaño de partícula permitido para el cemento clase "H", de acuerdo al rango indicado en la Tabla 1.

8.5.4 Requerimiento de agua (Normal y mínima).

8.5.4.1 Objetivo. Determinar a la muestra de cemento su requerimiento de agua, a fin de obtener 11 unidades de consistencia o unidades bearden (ABc) como requerimiento de agua normal y 30 unidades de consistencia o unidades bearden, como requerimiento de agua mínima, en 20 min de agitación a condiciones atmosféricas.

8.5.4.2 Procedimiento. Este método debe apegarse al descrito en la especificación API 10 ó equivalente.

8.5.5 Densidad de la lechada.

8.5.5.1 Objetivo. Determinar el peso por unidad de volumen de la lechada de cemento. Esta debe ser lo suficientemente baja para ser soportada por las formaciones débiles y tan altas como para controlar las presiones del pozo. La densidad nunca debe ser menor que la del lodo por razones de control del pozo y de remoción del lodo, además debe ser cuidadosamente controlada durante las operaciones de mezclado para un comportamiento del cemento apropiado, debido a que otras propiedades tales como el tiempo de espesamiento, resistencia a la compresión, entre otros, son grandemente afectadas por la relación agua/cemento.

8.5.5.2 Procedimiento. El método debe apegarse al descrito en la Práctica Recomendada API -10B "Recommended Practice for Testing Well Cements" ó equivalente.

La densidad de la lechada para el cemento clase "H" de acuerdo a la Tabla 1, debe ser de 1.98 g/cc, con tolerancia de ± 0.01 .

8.5.6 Propiedades Reológicas.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 15 DE 17
---	---	---

8.5.6.1 Objetivo. Determinar los valores reológicos de la lechada de cemento (viscosidad plástica y punto de cedencia).

8.5.6.2 Procedimiento. Este método se debe apegar al descrito en la Práctica Recomendada API -10B ó equivalente.

La viscosidad plástica y el punto de cedencia de la lechada de cemento, para fines prácticos se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$V_p = 1.5 (\theta 300 - \theta 100)$$

$$P_c = \theta 300 - V_p$$

Donde:

V_p = Viscosidad plástica, cp.

P_c = Punto de cedencia, lbf/100 pie²

$\theta 300$ = Lectura del dial a 300 rpm.

$\theta 100$ = Lectura del dial a 100 rpm.

De acuerdo a la Tabla 1, estas propiedades del cemento clase "H" deben estar en los siguientes rangos:

Viscosidad plástica: Máxima: 60 cp; Mínima: 35 cp.

Punto de cedencia máximo: 65 lbf/100 pie².

8.5.7 Agua libre de la lechada de cemento.

8.5.7.1 Objetivo. Determinar la cantidad de agua acumulada en la parte superior de una columna de lechada de cemento, cuando ésta se mantiene en reposo durante dos horas.

8.5.7.2 Procedimiento. Este procedimiento se debe apegar al descrito en la especificación API 10A "Specification for Cements and Materials for Well Cementing", Addendum 2 ó equivalente.

De acuerdo a los valores de la Tabla 1, el agua libre de la lechada del cemento clase "H", debe ser máximo 5.9 %.

8.5.8 Tiempo bombeable en cédula 5.

8.5.8.1 Objetivo. Determinar el tiempo, en el cual una lechada de cemento se mantiene fluida y bombeable, bajo condiciones de presión y temperatura de la cédula 5.

8.5.8.2 Procedimiento. Este método se debe apegar al descrito en la especificación API - 10A ó equivalente.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	CEMENTO CLASE "H" EMPLEADO EN POZOS PETROLEROS	No. de Documento PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002 Revisión: 0 PÁGINA 16 DE 17
---	---	---

De acuerdo a los valores de la Tabla 1, el tiempo bombeable en cédula 5, debe tener los siguientes valores:

Máximo: 120 min.

Mínimo: 90 min.

8.5.9 Resistencia a la Compresión.

8.5.9.1 Objetivo. Determinar la resistencia a la compresión de la lechada de cemento, curada a presión atmosférica y a temperaturas de 311 K y 333 K (38 °C y 60° C) en 8 horas.

8.5.9.2 Procedimiento. Este método debe apegarse al descrito en la especificación API 10A, práctica recomendada API- 10B y norma ASTM C 109 ó equivalentes. De acuerdo a los valores de la Tabla 1, el cemento clase "H", debe tener los siguientes valores de resistencia a la compresión:

8 hrs a 311 K (38°C) y presión atmosférica: 2.068 MPa (300 lb/pulg²) mínimo.

8 hrs a 333 K (60°C) y presión atmosférica: 10.342 MPa (1500 lb/pulg²) mínimo.

9. Responsabilidades.

9.1 De Petróleos Mexicanos.

Vigilar la aplicación de esta norma, en lo referente a la composición química, resultados de pruebas de laboratorio y de campo del cemento clase "H", así como el cumplimiento de los requisitos establecidos en la misma, a fin de asegurar el cumplimiento de propiedades de resistencia y vida útil requeridas en las cementaciones de pozos petroleros.

9.2 Fabricantes y proveedores de cemento.

Cumplir como mínimo con los requisitos y especificaciones de esta norma, en la fabricación y pruebas del cemento Clase "H" para su aplicación en las operaciones de cementación de pozos petroleros. Proporcionar a Pemex la evidencia documental y certificados de cumplimiento, cuando éste los requiera.

10. Concordancia con Normas Mexicanas ó Internacionales.

Esta Norma es concordante con las Normas Mexicanas descritas en el capítulo de referencias.

11. Bibliografía.

- API Specification 10 (SPEC 10) "Specification for Materials and Testing for Well Cements".
- API Specification 10A "Specification for Cements and Materials for Well Cementing".



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CEMENTO CLASE "H"
EMPLEADO EN POZOS
PETROLEROS

No. de Documento
PROY - NRF - 069 - PEMEX - 2002
Revisión: 0
PÁGINA 17 DE 17

- API Recommended Practice 10B "Recommended Practice for Testing Well Cements".
- ASTM C109/C109M "Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars".
- ASTM C-114- "Chemical Analysis of Hydraulic Cement".
- ASTM C-150 "Standard Specification for Portland Cement".
- ASTM C-183 "Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement".
- ASTM C-188 "Density of hydraulic Cement".
- ASTM C-204 "Finess of Hydraulic Cement by Air Permeability apparatus".
- ASTM C-430 "Finess of Hydraulic Cement by the 45- μm " (No. 325) Sieve.

PROYECTO NO AUTORIZADO PARA APLICACION