Medición y especificaciones para los agentes de sostén utilizados en operaciones fracturación hidráulica y envasado de grava

API STANDARD 19C
SEGUNDA EDICIÓN, AGOSTO 2018

INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO

Notas especiales

Las publicaciones de API abordan necesariamente problemas de carácter general. Con respecto a circunstancias particulares, las leyes y regulaciones locales, estatales y federales deberían ser revisadas.

Ni API, o cualquiera de los empleados, subcontratistas, consultores, comités u otros cesionarios hacen garantía o representación, tampoco expresa o implícita, con respecto a la exactitud, integridad o utilidad de la información contenida en este documento, o asumir cualquier responsabilidad por cualquier uso, o los resultados de dicho uso, de cualquier información o proceso divulgado en esta publicación. Ni API, ni ninguno de los empleados, subcontratistas, consultores u otros cesionarios de API declaran que el uso de esta publicación no infringiría los derechos de propiedad privada.

Las publicaciones de API pueden ser utilizadas por cualquier persona que desee hacerlo. El Instituto ha hecho todo lo posible para asegurar que la precisión y fiabilidad de los datos contenidos en ellos; sin embargo, el Instituto no hace ninguna representación, seguro o garantía en relación con esta publicación y por la presente renuncia expresamente a cualquier responsabilidad por pérdida o daños resultantes de su uso o por la violación de cualquier autoridad que tenga jurisdicción con la que esta publicación puede entrar en conflicto.

Las publicaciones de API son publicadas para facilitar la amplia disponibilidad de prácticas operativas y de ingeniería probadas y sólidas. Estas publicaciones no pretenden obviar la necesidad de aplicar un juicio de ingeniería respecto de cuándo y dónde deben utilizarse estas publicaciones. La formulación y publicación de publicaciones API no está destinado de ninguna manera a inhibir a nadie de usar cualquier otra práctica.

Cualquier equipo o material de marcado del fabricante de conformidad con los requisitos de marcado de una norma API es el único responsable de cumplir con todos los requisitos aplicables de esa norma. API no representa, asegura ni garantiza que dichos productos se ajusten a la norma API aplicable.

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este trabajo puede ser reproducido, traducido, almacenado en un sistema de recuperación, o transmitido por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopiadora, grabación o de otro tipo, sin el permiso previo por escrito del editor. Comuníquese con el Editor, API Publishing Services, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005.

"Copyright © 2018 Instituto Americano del Petróleo

Prólogo

Nada de lo contenido en cualquier publicación de la API debe interpretarse como una concesión de ningún derecho, por implicación o de lo contrario, para la fabricación, venta o uso de cualquier método, aparato o producto cubierto por un certificado oficial. Tampoco se debería interpretar que lo contenido en la publicación asegura a nadie contra la responsabilidad por las infracciones de lo que está certificado oficialmente.

Debe: Como se utiliza en una norma, "debe" denota un requisito mínimo para cumplir con la especificación.

Debería: Como se utiliza en una norma, "debería" denota una recomendación o la que se aconseja, pero no es necesario para cumplir con la especificación

Puede: Como se utiliza en una norma, "puede" denota un curso de acción permisible dentro de los límites de una norma.

Pueden: Como se utiliza en una norma, "pueden" denota una declaración de posibilidad o capacidad.

Este documento se elaboró bajo procedimientos de estandarización de API que aseguren una notificación y participación adecuada en el proceso de desarrollo y se designa como un estándar de API. Las preguntas relativas a la interpretación del contenido de esta publicación o comentarios y preguntas sobre los procedimientos en virtud de los cuales se desarrolló esta publicación deben dirigirse por escrito al Director de Normas, Instituto Americano del Petróleo, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005. Las solicitudes de comisión para reproducir o traducir la totalidad o cualquier parte del material publicado en el presente documento también deben dirigirse al director.

Por lo general, las normas API son revisadas, reafirmadas o retiradas al menos cada cinco años. Se puede añadir una extensión única de hasta dos años a este ciclo de revisión. El estado de la publicación se puede determinar a partir del Departamento de Normas de la API, teléfono (202) 682-8000. ¡Un catálogo de API! publicaciones y materiales, se publican anualmente y se actualiza trimestralmente por API, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005.

Las revisiones sugeridas están invitadas y deben presentarse al Departamento de Normas, API, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005, standards@api.org.

Introducción

Los procedimientos presentados en este documento han sido para mejorar la calidad de los agentes de sostén entregados al sitio del pozo. Se utilizan en la evaluación de ciertas propiedades físicas utilizadas en la fractura hidráulica y operaciones de envasado de grava. Estas pruebas deben permitir a los usuarios comparar las características físicas de diversos agentes de sostén, bajo las condiciones descritas y seleccionar materiales útiles para las operaciones de fractura hidráulica y de envasado de grava.
Cada sección contiene especificaciones de los agentes de sostén y reemplaza API 19C, primera edición.

Los procedimientos presentados en este documento no pretenden inhibir el desarrollo de nuevas tecnologías, mejoras materiales y procedimientos operativos mejorados. Se requiere un análisis y juicio de ingeniería calificados para su aplicación a una situación específica.

Al igual que con cualquier procedimiento de laboratorio que requiera el uso de productos químicos y equipos potencialmente peligrosos, se espera que el usuario haya recibido la formación y el conocimiento adecuado en el uso y eliminación de estos materiales potencialmente peligrosos. El usuario es responsable del cumplimiento de todos los requisitos locales, regionales y nacionales aplicables para la salud, seguridad y responsabilidad ambiental de los trabajadores y población local.

Este documento utiliza un formato para los números que sigue los ejemplos dados en la API 19C, formato y estilo del documento manual, Primera Edición, junio de 2007 (Revisión Editorial, enero 2009). Este formato de numeración es diferente del utilizado en la API 19C, Segunda Edición. En este documento, la marca decimal es un punto y separa la parte entera de la parte fraccionaria de un número. No se utilizan espacios en el formato de numeración. El separador de miles es una coma y sólo se utiliza para números superiores a 10.000, es decir, 5.000 artículos, 12.500 bolsas.

En este documento, cuando sea practico, las unidades habituales de EE. UU se incluyen entre paréntesis para obtener información.

Las unidades no representan necesariamente una conversión directa de unidades métricas (SI) a las unidades habituales de EE. UU, acostumbrado al SI. Se ha tenido en cuenta la precisión del instrumento que realiza la medición. También se ha tenido en cuenta la naturaleza de la medición, determinando si es crítica o simplemente información, el documento se basó originalmente en API RP 56, API RP 58 y API RP 60, que ya no están en vigor.

Contenido

Página

1 Alcance 1
2 Referencias Normativas. 1
3 Abreviaturas 1
4 Procedimiento estándar de muestreo de agentes de sostén 2
4.1 General. 2
4.2 Segregación de Partículas. 2
4.3 Equipo 2
4.4 Número de muestras necesarias a granel 6
4.5 Muestreo de material a granel 6
4.6 Muestreo de material sacado en bolsones. 6
5 Manipulación y almacenamiento de muestras 6
5.1 Reducción de la muestra 6
5.2 División de la muestra 6
5.3 Muestra, retención de registros y almacenamiento 6
6 Análisis del támiz 7
6.1 Objetivo 7
6.2 Descripción 7
6.3 Equipamientoy materiales 7
6.4 Procedimiento 8
6.5 Especificaciones,análisis por támiz de agentes de sostén 9
6.6 Calibración del támiz 13
7 Esfericidad y redondez del agente de sostén. 16
7.1 Objetivo 16
7.2 Descripción 16
7.3 Capacidad del aparato 17
7.4 Procedimiento 17
7.5 Método alternativo para determinar la efericidad y redondez promedio 18
7.6 Especificaciones para esfericidad y redondez del agente de sostén. 18
8 Solubilidad en ácido 18
8.1 Objetivo. 18
8.2 Descripción 18
8.3 Equipamiento y materiales 19
8.4 Procedimiento 20
8.5 Especificaciones para la solubilidad ácida 21
9 Turbidez. 21
9.1 Objetivo. 21
9.2 Descripción 21
9.3 Equipamiento y materiales 22
9.4 Calibración del equipo 22
9.5 Procedimiento: medición de la turbidez 22
9.6 Especificación para la turbidez 22
10 Procedimiento para determinar la densidad bulk, la densidad aparente y la densidad absoluta 22
10.1 Objetivo. 22

Contenido

Página

10.2 Descripción 23
10.3 Densidad bulk (ρbulk) 23
10.4 Densidad aparente (ρap) 27
10.5 Densidad absoluta (ρabs) 29

11 Resistencia a la rotura del agentes de sostén 30
11.1 Objetivo. 30
11.2 Descripción 30
11.3 Equipamiento 30
11.4 Preparación de la muestra 34
11.5 Preparación de la celda para rotura, ensamble y carga del pluviator 35
11.6 Procediemiento: prueba de resistencia a la rotura. 38
11.7 Especificaciones, resistencia a la rotura de agentes de sostén 40
11.8 Especificaciones, resistencia a la rotura de la grava 41

12 Pérdida por calcinación de agentes de sostén resinados. 41
12.1 Objetivo. 41
12.2 Equipamiento y materiales 41
12.3 Procedimiento 41

Anexo A (informativo) ASTM E11 tabla de tamices 43

Bibliografía 46

Imágenes

1 Dispositivo de muestreo de lanza. 3
2 Reductor de muestras 16:1. 4
3 Divisor de muestras 5
4 Método gráfico para determinación del diámetro medio ..... 13.
5 Gráfico para la estimación visual de esfericidad y redondez 17
6 Dispositivo para la densidad bulk 24
7 Diseño de la celda de rotura 31
8 Vista emsamblada del Pluviator 32
9 Ensamble del Pluviator 33
10 Médidas del Pluviator 34

Tablas

1 ASTM tamaño de tamices 7
2 Ejemplo de análisis y cálculos de tamices (agente de sostén 16/30) 10
3 Ejemplo de cálculo del diámetro medio (agente de sostén 16/30) 12
4 Ejemplo de cálculo de la diferencia relativa absoluta 16
5 Ampliación sugerida 18
6 Solubilidad máxima de los agentes de sostén 21
7 Densidad del agua a distintas tempearturas 26
8 Piezas y accesorios del Pluviator 32
9 Tamaño de mallas métalicas para uso de Pluvaitor 37
10 Guía para probar varios agentes de sostén 38
11 Tabla de clasificación de rotura de agentes de sostén del 10 % 40
12 Máximo requerido para la rotura de gravas 41

INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO

1220 L Street, NW
Washington, DC 20005-4070
EE.UU

202-682-8000

Hay copias adicionales disponibles en línea en www.api.org/pubs

Teléfono: 1-800-854-7179 (llamada gratuita en EE. UU. y Canadá)
303-397-7956 (Local e Internacional)
Fax: 303-397-2740

La información sobre publicaciones, programas y servicios de API está disponible en la web en www.api.org.

Producto No. GX19C02

Medición y especificaciones de los agentes de sostén utilizados en fracturación hidráulica y operaciones de empaquetado de grava

1 Alcance

Este documento proporciona especificaciones y procedimientos de prueba estándar para evaluar los agentes de sostén utilizados en operaciones hidráulicas de fracturación y envasado de grava.

El objetivo de este documento es proporcionar especificaciones y una metodología consistente para las pruebas realizadas en la fracturación hidráulica y/o los agentes de sostén de envasado de grava. Se proporcionan metodologías y especificaciones (cuando corresponda) para:

— análisis del tamiz y determinación del diámetro medio;

— esfericidad y redondez;

— solubilidad ácida;

— turbidez;

— densidad bulk, densidad aparente y densidad absoluta;

— resistencia a la rotura;

— pérdida por calcinación.

La designación del tamaño de los agentes de sostén es según el estándar de la industria. Se basa en la determinación de tamaño máximo y mínimo mediante análisis de tamiz y número de tamiz ASTM 1 (y no según la apertura estándar expresada en micrómetros).

Los agentes de sostén en este documento son arena, medios de cerámica, agentes de sostén recubiertos de resina, medios de relleno de grava, y otros materiales de uso similares para la fractura hidráulica y envasado de grava.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos a los que se hace referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para fechas de referencia, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento (incluidas las modificaciones).

ASTM E11, Especificación estándar para mallas de tamiz de alambre tejido y tamices de prueba.

3 Abreviaturas

ANSI 2 Instituto Nacional Americano de Estándar

API Instituto Americano del Petróleo

---

1 ASTM Internacionall, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, www.astm.org

2 ANSI (Operaciones), 25 West 43rd Street, 4th Floor, Nueva York, NY 10036, www.ansi.org

ASTM **Sociedad Americana para Pruebas y Materiales**
FTU **Formacón de la unidad de turbidez**
LOI **Pérdida por cálcinación**
NTU **Unidad Nefelométrica de Turbidez**

4 Procedimiento estándar de muestreo de agentes de sostén

4.1 Generalidades

Antes de tomar cualquier muestra, considere que pruebas se realizarán; cada prueba requerirá volúmenes diferentes.
Es importante, que tanto el proveedor; como el cliente obtengan la mejor muestra representativa posible. A menos que la muestra sea verdaderamente reprsentantiva de un envío o contenedor total, las pruebas y la correlación con las especificaciones/estándares son difíciles**.** Es poco probable que los métodos de muestreo/prueba sobre el terreno dupliquen el sistema del productor**.** Los procedimientos estándar incluidos en este documento ayudan a obtener muestras representativas; sin embargo, hay variaciones inherentes asociadas con el muestreo, las pruebas de equipo y procedimientos que pueden llevar a resultados inconsistentes. Una muestra que sea representativa de un de camion, 23.000 kg (50.700 Ib), o una carga de vagón, 90.000 kg (198.000 Ib), puede ser la fuente inicial de una amplia variación al hacer las comparaciones. Todas las partes garantizaran muestras uniformes. El cliente y el proveedor Deben acordar los métodos/técnicas de muestreo y ensayo.

Para una mejor representación, el muestreo continuo es ideal. Aunque muchos proveedores de agentes de sostén utilizan muestreo automático, por lo general no es práctico en el lugar de trabajo. Si el muestreo se lleva a cabo durante la descarga de un contenedor o en el sitio del pozo, se debe tener en cuenta el número y la frecuencia de las muestras.

Si los contenedores a granel se llenan a partir de un flujo de material de agente de sostén, los procedimientos de muestreo deben ser aplicados de acuerdo con el punto 4.5. Si el déposito se llena a granel utilizando material de agente de sostén embolsado, los procedimientos de muestreo deben ser aplicados de acuerdo con el punto 4.6.

4.2 Separación de partículas

Es importante tener una comprensión básica de la segregación de muestras del agente de sostén. Dependiendo del tamaño; forma; distribución y mecanismos implicados, suele haber un cierto grado de error o variación involucrada en la toma de muestras debido a la segregaciòn. Los procedimientos de muestreo explicados aquí, son el resultado de mucha experiencia y están diseñadas para minimizar los resultados de la segregación de partículas por tamaño.

Las partículas, como los agentes de sostén, encontrarán naturalmente el camino de menor resistencia cuando se muevan o cuando se le aplique fuerza. Durante el traslado o movimiento, las partículas de diferente tamaño y masa; se separan y segregan de forma natural. El grado de segregación depende de los mecanismos involucrados en el traslado o movimiento.

Hay varias fuerzas, como la gravedad, que actúan sobre una corriente de partículas mientras fluye. Dentro de una corriente en movimiento, las partículas finas caen a través de los vacíos o huecos y las partículas más gruesas se mueven hacia el exterior. Las partículas finas migran y suelen descansar cerca de la zona donde aterrizan. Las partículas más pesadas y gruesas rebotan o ruedan mucho más allá, colocando el material por el tamaño de las partículas.

4.3 Equipo

Se debera utilizar los siguientes equipos para compilar muestras representativas de material de agente de sostén.

4.3.1 Dispositivo de muestreo

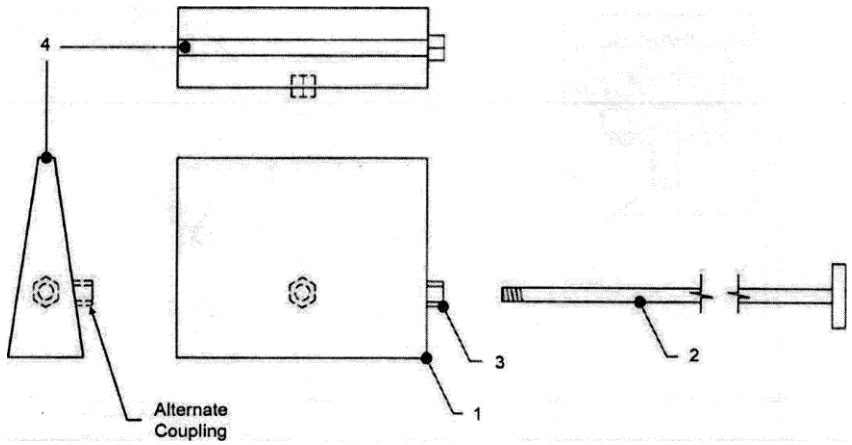
Con una apertura de ranura minima seis veces el diámetro de partícula más grande muestreado.

Por ejemplo, un agente de sostén 12/20 puede contener partículas tan grandes como 2,36 mm, el tamaño de la abertura en un tamiz de prueba alternativo Nº 8 (ASTM 2,36 mm) de los EE.UU.

La apertura de ranura mínima se define como:

6 x 2 36 mm a 14,2 mm o 0,557 in.

La longitud de la ranura debe ser superior al espesor de la corriente que se muestrea. El volumen de la toma de muestras debe ser lo suficientemente grande como para no desbordarse durante el corte a través de toda la corriente. Un ejemplo de un dispositivo de muestreo se muestra en la Figura 1.



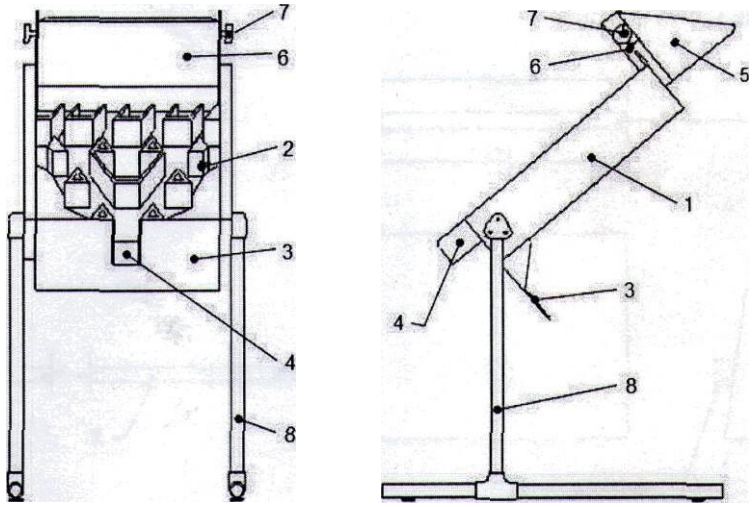
Clave

1. Cuerpo del muestreador: aluminio; 160 mm x 210 mm x 65 mm (6,25 in. x 8,25 in. x 2,5 in.)
2. Mango: tubo con mango redondo común de suficiente resistencia para soportar él toma muestras aproximadamente 1.6 kg (3.5 lb) agente de sostén, longitud según sea necesario
3. Acoplamiento de tuberías para aceptar asa (dos ubicaciones)
4. Apertura de la muestra: 15 mm (0,6 in.)

Figura 1— Dispositivo típico de
muestreo de la caja

4.3.2 Reductor de muestras (16:1)

Del tamaño apropiado para manipular muestras de tamaño de un saco y la reducción del material a 1/16 de la masa origina. Ver Figura 2.



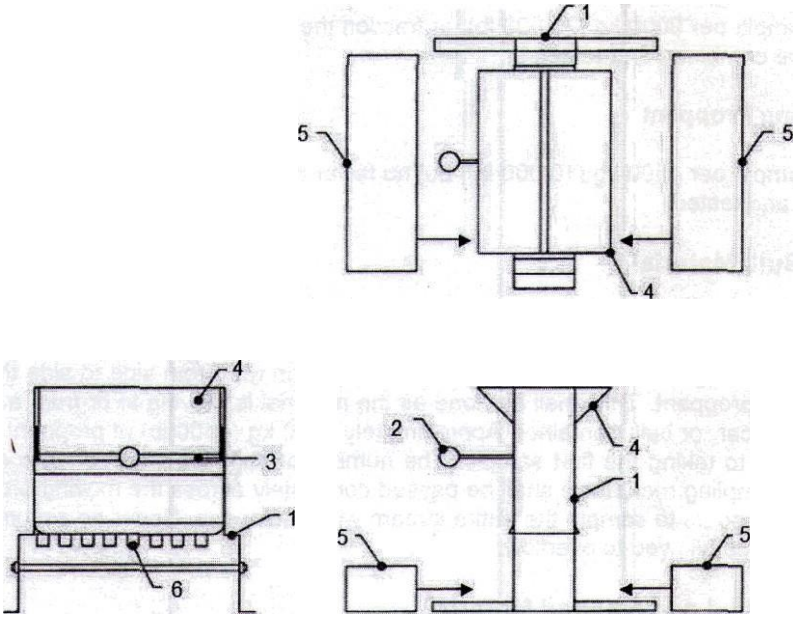
Clave

1. Cuerpo principal: 370 mm x 480 mm x 110 mm (14,5 in. x 19 in. x 4.5 in.)
2. Placa divisora: ocho ubicaciones, 51 mm x 51 mm x 51 mm (2 in. x 2 in. x 2 in.)
3. Placa de descarga: 370 mm x 300 mm x 3,2 mm (14,5 in. x 12 in. x 0,125 in.)
4. Canal de descarga: 57 mm x 57 mm x 76 mm (2,25 in. x 2,25 in. x 3 in.)
5. Tolva:370 mm x 240 mm x 150 mm (14,5 in. x 9,5 in. X 6 in.)
6. Compuerta: 370 mm x 190 mm x 3,5 mm (14,5 in. x 7,5 in. x 0,125 in.)
7. Perilla de mano: diámetro 38 mm (1,5 in)
8. Montaje del soporte de la base: 710 mm x 380 mm x 690 mm (28 in. x 15 in. x 27 in.)

Figura 2— Reductor de muestra típico 16:1

4.3.3 Divisor de muestras

De tamaño apropiado.



Clave

1 Cuerpo principal: 290 mm x 280 mm x 165 mm (11,5 in. x 11 in. x 6,5 in.)

2 Mango

3 Placa de la puerta

4 Tolva

5 Fondo

6 paletas divisoras: 16 ubicaciones, 15 mm (0.6 in.)

Figura 3-Divisor de muestras típico

4.4 Número de muestras requeridas: a granel

4.4.1 Agentes de sostén para la fracturación hidráulica

Deberá obtenerse un mínimo de una muestra por cada 9000 kg (20.000 lb) o fracción de la misma. Todas las muestras por envase a granel se deberán combinar y probar.

4.4.2 Agentes de sostén de envasado de grava

Se deberá obtener, combinar y probar un mínimo de una muestra por cada 4500 kg (10.000 lb), pero no menos de dos muestras por trabajo.

4.5 Muestreo: material a granel

Todas las muestras se obtendrán de una corriente de flujo de agente de sostén mediante un toma muestras manual o automático. Las muestras no se tomarán de una pila estática. El dispositivo de muestreo se utilizará con su longitud perpendicular a la corriente de agente de sostén que fluye. La muestra pasará a una velocidad uniforme de lado a lado a través del ancho de flujo completo del agente de sostén móvil. Esto se hará cuando el material se mueva hacia o desde una cinta transportadora a una embolsadora, *camión,* vagón o contenedor a *granel.* Se permitirá el flujo de aproximadamente 2000 kg (4400 lb) *de* material agente de sostén antes de tomar la primera muestra. El número de muestras tomadas deberá cumplir lo dispuesto en el artículo 4.4. Durante el muestreo, el recipiente de muestreo deberá pasar completamente a través de la corriente agente de sostén móvil en un breve intervalo de tiempo para tomar muestras de toda la corriente con cada pasada. En ningún caso se permitirá que el recipiente de muestreo se desborde.

4.6 Muestreo: material ensacado y embolsado

4.6.1 Sacos de hasta 50 kg (110 lb)

Sólo los sacos enteros se deben utilizar para la muestra de agente de sostén.

4.6.2 Bolsas a granel/sobre saco: Peso hasta 2000 kg (4400 lb)

A menos que el producto se pueda muestrear en un estado de flujo libre, la muestra de bolsas grandes presenta los mismos problemas que una pila estática. Siga la misma frecuencia de muestra que se describe en 4.4, utilizando el método de muestreo descrito en 4.5, pero permita que aproximadamente 50 kg (110 lb) se descarguen de la bolsa a granel antes de tomar la muestra.

5 Manipulación y almacenamiento de muestras

5.1 Reducción de muestras

Coloque el contenido de la muestra a granel combinada de agente de sostén, o un saco entero de hasta 50 kg (110 lb), en el reductor de muestra 16: 1 (ver Figura 2) o equivalente. Obtener una muestra reducida de aproximadamente 1'/16 de la masa original del contenido total del saco, típicamente 3 kg (6,6 lb).

5.2 División de muestras

Se utilizará un reductor de muestras y un divisor de muestras de tamaño adecuado para preparar muestras representativas para el ensayo. Coloque la muestra reducida, obtenida según 5.1, o la muestra obtenida durante las operaciones de carga de material a granel (consulte 4.5) en el divisor de muestra (véase la figura 3) o equivalente. Divida la muestra en la cantidad deseada para permitir las pruebas de rendimiento como se especifica en este documento.

5.3 Ejemplo, retención de registros y almacenamiento

El proveedor de agente de sostén mantendrá registros de todas las pruebas realizadas en cada envío durante un mínimo de un año. Muestras físicas de una cantidad suficiente para llevar a cabo todas las pruebas recomendadas en este documento, pero en ningún los casos inferiores a 0,25 kg (0,5 lb), se deberán conservar en el almacenamiento durante un mínimo de seis meses. Cualquier material que se tome posteriormente para el ensayo se separará de la muestra retenida. Las muestras se sellarán en un tipo de recipiente que sea suficiente para proteger la muestra de la contaminación y la humedad. Las muestras se almacenarán en un lugar fresco y seco.

6 Análisis de tamiz

6.1 Propósito

El propósito de esta sección es proporcionar especificaciones para reconocer los tamaños de agente y un procedimiento estándar para asegurar una metodología ampliamente consistente para el análisis del tamiz.

6.2 Descripción

El procedimiento y el equipo descritos en 6.3 a 6.6 son los más utilizados en la industria hidráulica de fracturación y envasado de grava. Pueden utilizarse métodos alternativos, pero se correlacionarán con estos métodos estándar.

6.3 Equipo y Materiales

6.3.1 Conjuntos de tamiz (dos)

Cumplir con el requisito de la serie ASTM tamices, 200 mm (8 in.) de diámetro o equivalente.

Una pieza es un conjunto de trabajo o cumplimiento, y el otro es un conjunto maestro o de calibración que se utilizará para la calibración o estandarización. Los tamices de conformidad y calibración se definen en ASTM E11.

NOTA Para fines informativos, un extracto de E11 se incluye en el presente documento como Anexo A

Tabla 1—Tamaños de tamiz de prueba ASTM

Tamaños de apertura de tamiz **µm**											
	3350/ 1700	2360/ 1180	1700/ 1000	1700/ 850	1180/ 850	1180/ 600	850/ 425	600/ 300	425/ 250	425/ 212	212/ 106
1*											
	6/12	8/16	12/18	12/20	16/20	16/30	20/40	30/50	40/60	40/70	70/140
*2											
Tamiz superior designador en negrita	4	6	8	8	12	12	16	20	30	30	50
	6	8	12	12	16	16	20	30	40	40	70
	8	10	14	14	18	18	25	35	45	45	80
Tamiz de designación inferior en negrita	10	12	16	16	20	20	30	40	50	50	100
	12	14	18	18	25	25	35	45	60	60	120
	14	16	20	20	30	30	40	50	70	70	140
	16	20	30	30	40	40	50	70	100	100	200
	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo	fondo

a- Serie de tamiz tal como se define en ASTM E11 (designación alternativa de EE. UU.); consulte el Anexo A para el tamaño de apertura en **µm**

b- tamiz de ensayo apilado en orden desde la parte inferior a la superior, la abertura más grande en la parte superior

*1: Diseño típico de agente de sostén /grava *2: Pila de tamices ASTM a,b

6.3.2 Prueba de agitador de tamices

Para proporcionar una acción simultánea de rotación y golpeteo, y aceptar los tamices especificados en la Tabla 1.

Para mitigar el efecto de la carga estática, la pila de tamices debe estar conectada a tierra. El agitador preferido tendrá las siguientes características de rendimiento:

— oscilaciones por minuto: 278 ±10

— desplazamiento de oscilación: 28,6 ±11,1 mm (1,125 pulgadas ± 0. 4375 in.)

— grifos por minuto: 150 ± 10

— altura del golpeador: 33,3 ± 1,6 mm (1.3125 in. ± 0.0625 in.)

— peso del martillo: 2,44 kg (5,38 lb)

— Precisión del temporizador: ±5 segundos durante un intervalo de 10 minutos

6.3.3 Equilibrar

Capacidad mínima de 100 g con una precisión de 0.01 g o mejor.

6.3.4 **Cepillos**

Nylon o equivalente.

6.4 Procedimiento

6.4.1 Apilar un mínimo de siete tamices, marcados contra una pieza patrón, más una bandeja y una cubierta, en una pila de tamaños de abertura de tamiz decrecientes de arriba a abajo. La Tabla 1 establece tamaños de tamiz para su uso en pruebas designadas de tamaños de agente de sostén de ejemplo. La Tabla 1 debe utilizarse como guía y no intenta impedir el uso de otras calidades que estén o puedan estar disponibles.

6.4.2 Pesar cada tamiz limpio y registrar la masa.

6.4.3 Usando una muestra dividida de 100 g ± 20 g, obtenga una masa inicial precisa, m», y registre la masa hasta el 0.01 g más cercano.

6.4.4 Vierta la muestra dividida y pesada en el tamiz superior. Coloque la pila de tamices más la sartén y la tapa en la agitadora de tamiz de prueba y agite durante 10 minutos ±5 segundos.

6.4.5 Retire la pila de tamiz de la agitadora de tamiz de prueba.

6.4.6 Pese cada tamiz con el agente de sostén. Vierta el tamiz en un dispositivo de recolección y retire el agente de sostén cepillando minuciosamente el tamiz para asegurarse de que los granos no se adhieren al paño de alambre. Calcular la masa retenida; restando la masa vacía del tamiz; más la masa del agente de sostén. Registre la masa del agente de sostén retenida en cada uno de los tamices y la sartén, m,.

6.4.7 La masa acumulada debe estar dentro del 0,5 % de la masa inicial de la muestra, m, , , , utilizada en el ensayo. En caso contrario, el análisis del tamiz se deberá repetir utilizando una muestra diferente.

6.4.8 Calcular el porcentaje por masa o frecuencia, n" de la muestra de agente de sostén total retenida en cada tamiz y en la bandeja utilizando la ecuación (1)

$$n_i = 100 \times M_i / \Sigma m_i \qquad (1)$$

donde

m_i : es la masa medida del agente de sostén retenido en el tamiz de interés, expresado en gramos

Σm_i: es la suma de cada una de las masas medidas retenidas en los tamices y el fondo, expresada en gramos

6.5 Especificaciones—Análisis de tamiz de agente de sostén

6.5.1 Medidas del agente de sostén fracturado

Un mínimo del 90,0 % de la muestra de agente de sostén probada pasará por el tamiz grueso designado y se conservará en el tamiz fino designado, es decir, 12/20, 20/40, 40/70. No más del 0,1 % de la muestra de agente de sostén probada en total será mayor que el primer tamiz de la pila especificada en el Tabla 1, y no superior al 1,0 % del total de la muestra de agente de sostén probada se conservará en el fondo. Por ejemplo, una muestra agente de sostén 20/40 no deberá tener más del 0,1 % del total de la muestra probada retenida en el tamiz N°16 y no más del 1,0 % del total de la muestra sostén probada se conservará en el fondo. El diámetro mediano, d50. y la distribución del tamaño de partícula de cada grado debe estar disponible.

6.5.2 Tamaños de agente de sostén y gravas

Un mínimo del 96 0 % de la muestra de agente de sostén probada pasará el tamiz grueso designado y se conservará en el tamiz fino designado, es decir, 12/20, 20/40, 40/60. No más del 0,1 % del total de la muestra de sostén probada será mayor que el primer/tamiz superior en la pila especificada en la Tabla 1, y no superior al 1,0 % del agente de sostén total probado será menor que el último tamaño de tamiz designado. Por ejemplo, una muestra de 20/40 de sostén no tendrá más del 0,1 % del total del agente de sostén analizados en gran medida retenido en el tamiz N°16 y no más del 1,0 % del total de la muestra probada se conservará en la sartén. El diámetro mediano, d50 y la distribución del tamaño de partícula de cada grado debe estar disponibles.

6.5.3 Ejemplo de análisis y cálculo de tamices

En la Tabla 2, la primera columna es una lista de los números de tamiz utilizados para probar una muestra de arena 16/30. Los números y las etiquetas se extraen directamente de la Tabla 1.

- La columna 2 es la posición de cada tamiz en la pila o nido ensamblado antes de que comience la prueba. Los agujeros más grandes (N° de tamiz más pequeño) están en la parte superior de la pila, posición 1, con los otros tamices abajo en secuencia: el N° de tamiz más pequeño hasta el N° de tamiz más grande, luego la sartén en la parte inferior del nido, posición 8.

- La columna 3 es la lista de especificación que aparece junto a los tamices o etiquetas apropiados.

- Columna 4 muestra la masa del agente de sostén retenido en cada uno de los tamices y el fondo.

- La columna 5 muestra el resultado de calcular el porcentaje de peso retenido para cada uno de los tamices y la bandeja.

- La columna 6 muestra el porcentaje acumulado de números retenidos

Tabla 2- ejemplo de análisis y cálculos de tamices (16/30 de agente de sostén)

Astm Serie tamiz Alternativa de EE. UU. Número de tamiz (tamaño de apertura)	Tamiz en posición de pila i	Especificación % en masa	**Masa retenida** m_i g	Masa retenida o frecuencia n, % en masa	Masa acumulada retenida % en masa
12 (1,7 mm)	1 (arriba)	≤ 0.1	0.0	0.0	0.0
16 (1.18 *mm)*	2		1.20	1.19	1.2
18 (1 0 mm)	3	≥ 90.0	37.90	37.63	38.6
20 (850 um)	4		48.70	48.36	87.2
25 (710 um)	5		11.90	11.82	99.0
30 (600 um)	6		0.30	0.30	99 3
40 (425 um)	7		0.20	0.20	99.5
fondo	8 (abajo)	≥ 1.0	0.50	**0.50**	100.0
Total			100.70	100.0	
Masa inicial, m,nit, g		80 a 120 g	**100.50**		
Diferencia		≤ 0,5	–0.20	**–0.2**	
En tamaño		≥90.0		**98.1**	

Las filas inferiores de la Tabla 2, comenzando con la fila etiquetada "total", son varios cálculos utilizados para evaluar los resultados del análisis de tamiz con respecto a las especificaciones. Es útil para el observador que los resultados relacionados con cada una de las cinco especificaciones para el análisis de tamiz están resaltados en negro con márgenes de celda resaltados en negro.

— La primera especificación es la masa inicial de la muestra y se registra en la columna 4, frente a la etiqueta "Masa inicial, m", , g."
— La segunda especificación es la diferencia entre la masa de la muestra inicial, m", y la suma de todas las masas retenidas, y se registra en la columna 5 opuesta a la etiqueta "Diferencia." El número negativo 0,2 % está dentro de las especificaciones e indica que una pequeña cantidad de agente de sostén fue recogida del material dejado en los tamices o equipos de manipulación desde la última vez que se utilizó.
— La tercera especificación es la cantidad de material retenido en el tamiz superior que se registra en la columna 5 frente al tamiz N°12. Tenga en cuenta que el 0,0 % es inferior al 0,1 % y está dentro de las especificaciones.
— La cuarta especificación es la masa de agente de sostén retenida en el fondo y se registra en la columna 5 opuesta a la etiqueta "fondo", Tenga en cuenta que 0,5 % es inferior al 1,0 % y está dentro de la especificación.
— La quinta y última especificación es la masa de agente de sostén considerada como "en tamaño. " En este caso, la masa acumulada de agente de sostén pasando por el tamiz Nº 16 y retenido en el

tamiz N° 30 es calculada y registrada en la columna 5 opuesta a la etiqueta "En tamaño “. Tenga en cuenta que el 98,1 % es mayor que el 90 % y está dentro de las especificaciones.

Dado que cada uno de los cinco elementos de especificación supera las limitaciones requeridas por esta sección, la muestra de arena 16/30 tiene las propiedades de un agente de sostén de fracturación aceptable 16/30 con respecto a la distribución del tamaño de partícula.

6.5.4 Diámetro medio de agente de sostén, d50

El diámetro mediano, d50, se utiliza para caracterizar la distribución del tamaño de agente de sostén para la fracturación hidráulica y el envasado de grava y se deriva de la caracterización del tamaño de partícula o análisis de tamiz descrito en 6.4, y se informa además de ese análisis.

En el envasado de grava, el diámetro mediano, d50, el porcentaje de masa 50, es utilizado comúnmente para evaluar la idoneidad de la grava para retener la arena de formación. En la fracturación hidráulica, este mismo valor se utiliza para predecir el rendimiento de conductividad a largo plazo, así como otras propiedades directamente relacionadas con la capacidad de flujo demostrable o la productividad potencial del pozo. Ambas disciplinas calculan el número de la siguiente manera:

6.5.4.1 Cálculo del diámetro medio, d50

El análisis del tamiz obtenido en 6.4 y demostrado en la Tabla 2 se repite para mayor claridad en la Tabla 3, las columnas 1, 5 y 6 para el agente de sostén 16/30. El porcentaje acumulado del material retenido por todos los tamices y la sartén debe ser del 100 %. Consulte Tabla 3, columna 6.

El diámetro mediano se calcula utilizando una variable llamada phi, 6" calculada en la columna 7 de la Tabla 3, utilizando la Ecuación (2) como la mitad de la diferencia en el logaritmo negativo (base 2) de los tamaños de apertura del tamiz de interés y el tamiz justo anterior multiplicado por la frecuencia de esa fracción.

$$\Phi_i = -1/2 \times \log_2 (O_{i-1}) + \log_2 (O_i) \times n_i \quad (2)$$

Donde

O_i es el tamaño de apertura del tamiz de interés, expresado en milímetros

n_i es la masa relativa retenida o la frecuencia de ocurrencia, expresada como porcentaje por masa

Mediana phi, Φ50, es la suma de esas diferencias dividida por la suma de las frecuencias y es calculada por la ecuación (3):

$$\Phi_{50} = \sum \Phi_i \Big| \sum n_i \quad (3)$$

El diámetro mediano, d50, es el anti-logaritmo base 2) de mediana phi, Φ50 y se calcula usando la Ecuación (4):

$$d_{50} = 2^{-\Phi_{50}}$$

Tabla 3—Ejemplo de cálculo del diámetro medio (fractura 16/30 agente de sostén)

Astm Serie Tamiz		Tamiz en Posición de pila	Masa retenida	Masa retenida o frequencia	Masa acumulada retenida	Phi
Número de tamiz	**Apertura** de tamiz O_i mm	i	g	n_i % en masa	% en masa	Φ_i
12	1.700	1	0.00	0.0	0.0	0.0000
16	1.180	2	1.20	1.19	1.2	-0 5984
48	**1.0D0**	3	37. 90	37.63	38.8	-4.4936
20	0 850	4	48.70	48.36	87.2	5.6695
25	0.710	5	11.9 0	11.82	99.0	4.3049
30	**0600**	6	0.30	0.30	99 3	0.1634
40	0.425	7	0.20	0.20	99.5	0.1958
fondo	0 213 '	8	0.50	0.50	**1000**	0.8604
		Total	100.70	100 0		6.1220
					Mediana phi, Φ50	0.061
					Diámetro medio, d50 mm (in.)	0.958 (0.038)

' para el cálculo, fondo se considera con una apertura de '1/2 de la apertura de la última prueba inferior tamiz.

6.5.4.2 Determinación gráfica del diámetro medio, d50

El diámetro medio se puede determinar mediante una técnica gráfica como se muestra en la Figura 4. Trazar la curva de distribución del tamaño de partícula con el porcentaje acumulado retenido en el eje dependiente (eje y) como una función del registro de la apertura promedia del tamiz en el eje independiente (eje x). El eje independiente (eje x) se invertirá o volteará, de izquierda a derecha, de modo que la escala sea más pequeña a la derecha y más grande a la izquierda El tamaño del tamiz se puede trazar como el logaritmo (base 2) de micras, milímetros o pulgadas. En la Figura 4 se ilustra una gráfica del ejemplo de la Tabla 2 y la Tabla 3. La lectura del gráfico en el 50 % de masa acumulada en el eje Y) da el diámetro de las partículas del medio, d50, (en el eje x) de 0,96 mm (0,038 pulgadas).

El d50 es el diámetro al que el 50 % de las partículas son más pequeñas y el 50 % son más grandes.

A partir de la Figura 4, se pueden determinar otros criterios comunes, como el dúo (utilizado en el diseño de embalaje de grava). La lectura del gráfico en una masa acumulada del 90 % (en el eje Y) d90 un diámetro de grano (en el eje X) de 0,83 mm (0,033 in.).

Consulte las columnas 2 y 7 de la Tabla 3 para ver ejemplos de los cálculos que ilustran esta técnica gráfica.

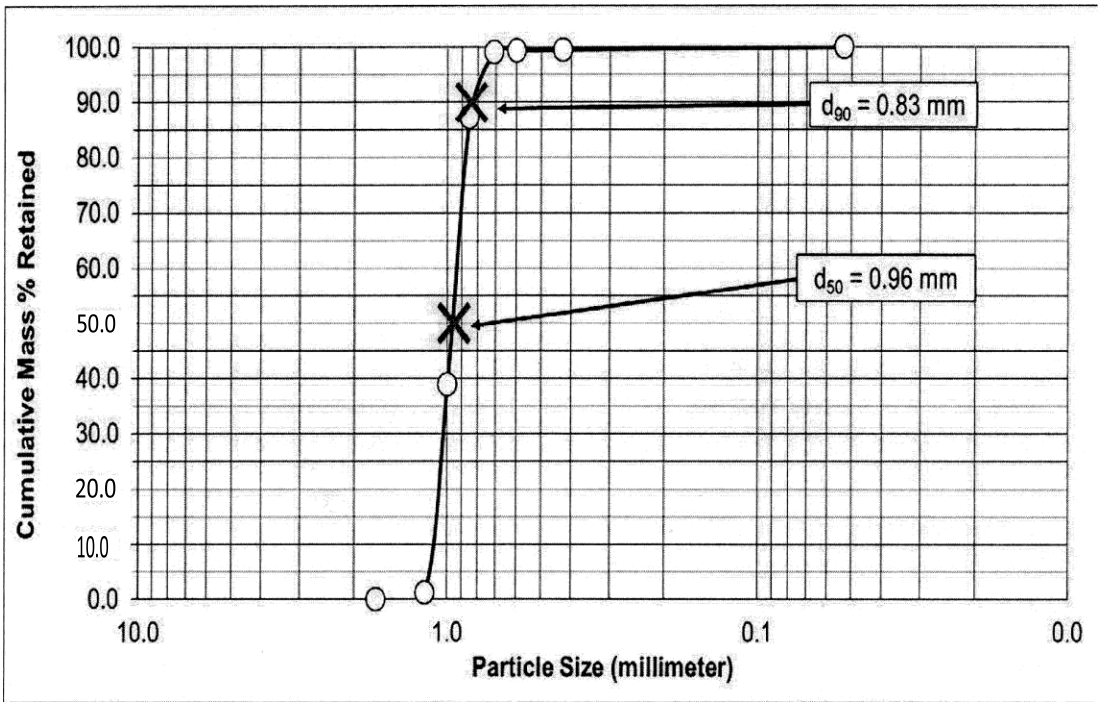


Figura4- Método gráfico para la determinación del diámetro medio

6.6 Calibración de tamiz

6.6.1 Propósito

Es necesario comprobar los tamices contra un conjunto patrón porque los tamices no son perfectos y están sujetos a desgaste. Esto es así tanto para los tamices nuevos como para los usados y para los tamices emparejados y no emparejados. El examen óptico de cualquier tamiz muestra que las aberturas varían tanto en tamaño como en forma. La calibración es un medio por el cual se puede determinar la extensión y el efecto de las diferencias de apertura. Es también un medio para compensar las diferencias fabricadas en los tamices para garantizar la consistencia en el análisis del tamiz comparando un conjunto de tamiz con otro**.**

6.6.2 Descripción

Una pila de tamices patrón se utiliza para comprobar los tamices de trabajo. Esta pila patrón (tamices de calibración) debe utilizarse con mucha moderación para evitar un desgaste y cambios importantes en las aberturas. La pila patrón consiste en tamices certificados, se calibran ópticamente anualmente, normalmente por el fabricante del equipo de origen, para garantizar que los tamices estén de acuerdo con ASTM E11. Si algún tamiz no cumple con la especificación ASTM, el tamiz se debe sustituir por un nuevo tamiz calibrado. El almacenamiento de los tamices se hará de tal manera que se evite el deterioro y/o los daños.

6.6.3 Preparando muestra de calibración

Una muestra de calibración de tamiz se prepara mezclando muestras de tamaño con un mínimo de 0,6, pero preferiblemente 0,8, en esfericidad y redondez. Para preparar las muestras de tamaño, determine el tamaño específico de los materiales necesarios y, a continuación, ensamble una pila de tamiz que cubra estos tamaños y coloque una sartén en la parte inferior.

6.6.3.1 Coloque 100 g ± 20 g de agente de sostén que haya sido identificado como fuente de material de calibración en el tamiz superior y cúbralo con una tapa. Coloque la pila de tamiz en la agitadora de tamiz y agite durante 10 minutos ± 5 segundos. La masa de medios utilizada debe ajustarse a un máximo de 35 g en cualquier tamiz individual.

6.6.3.2 Retire la pila de la agitadora de tamiz y, a continuación, retire la tapa. Retire con cuidado el tamiz superior y viértalo en una bandeja de recuperación. Cepille bien el tamiz, removiendo cualquier grano que se adhiera a la tela de alambre. Coloque el material de la bandeja de recuperación en un recipiente de almacenamiento etiquetado específicamente para este tamaño de material. Repita para cada tamiz.

6.6.3.3 Seleccione los tamaños de tamiz que se probarán en función de la Tabla 1. Para cada tamaño de tamiz, pese aproximadamente 10 g de material del tamaño correspondiente. Mezcle el material de tamaño para formar una muestra estándar de calibración.

6.6.4 Procedimiento de calibración

6.6.4.1 Coloque la muestra estándar de calibración de 0 en la pila de tamiz patrón y complete el análisis del tamiz de acuerdo con el punto 6.4, recombinar cada una de las fracciones de tamaño después de pesarlas. La carga retenida en cada uno de los tamices patrón se considerará la carga patrón para fines de cálculo.

6.6.4.2 A continuación, la muestra de calibración recombinada se coloca en la pila de tamiz de trabajo, y el análisis del tamiz se completa de acuerdo con el punto 6.4. La carga retenida en cada tamiz de trabajo se considera la carga de trabajo para fines de cálculo.

6.6.4.3 Si la masa total de la muestra de prueba supera la diferencia ± 0,5 % de la pila patrón a pila de trabajo, repita la prueba.

6.6.4.4 Para cada tamiz de la pila, calcule:

a) la diferencia, δ_i expresada en gramos, utilizando la Ecuación (5)

b) la diferencia relativa, Δ_i " en porcentaje, utilizando la ecuación (6)

c) la diferencia absoluta, δ_{Ai} " expresada en gramos, utilizando la ecuación (7)

d) la diferencia relativa absoluta, Δ_{Ai} " en porcentaje, utilizando la ecuación (8)

Si el valor de diferencia relativa absoluta supera el 15 %, se sustituirá el tamiz de trabajo.

$$\delta_i = m_{Wi} - m_{Mi}$$

$$\Delta_i = 100 \times \left(\frac{m_{Wi}}{m_{Mi}} - 1 \right)$$

Donde:

m_{Mi}: es la masa retenida en cada tamiz en el conjunto patrón, expresada en gramos

m_{wi}: es la masa retenida en cada tamiz en el conjunto de trabajo, expresada en gramos

NOTA Tanto δi y Δi pueden ser positivos o negativos.

La diferencia absoluta del tamiz de interés, δ_{Ai}, expresado en gramos, se calcula a partir de la Ecuación (7):

$$\delta_{Ai} = \delta_{Ai-1} + \delta_i \quad \delta_{Ai} = \delta_{Ai-1} + \delta_i \tag{7}$$

Donde δ_{Ai-1} es la diferencia absoluta del tamiz anterior, expresada en gramos

δ_i es la diferencia para el tamiz de interés, expresada en gramos.

La diferencia relativa absoluta del tamiz de interés, Δ_{Ai} se calcula, en porcentaje, a partir de la ecuación (8):

(8)

$$\Delta_{Ai} = 100 \times \frac{\delta_{Ai}}{m_{Mi}}$$

Donde:

δ_{Ai} es la diferencia absoluta para el tamiz de interés de la ecuación (7)

m_{Mi} es la masa retenida en el tamiz maestro de interés, expresado en gramos

NOTA El uso de la palabra "absoluto" no se refiere a la función matemática.

EJEMPLO Ejemplos de cálculos para el sexto tamiz de la pila de trabajo, N°30 (resaltado), en Tabla 4:

— A partir de la ecuación (5): δ_6 = 10,30 - 10,05 = 0,25 g

— A partir de la ecuación (6): Δ_6 = (10,30 / 10,05 - 1) x 100 a 2,5 %

— A partir de la ecuación (7): δ_{A6}= 1,33 + 0,25 = 1,58 g

— A partir de la ecuación (8): Δ_{A6} = (1,58 / 10,05) x 100 = 15,7 %

Tabla 4 -----Ejemplo de Cálculos absolutos de diferencia relativa

Astm Tamiz Serie Número de tamiz	Tamiz en posición de la pila i	Carga patron m_{Mi} g	Carga de trabajo m_{Wi} g	Diferencia δ_i g	Diferencia relativa Δ_i %		Diferencia absoluta δ_{Ai} g	Diferencia relativa absoluta Δ_{Ai} %
12	1(arriba)	9.42	10.00	0.58	6.2		0.58	**62**
16	2	10.90	11.05	0.15	1.4		0.73	**6.7**
18	3	9.51	9.51	0.00	0.0		0.73	**7.7**
20	4	9.50	9.70	0.20	2.1		0.93	**9.8**
25	5	10.10	10.50	0.40	g.0		1.33	**13.2**
30	6	10.05	10.30	0.25	2.5		1.58	**15.7**
35	7	11.44	10.95	-0.49	-4.3		1.09	**9.5**
‹0	8	9 33	9.19	-0.14	-1.5		0.95	**10.2**
50	9	10.12	9.18	-0. 94	-9.3		0.01	**0.1**
70	10	8.80	8.90	0.10	1.1		0.11	**1.2**
fondo	11 (abajo)	0.90	0.47					
Total		100.07	**99.75**					

En conclusión, la diferencia relativa entre el total del conjunto de trabajo y el total del conjunto patrón es -0,3 % [(99,75/ 100.07 - 1) x 100] y está dentro de la tolerancia especificada en 0 y 0 de menos de ± 0.5 %. La diferencia relativa absoluta para el sexto tamiz, N°30 (resaltado), en la pila de trabajo supera el 15 % permitido y se debe sustituir por un nuevo tamiz calibrado. Todos los demás tamices de la pila de trabajo están en calibración, como se indica en los números en negrita en la columna situada más a la derecha de la Tabla 4.

7 Esfericidad y Redondez de agentes de sostén

7.1 Propósito

El propósito de este procedimiento es evaluar e informar formas de partículas del agente de sostén.

7.2 Descripción

Los parámetros comunes de forma de partícula que se han encontrado para ser útiles para evaluar visualmente el agente de sostén, son la esfericidad y la redondez. Este procedimiento encuentra su mayor utilidad en la caracterización de nuevos depósitos agentes de sostén y nuevas fuentes de agentes artificiales. El método más utilizado para determinar la esfericidad y la redondez es el uso del gráfico Krumbein y Sloss (véase la figura 5). La esfericidad es una medida de cuán cerca se acerca una partícula de sostén a la forma de una esfera. La redondez es una medida de la nitidez relativa de las esquinas o la curvatura. Estas mediciones se determinarán por separado. Existen métodos de medición distintos que utilizan tecnología fotográfica o digital, siempre que realmente midan y calculen las propiedades descritas aquí.

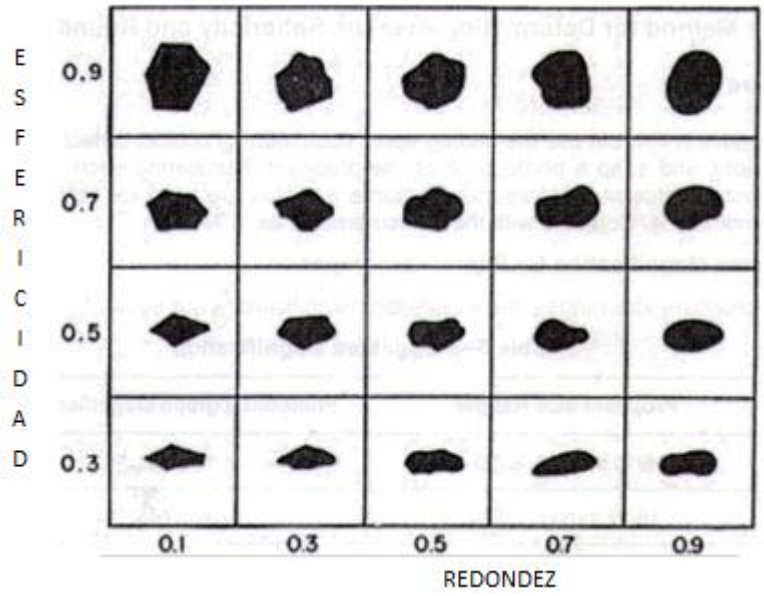


Figura 5—Gráfico para la estimación visual de la esfericidad y la redondez

7.3 Capacidad de aparatos

Un microscopio o equivalente deberá tener un aumento de 10 a 40 veces

7.4 Procedimiento

7.4.1 Usando la muestra dividida (ver 5.2) y el divisor de muestra, reduzca aún más la muestra a una mono capa de agente de sostén

7.4.2 Coloque la muestra reducida sobre un fondo adecuado, extiéndala a una capa de espesor de una partícula y visualícela a través de un microscopio con bajo aumento (10 veces a 40 veces). Elija un color de fondo más oscuro para el agente de sostén y, por el contrario, elija un color de fondo más claro para las partículas oscuras.

7.4.3 Para evitar el sesgo involuntario de la muestra y los datos, se evaluará cada partícula del campo de visión. Las partículas no deben tocarse (si es posible).

7.4.4 Determine la esfericidad de cada partícula seleccionada comparándolo con el gráfico proporcionado (consulte la Figura 5). Registre el número de esfericidad asignado para cada partícula seleccionada.

7.4.5 Calcule el promedio aritmético de los números de esfericidad registrados e informe como esfericidad de partícula promedio a la unidad 0.1 más cercana.

7.4.6 Usando las mismas partículas individuales seleccionadas en 0, determine la redondez de cada partícula. Registre el número de redondez asignado para cada partícula seleccionada.

7.4.7 Calcule el promedio aritmético de los números de redondez registrados e informe como redondez media de partículas a la unidad 0.1 más cercana.

7.5 Método alternativo para determinar la esfericidad media y la redondez

7.5.1 Procedimiento

Siga el procedimiento descrito en 7.4, pero utilice el *equipo* fotográfico de elección. Seleccione un campo de visión representativo debajo de la lente y tome una fotografía de agente de sostén. La numeración de cada partícula seleccionada en la imagen impresa limita la confusión y asegura que se utilicen las mismas partículas para las determinaciones de esfericidad y redondez. Continúe con las mediciones como en el punto 7.4.

7.5.2 Ampliación sugerida para fotomicrografías

Para los rangos de tamaño agente de sostén designados, las ampliaciones sugeridas se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5—Ampliación sugerida

Rangos de tamaños de agente de sostén	Ampliación de la fotomicrografía
6/12 a 12/20	15 veces
16/12 a 20/40	30 veces
30/50 a 70/140	40 veces

7.6 Especificaciones: redondez y esfericidad

Los agentes de sostén cerámicos y los agentes recubiertos de resina deberán tener una esfericidad media de 0.7 o más y una solidez media de 0.7 o superior. Todos los demás agentes de sostén deberán tener una esfericidad media de 0.6 o superior y una redondez media de 0.6 o superior.

8 Solubilidad ácida

8.1 Propósito

Los procedimientos de solubilidad ácida se utilizan para determinar la idoneidad de un agente de sostén para su uso en aplicaciones donde el agente puede entrar en contacto con ácidos. En el caso de la arena cristalina de oc-cuarzo fraccionado de origen natural, la solubilidad del agente en una mezcla de ácido fluorhídrico en ácido clorhídrico se utiliza para estimar la eficacia de las técnicas de separación mineral en la eliminación de los minerales cementosos más blandos y menos deseables de la arena de cuarzo. En el caso de los agentes cerámicos artificiales, las fases de vidrio amorfa también son solubles en las mezclas de ácido HF/HCI, al igual que otros compuestos, como la magnetita, los álcalis y los óxidos de hierro.

8.2 Descripción

El método preferible para analizar la solubilidad ácida es utilizar una solución de 12:3 ácido HCI: HF; es decir, 12 % en masa de ácido clorhídrico (HCI) y 3 % en masa de ácido fluorhídrico (HF) (véase 8.4.2). No obstante, el siguiente ejemplo de procedimiento no impedirá el ensayo de materiales en otros ácidos. La solubilidad de un agente de sostén en 12:3 HCI: HF es un indicador de la cantidad de materiales solubles; por ejemplo, carbonatos, feldespatos, óxidos de hierro, arcillas, etc., presentes en el agente.

Precaución: las soluciones de ácido clorhídrico y ácido HCI: HF 12:3 son altamente corrosivas. Siempre manéjelos con cuidado para prevenir daños o lesiones. Tome precauciones de seguridad específicas al manipular, transportar y almacenar HCl y HCI: HF 12:3. Obtenga ayuda médica de inmediato si se produce un contacto accidental.

8.3 Equipamiento y Materiales

Se necesitan los siguientes equipos y materiales para realizar pruebas de solubilidad ácida en muestras de agente de sostén

8.3.1 Ácido clorhídrico

HCI, CAS N° 7647-01-0, concentrado, 37 % en agua, grado de reactivo de ensayo conocido.

NOTA ácido clorhídrico es una mezcla/solución de gas cloruro de hidrógeno en el agua; el mismo número de registro CAS se utiliza para las soluciones de gas y acuoso.

8.3.2 Fluoruro de hidrógeno de amonio Difluoro (bifluoruro de amonio)

NH+HF2, CAS N° 1341-49-7, grado de reactivo del ensayo conocido.

8.3.3 Agua desionizada (o destilada)

Para la dilución del ácido y el lavado de la muestra filtrada.

8.3.4 Balanza

0.0001 g de precisión.

8.3.5 Baño de agua

66 °C (150° F)

8.3.6 Horno

105 °C (220 °F).

8.3.7 Vaso

Capacidad de 250 ml, polietileno o polipropileno de alta densidad

8.3.8 Cilindro Graduado o Frasco Volumétrico

1000 ml, polietileno o polipropileno de alta densidad.

8.3.9 Aparato de filtrado analítico

Resistente al ácido (porcelana, polietileno de alta densidad o polisulfona), utilizando una técnica de filtrado al vacío con un embudo estilo Gooch o estilo Buchner.

8.3.10 Papel filtro

Círculos, a base de celulosa, resistentes a los ácidos suficiente para evitar la pérdida de muestra.

La prueba requiere una almohadilla de papel de filtro de aproximadamente 1,6 mm (1/ 16 in.) de espesor o unas cinco capas de círculos de papel de filtro con un diámetro para quedarse plano en el crisol o embudo. El papel de filtro adecuado se conoce comúnmente como Whatman N° 42 o equivalente.

8.3.11 Temporizador

Preciso a ± 5 segundos durante un período de 30 minutos.

8.3.12 Desecador

Con agente de secado estándar (sulfato de calcio anhidro o gel de sílice).

8.4 Procedimiento

Se tomarán muestras representativas del divisor de muestras (véase 5.2). No tamice la muestra. Las muestras no deben someterse a la prueba de resistencia al aplastamiento o al triturado antes del análisis de solubilidad ácida; el análisis se realizará en el agente de sostén inalterado.

Advertencia: se debe utilizar una precaución extrema y un equipo de protección adecuado en todo momento al manipular ácidos. Para obtener más información, consulte las hojas de datos de seguridad de material o al fabricante de productos químicos.

8.4.1 Preparación de la solución de ácido 12:3 HCl: HF

Preparar la solución de ácido HCI: HF 12:3, gravedad específica 1. 08 a 15.6 °C (60 °F), de la siguiente manera:

8.4.1.1 A 500 ml de agua contenida en un cilindro graduado de polietileno o polipropileno de 1000 ml o matraz volumétrico, añadir 46,23 g de NH4HF2 puro y mezclar. La masa real de NH4HF2, de ensayo inferior a 100% de pureza, que se utilizará es igual a 46,23 g dividido por el ensayo de NH4HF2, en fracción de masa. Por ejemplo,46,23 g /0.94 = Se utilizarán 49,18 g de NH4HF2 con un ensayo de pureza del 94 %.

8.4.1.2 Añadir 361 ml HCl 37%, (gravedad ESPECIFICA de 1.19). Ajustar el volumen para diferentes concentraciones de ácido clorhídrico. Por ejemplo, utilizando el 33 % de HCl (gravedad específica 1,17), la cantidad correcta de ácido sería (361 ml x 1,19 x 0,37) / (0,33 x 1,17) a 411,7 ml de HCl con un ensayo del 33 %.

8.4.1.3 Diluir a 1000 ml con agua. Vuelva a comprobar el volumen cuando el ácido se haya enfriado a temperatura ambiente y rellene según sea necesario.

8.4.1.4 Revuelva para asegurar la mezcla completa, y asegúrese de que el ácido se ha enfriado a temperatura ambiente antes de su uso.

8.4.2 Procedimiento de prueba de solubilidad del agente de sostén

8.4.2.1 Secar el recipiente y el filtro de papel en un horno a 105 °C (220 °F) durante un mínimo de una hora y hasta que se alcance la masa constante; pesar y registrar la masa, m_f hasta el 0,1 mg más cercano. El medio filtrante no debe pesarse en caliente; primero se debe permitir que se enfrié en un desecador.

8.4.2.2 Pesar 5 g ± 0,01 g de agente de sostén hasta el 0,1 mg más cercano en una balanza de muestra tarada. El agente debe secarse a 105 °C (220 °F) a una masa constante y enfriarse en un desecador. Registre la masa, m_s, al 0,1 mg más cercano.

8.4.2.3 Añadir la muestra del agente de sostén a un vaso de polietileno de 250 ml que contenga 100 ml de la solución ácida preparada en 8.4.1. Cubra el vaso de precipitados con un cristal de reloj de polietileno. El ácido y las muestras deberán estar a temperatura ambiente, a 22 °C ±3 °C (72 °F de ±5 °F).

8.4.2.4 Colocar el vaso de precipitados en un baño de agua de 66 °C (150 °F) durante 30 minutos +5 segundos. No remueva.

8.4.2.5 Transferir la mezcla de agente de sostén y ácido del vaso de precipitados al aparato de filtrado. Filtrar la muestra a través del crisol/embudo de filtro pre pesado, asegurándose de transferir todas las partículas del vaso de precipitados al filtro. Se utilizarán técnicas de filtrado al vacío para eliminar el ácido de la muestra en un minuto. Es posible que se necesite un área de filtro más grande para que algunas muestras puedan filtrar esto rápidamente.

8.4.2.6 Lavar la muestra en el aparato de filtrado al menos tres veces con suficiente volumen de agua para inundar los sólidos restantes; Las porciones de 20 ml de agua deben ser suficientes para el tamaño de la muestra y los filtros enumerados.

8.4.2.7 Secar el filtro y conservar la muestra a 105 °C (220 °F) durante un mínimo de una hora y hasta obtener una masa constante. Enfríe el filtro y la muestra en un desecador antes de pesar. Pesar el filtro y la muestra y registrar la masa, m_{fs}, hasta el 0,1 mg más cercano.

8.4.2.8 Calcular $S_{12:3}$, la solubilidad ácida (expresada en porcentaje), del agente de sostén usando Ecuación (9) e informar el resultado a un decimal:

$$S_{12:3} = \frac{m_s + m_f - m_{fs}}{} \times 100$$

Donde:

m_s: es la masa de la muestra, expresada en gramos

m_f: es la masa del filtro, expresada en gramos

m_{fs}: es la masa seca del filtro que contiene agente de sostén, expresado en gramos

8.5 Especificaciones: Solubilidad ácida

El material soluble en ácido en los agentes de sostén no excederá de los valores indicados en la tabla 6

Tabla 6—Solubilidad máxima de ácidos

Tipo y tamaño de agente de sostén	Máxima solubilidad ácida % en peso
Arena de fracturación hidráulica, agentes de sostén recubierto de resina y agentes de arena para envasado de grava	
— Más grande o igual a 30/50	2.0
— Menor de 30/50	3.0
Agentes cerámicos y agentes cerámicos recubiertos de resina	7.0

9 Turbidez

9.1 Propósito

El propósito de este procedimiento es determinar la cantidad de partículas suspendidas u otra materia finamente dividida presente.

9.2 Descripción

En general, las pruebas de turbidez miden una propiedad óptica de una suspensión que resulta de la dispersión y absorción de la luz por la materia partícula suspendida en el fluido humectante. Cuanto mayor sea el número de turbidez, más partículas suspendidas están presentes. En la mayoría de los medidores de turbidez comercial, la trayectoria de luz incidente es normal a la ruta de detección; este es el método de medición preferible. Los resultados se expresan en unidades de turbidez neflométricas (NTU), o las unidades de turbidez de formazina equivalentes (FTU) cuando se utiliza formazina como estándar de calibración. Se pueden utilizar métodos alternativos, pero se correlacionará con el método indicado en este documento.

9.3 Equipamiento y Materiales

La siguiente es una lista de equipos y materiales para mediciones de turbidez:

9.3.1 Turbidímetro

9.3.2 Agitador de frasco de acción doble o de muñeca

El agitador preferible tendrá características de rendimiento similar a estos:

— oscilaciones por minuto: 385 ± 10 %;

— ángulo de movimiento: 10 grados ±1 grado.

9.3.3 Jeringa

9.3.4 Erlenmeyer (Cónico) Frasco

Frasco de 250 mI, boca ancha con tapa de tornillo.

9.3.5 Agua desionizada (o destilada)

Para la suspensión de partículas finas.

9.4 Calibración de aparatos

La calibración del aparato debe realizarse de acuerdo con los procedimientos designados por el fabricante del equipo original.

9.5 Procedimiento— Medición de la turbidez

9.5.1 Con el divisor de muestra, reduzca el tamaño de la muestra de agente de sostén a 50 g ± 20 g. Mida 20 ml ± 1 ml de una muestra seca de agente de sostén y agréguela, más 100 ml de ±5 ml de agua, al Erlenmeyer de 250 ml con una boca ancha y una tapa de tornillo. Dejar reposar durante 30 minutos ± 1 minuto.

9.5.2 Ajuste la frecuencia del agitador al rango máximo. Coloque el matraz en el agitador. Deje que el agitador tiemble durante 30 segundos ± 5 segundos. Retire el frasco y deje reposar durante 5 minutos ±1 minutos.

9.5.3 Con una jeringa, extraiga 25 ml de la suspensión de agua y sólidos cerca del centro del volumen de agua. Se debe tener cuidado de no extraer partículas agentes de sostén, ya que esto distorsiona los resultados.

9.5.4 Coloque la muestra de partículas suspendidas en un vial de prueba y colóquelo en un turbidímetro calibrado recientemente.

9.5.5 Registre la turbidez de la muestra en FTU (NTU) a la unidad más cercana.

9.6 Especificación: Turbidez

La turbidez de todos los agentes de sostén de fracturación y envasado de grava no debe exceder 250 FTU (NTU).

10 Procedimiento para determinar la densidad bulk, la densidad aparente y la densidad absoluta

10.1 Propósito

El propósito de este procedimiento es determinar la densidad bulk, ρ_{bulk}, densidad aparente, ρ_{ap}, y densidad absoluta, ρ_{abs}, del agente de sostén.

10.2 Descripción

La densidad bulk, la densidad aparente y la densidad absoluta son propiedades importantes del agente de sostén. La densidad bulk describe la masa del agente que llena un volumen unitario e incluye tanto agente de sostén como porosidad. Se utiliza para determinar la masa del agente necesario para llenar una fractura, un anillo para el embalaje de tumbas, o tanque de almacenamiento. La densidad aparente se mide con un fluido de baja viscosidad que humedezca la superficie de la partícula e incluye el espacio de poros inaccesible para el fluido. La densidad absoluta excluye los poros que estén en el agente, así como los espacios vacíos entre agente de sostén.

10.3 Densidad bulk (ρbulk)

Este procedimiento se basa en ANSI B74.4

10.3.1 Equipamiento y Materiales

Un aparato que consta de las siguientes partes (ver Figura 6) se utiliza para determinar la densidad bulk. Las dimensiones no esenciales del aparato se pueden ajustar a conveniencia del usuario.

10.3.1.1 Soporte de embudo

El soporte del embudo consta de una base metálica cuadrada, 305 mm x 305 mm (12 in. x 12 in.), con un trípode de 305 mm (12.0 in.) de alto. La parte superior del trípode consistirá en una plataforma circular horizontal, de 203 mm (9 in.) de diámetro, formando un soporte para un embudo, que es reemplazable y ajustable y fijado en su lugar por tornillos.

10.3.1.2 Embudo

El embudo es de acero inoxidable, con costuras interiores lisas y un cierre en la salida que consiste en una bola de goma de 35 mm (1.378 pulgadas) unida al embudo por dos muelles helicoidales de tal resistencia que se hace un sello firme.

El embudo tendrá las siguientes dimensiones:

— diámetro superior (interior): 114,3 mm ± 0,4 mm (4,5 in. ± 0.0156 in.);

— diámetro inferior (interior) 12,7 mm ± 0,4 mm (0,5 in. ± 0,0156 in.):

— altura de la sección cónica: 76 2 mm ± 0,4 mm (3,0 in. ± 0,0156 in.).

— altura de la sección paralela: 12,7 mm ± 0,4m m (0,5 in. ± 0.0156 in.).

10.3.1.3 Cilindro de latón

El cilindro de latón tiene una capacidad de aproximadamente 100 cm* (6,10 in.3), calibrado con agua como se describe en 10.3.2.

El cilindro estará fabricado con latón de calibre 17 y tubos sin costuras, y tendrá las siguientes dimensiones:

— diámetro interior: tubo de latón de 38,9 mm (1,53 in.); diámetro interior estará dentro de las tolerancias normales a tubos comerciales de alta calidad;

— altura: 84,1 mm ±0,4 mm (3,3125 in. ±0.0156 in.);

— espesor de la base: 12,7 mm ± 0,4 mm (0,5 in. ±0,0156 in.).

La superficie inferior de la base se empotrará para centrar el cilindro directamente debajo del embudo de descarga por medio de un pasador de acoplamiento en la placa inferior.

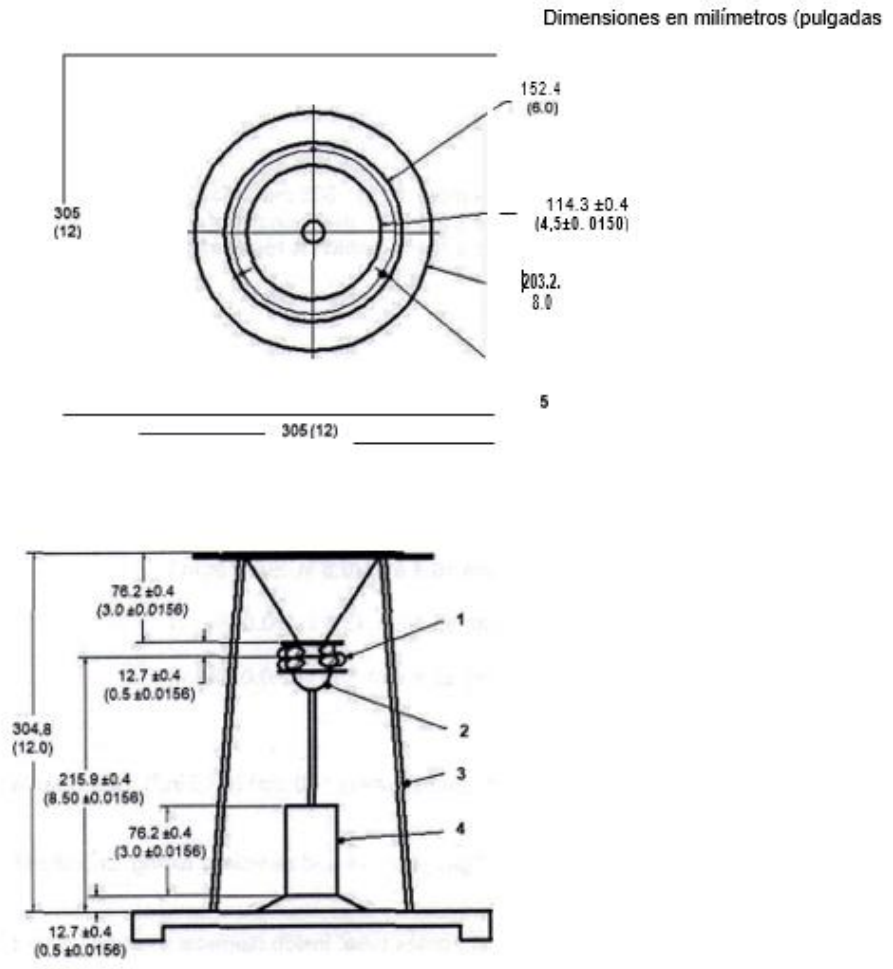
10.3.1.4 Balanza

Capacidad mínima de 100 g, con una precisión igual o superior a 0,01 g.

10.3.1.5 Termómetro

Precisión a ±0,5 °C (±1 °F).

10.3.1.6 Agua desionizada (o destilada)



Clave

1 Diámetro del muelle, 9,65 mm (0,38 in.)

2 Tope de bola de goma, diámetro 31,75 mm (1,25 in.)

3 Diámetro de la pierna, 5 mm (0,19 in.), soldado a la placa base

4 Diámetro interno del cilindro, 38,1 mm (1,5 in.)

5 Tres orificios en un diámetro de 139,7 mm (5,5 in.)

Figura 6—Dispositivo de densidad a granel de paquete suelto

10.3.2 Calibración del volumen del cilindro

Antes de su uso, determine el volumen del cilindro de la siguiente manera:

10.3.2.1 Pesar el cilindro seco y vacío con una placa plana de vidrio (placa de soplado) y grabar como m_1.

10.3.2.2 Llene el cilindro con agua y deje que la temperatura llegue al equilibrio. Se recomienda el uso de un termostato para controlar el tiempo necesario para que se establezca el equilibrio de temperatura. Al igual que con la mayoría de los utensilios volumétricos de laboratorio, la temperatura en la calibración debe estar cerca de 25 °C ± 1 °C (77 °F ±2 °F).

10.3.2.3 Mida y registre la temperatura del agua en el cilindro**.**

10.3.2.4 Deslice la placa de vidrio hasta que entre en contacto con el borde superior del cilindro, cortando el agua con precisión en el plano del borde.

10.3.2.5 Con la placa de vidrio firmemente en su lugar, limpie el exceso de agua y obtenga la masa m_2

10.3.2.6 Calcular el volumen, V_{cyl} expresado en centímetros cúbicos, del cilindro como se indica en Ecuación (10):

$$V_{cyl} = \frac{m_2 - m_1}{\rho_w}$$

Donde

m_1 es la masa del cilindro seco y la placa de vidrio, expresada en gramos

m_2 es la masa del cilindro, placa de vidrio y agua, expresada en gramos

ρ_w es la densidad del fluido de calibración, agua a temperatura de prueba, expresada en gramos por centímetro cúbico.

La densidad del agua a varias temperaturas está disponible en la Tabla 7.

Tabla 7—Densidad del agua a varias temperaturas

Temperatura ℃	Densidad g/cm'		Temperatura ° f	Densidad g/cm³
15.0	0.9991		59	0.9991
15.5	0.9990		60	0.9990
16.0	0.9989		61	0.9989
16.5	0.9989		62	0 9988
17.0	0.9988		63	0.9987
17.5	0.9987		64	0. 9986
18.0	0.9986		65	0 9985
18.5	0.9985		66	0.9984
19.0	0.9984		67	0 9983
19.5	0.9983		68	0 9982
20.0	0.9982		69	0.9981
20.5	0.9981		70	0.9980
21.0	0.9980		71	0.9978
21.5	0.9979		72	0.9977
220	0.9978		73	0.9976
22.5	0.9977		74	0.9975
23.0	0.9975		75	0.9973
23.5	0.9974		76	0.9972
24.0	0.9973		77	0.9970
24.5	0.9972		78	0 9969
25.0	09970		79	0.9968
25.5	0.9969		80	0.9966
26.0	0.9968		81	0.9965
26.5	0.9966		82	0.9963
27.0	0.9965		83	0.9961
27.5	0.9964		84	0.9960
28.0	0.9962		85	0.9958
28.5	0.9961		86	0.9956
29 0	0.9959		8Z	0.9955
29.5	0.9958		88	0.9953
30.0	0.9956			

NOTA Datos de densidad de agua a los que se hace referencia en el *Manual de Química* y *Física. 66"* Edición, CRC Press Inc., Boca Ralon, Florida (1985—1986)

10.3.3 Procedimiento— Determinación de densidad a granel del paquete suelto

10.3.3.1 Pesar el cilindro seco y vacío y registrar la masa como m1.

10.3.3.2 La muestra de agente de sostén a probar deberá tener una temperatura no inferior a 18 °C (65 °F) y no más de 29 °C (85 °F). Llene un vaso de precipitados de 150 ml con la muestra dividida de agente de sostén (ver 5.2).

10.3.3.3 Con la salida del embudo cerrada y el cilindro centrado bajo la salida del embudo, vierta la muestra del vaso de precipitados en el embudo.

10.3.3.4 Mueva la bola a la derecha o a la izquierda de la abertura en la parte inferior del embudo y permita que el agente caiga libremente, llenando el cilindro.

10.3.3.5 Inmediatamente después de vaciar el embudo, pase suavemente un borde recto a través en contacto con el borde del cilindro para nivelar la superficie del agente. Es importante evitar vibraciones y golpes o cualquier hecho perturbador.

10.3.3.6 Pesar el cilindro y el contenido, y regístrela como m_2.

10.3.3.7 Calcular la densidad a granel del paquete suelto, ρ_{bulk}, expresada en gramos por centímetro cúbico, como se indica en la Ecuación 11:

$$\rho_{bulk} = \frac{m_2 - m_1}{V_{cyl}} \qquad (11)$$

Donde

m_1 es la masa del cilindro seco, expresada en gramos

m_2 es la masa del cilindro lleno de agente de sostén de 0, expresado en gramos

V_{cyl} es el volumen del cilindro, expresado en centímetros cúbicos

Para expresar ρ_{bulk} en lb/ft3, multiplicar ρ_{bulk} expresado en g/cm3 por 62.428.

10.4 Densidad aparente (ρ_{ap})

10.4.1 Equipamientos y materiales

Se necesitan los siguientes equipos y materiales para determinar la densidad aparente, ρ_{ap} de los agentes de sostén en aceite.

10.4.1.1 Frasco de Le Chatelier

Como se describe en ASTM C188; Limpio.

10.4.1.2 Líquido de desplazamiento

Baja viscosidad, aceite paranínfico, queroseno o aceite similar con una viscosidad máxima inferior o igual a 5 centipoises a la temperatura de uso.

10.4.1.3 Balanza

Capacidad 80 g a 100 g, con una precisión de 0. 01 g o mejor.

10.4.1.4 Recipiente de pesaje

10.4.1.5 Embudo .

Con vástago para caber dentro del matraz.

La longitud del vástago debe ser lo suficientemente larga [63,5 mm (2 ½ in.)] que el líquido de desplazamiento se pueda verter en el recipiente sin tocar los lados de la mitad superior del cuello del matraz.

10.4.1.6 Agente de sostén

Cantidad aproximada del agente requerido por el procedimiento:

Arenas naturales: 48 g a 54 g

Arenas recubiertas de resina: 63 g a 68 g

Cerámica de alta densidad: 63 g a 68 g

Cerámica de peso livianas: 42 g a 48 g

Cerámica recubierta de resina: Ver 10. 4.2.4

Flotabilidad neutral: puede requerir una densidad de fluido diferente

10.4.2 Procedimiento— Determinación aparente de la densidad

10.4.2.1 Llenar el recipiente con líquido de ensayo hasta un punto en el cuello entre la marca de 0 y 1 ml sin que el líquido moje la pared del cuello del recipiente. Si el cuello del recipiente por encima de la bombilla inferior se humedeció, el agente de sostén puede hacer un puente cuando se introduzca.

10.4.2.2 Leer y registrar el volumen inicial el líquido, V_{init}, hasta los 0,05 ml más cercanos.

10.4.2.3 Pesar el agente de sostén y registrar la masa como m_p al 0.01g más cercano.

10.4.2.4 Agregue cuidadosamente todo el agente pesado al recipiente. El nivel final de líquido en el recipiente con todo el agente en su lugar debe estar dentro del rango de las marcas graduadas superiores.

10.4.2.5 Después de colocar todo el agente en el recipiente, coloque el tapón en el recipiente.

10.4.2.6 Incline y enrolle suavemente el recipiente hasta que se retiren todas las burbujas de aire y no haya ningún agente en el cuello del recipiente.

10.4.2.7 Lea el volumen final de líquido y registre como V_f al 0.05ml más cercano.

10.4.2.8 Calcular la densidad aparente, ρ_{ap}, expresada en gramos por mililitros, en Ecuación (12):

$$P_{ap} = m_p / V_f - V_{init} \quad (12)$$

Donde

m_p es la masa del agente seco, expresada en gramos

V_f es el volumen final del líquido, expresado en mililitros

V_{init} es el volumen inicial del líquido, expresado en mililitros

10.4.2.9 Informar de la densidad aparente, ρ_{ap}, expresada en gramos por mililitro.

NOTA Un mililitro se considera equivalente a un centímetro cúbico.

Para expresar ρ_{ap} en lb/ft3, multiplique el valor en g/ml por 62.428.

10.4 Densidad Absoluta (ρ_{abs})

10.5.1 Descripción

El método preferible para determinar la densidad absoluta, ρabs, se basa en la Ley de Boyle: La presión al llenar la cámara de muestra con un gas y luego descargar el gas en una segunda cámara vacía permite el cálculo del volumen de la fase sólida de la muestra. Dado que la densidad y el volumen de gas son muy bajos en comparación con el agente de sostén, el resultado es muy cercano a la verdadera densidad del agente de sostén, excluyendo la porosidad interna conectada común en algunos tipos de agentes.

10.5.2 Equipo

10.5.2.1 Picnómetro

Un picnómetro de comparación de gases con una reproductividad típica entre 0,02 % del volumen nominal a escala completa en muestras limpias, secas y térmicamente equilibradas. El gas preferible es el helio, He2, pero el nitrógeno seco, N2, es una alternativa aceptable.

10.5.2.2 Balanza

0.0001 g de precisión.

10.5.2.3 Horno de secado

Capaz de sostener a 105 °C (220 °F).

10.5.2.4 Desecador

Con un agente de secado estándar (sulfato de calcio anhidro o gel de sílice).

10.5.3 Procedimiento— Determinación de densidad absoluta

10.5.3.1 El volumen del agente de sostén depende del volumen del vaso de muestra. El agente se debe secar a una masa constante a 105 °C (220 °F), luego enfriarse a temperatura ambiente en un desecador. Registre la masa de la muestra, m_p, hasta el 0,1 mg más cercano.

10.5.3.2 Verifique el picnómetro de comparación de gases para medir el cero y calibrarlo como se especifica en el manual de instrucciones para el picnómetro específico que se está utilizando.

10.5.3.3 Coloque el vaso de muestra con el agente en el compartimiento de muestras del picnómetro y fije firmemente en su lugar. Purgar la muestra del compartimiento con gas a presión que no exceda los 15 kPa (2 psi).

10.5.3.4 Mida el volumen de la muestra según los procedimientos estándar del fabricante. Se deben observar y registrar diez purgas de gas de la muestra y cinco mediciones con la precisión del instrumento.

10.5.3.5 Registre las cinco mediciones como el volumen de la muestra de agente de sostén,V_i , en centímetros cúbicos. Calcular el volumen promedio, V_{avg}, del agente de sostén.

10.5.3.6 La densidad absoluta, ρ_{abs}, expresada en gramos por centímetro cúbico, se calcula utilizando

Ecuación (13):

$$P_{abs} = m_p / V_{avg} \quad (13)$$

Donde

m_p es la masa de la muestra del agente de sostén, expresada en gramos

V_{avg} es el promedio de las cinco mediciones de volumen, expresadas en centímetros cúbicos

10.5.3.7 Informe de la densidad absoluta, ρ_{abs}, en gramos por centímetro cúbico a dos decimales.

Para expresar ρ_{abs} en lb/ft3, multiplique el valor en g/cm3 por 62.428

11 Resistencia a la rotura de los agentes de sostén

11.1 Propósito

Las pruebas de resistencia a la rotura se realizan en muestras para determinar la cantidad de agente triturado en una presión dada.

11.2 Descripción

Esta prueba es útil para determinar y comparar la resistencia a la rotura de los agentes de sostén. Las pruebas se realizan en muestras que han sido tomadas de modo que todas las partículas analizadas estén dentro de un rango de tamaño especificado, que suele estar por debajo de la pantalla primaria gruesa o por encima de la pantalla primaria fina. Se mide la cantidad de material de agente triturado en cada nivel de presión. La evaluación de los resultados de las pruebas proporciona indicaciones del nivel de presión en el que la trituración del agente es superior al 10 %.

11.3 Equipo

11.3.1 Bastidor de carga hidráulica

Con la capacidad de aplicar la carga necesaria para alcanzar los niveles de presión de hasta 103 MPa (15.000 psi).

El bastidor de carga deberá tener platinas que se puedan mantener paralelas durante la aplicación de la carga a la celda. El bastidor de carga se calibrará al menos anualmente y, después de todas las reparaciones importantes, para garantizar que las mediciones de presión sean precisas en un plazo del 5 % (±2,5 %). Alternativamente, un dispositivo de medición de carga independiente calibrado al menos anualmente y después de todas las reparaciones importantes puede utilizarse cuando la carga se aplica al agente de sostén en la celda de prueba. La presión estará dentro del 5 % (± 2,5 %) del objetivo (véase la tabla 11). Los marcos de carga automatizados son muy recomendables**.**

11.3.2 Celda de carga

Refiera a la figura 7 o equivalente.

La celda de carga se compone de tres partes: cuerpo celular, pistón y placa de celda. Todas las piezas se mecanizarán en acero de aleación y se endurecerán a un mínimo de 43 Rockwell C; 60 Rockwell C es preferible para reducir el desgaste de la celda de carga y una vida útil más larga. La longitud del pistón será de 88, 9 mm (3,5 in.) y el diámetro del pistón será de 50,67 mm (1.995 in.). La longitud del cuerpo de la celda es de 76,2 mm (3 in.). El diámetro interno es 50,8 mm (2.000 in.). La inspección periódica del desgaste del diámetro interno de la celda indica cuándo se debe reemplazar la celda. Cuando el diámetro interno de la parte inferior de la celda supere el diámetro diseñado en más de un 3,25 % [por ejemplo, 52,45 mm (2,065 in.)] —alrededor de un aumento del 10 % en el área transversal— la celda deberá ser reemplazada.

11.3.3 Tamices de prueba

Números de tamices apropiados (medidas), fondo y tapa (ver Tabla 1).

11.3.4 Agitador de tamiz de prueba

Ver 6.3.2.

11.3.5 Temporizador

Preciso a ± 5 segundos durante un período de 30 minutos.

11.3.6 Balanza

Capacidad mínima de 100 g, con una precisión igual o superior a 0,01 g.

11.3.7 Divisor de muestra

Metal; ver 4.3.3.

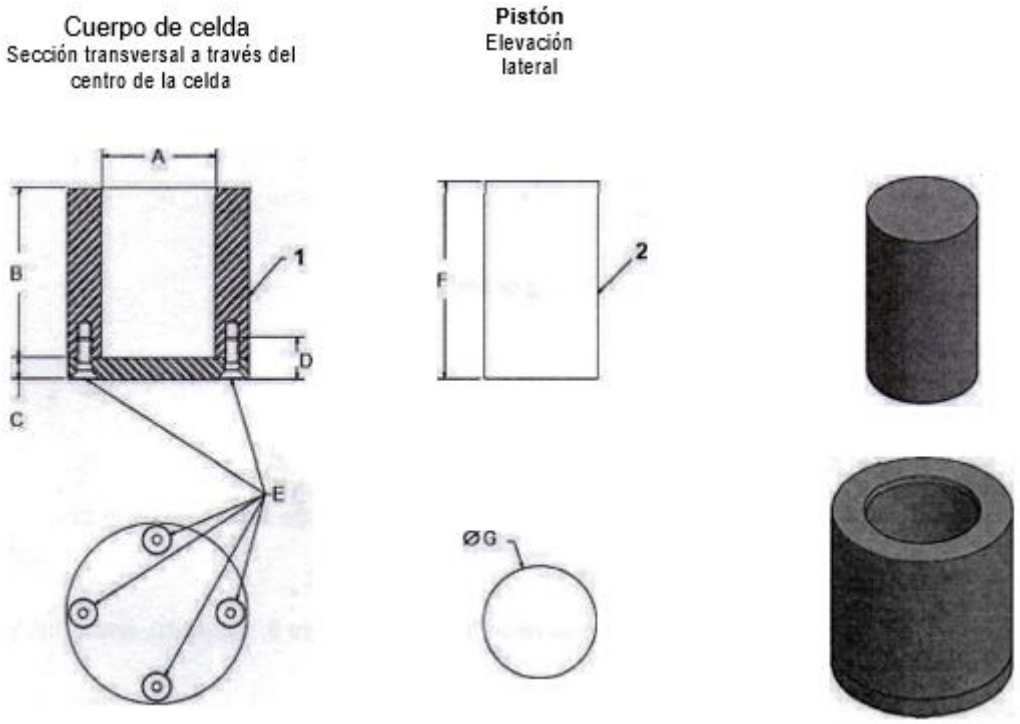
11.3.8 Vaso de metal o recipiente para pesar

Los envases de plástico, vidrio o papel tienden a generar carga eléctrica estática y no deben utilizarse.

11.3.9 Dispositivo de carga de celdas de rotura Pluviator

Con piezas y accesorios enumerados en la Tabla 8; también consulte la Figura 8, la Figura 9, la Figura 10 y la Tabla 9. Material: acero inoxidable.

Figura 7—Diseño de la celda de rotura



Clave

Todas las dimensiones en milímetros (pulgadas). Tolerancias ±0.13 (0.005) a menos que se indique lo contrario.

1 Cuerpo celular; espesor mínimo de pared 12,70 (0,50):

A Diámetro de agujero: 50.80 ± 0.03 (2.000 ±0.001).

B Altura: 76,20 (3,00).

C Placa celular: Espesor 0,953 (0.375); 4 Agujeros de distancia 90° para colocar tornillos de la máquina M6 10 x 25.4 (0.25-20 x 1.00), contador hundido (cabezas de tornillo no deben sobresalir más allá del nivel de la placa inferior).

D 4 agujeros sin rosca de 90° de distancia para aceptar tornillos de máquina M6 10 x 25.4 (0.25-20 x 1.00); profundidad 15.88 (0.625).

2 Pistón**:**

F Altura: 88.90 (3.50)

G Diámetro: 50.67 ± 0.03 (1.995 ± 0.001

NOTA 1 Material: Acero endurecido a 60 dureza Rockwell (dureza mínima 43 Rockwell).

NOTA 2 El cuerpo de la celda ensamblado y la placa de la celda deben estar nivelados y en escuadra sobre la superficie de trabajo.

Tabla 8: dispositivo de carga de celdas, piezas y accesorios de Pluvaitor

Número de pieza a	Descripción
1	Tornilo de la tapa, cabeza del enchufe, #10 de acero inoxidable
2	Arandela de bloqueo, estándar, #10 de acero inoxidable
Ea	Ensamble del portador de la pantalla b, ASTM E 11, malla estándar número 5,6,8
3B	Ensamble del portador de la pantalla *, ASTM E 11, malla estándar número 6,8,20,30 y en blanco
A	Montaje de tubo, más abajo
B	Ensamblaje de tubo, superior
C	Manga cónica
D	Puerta de arena, hembra, más abajo
Y	Puerta de arena, macho, superior
a Las piezas están marcadas para su identificaciòn b Todas las piezas marcadas para su uso en la brida en la parte superior del tubo inferior A c Todas las piezas marcadas para su uso en la brida en la parte superior del tubo superior B	

Dimensiones en milímetros
(pulgadas) Material: acero inoxidable

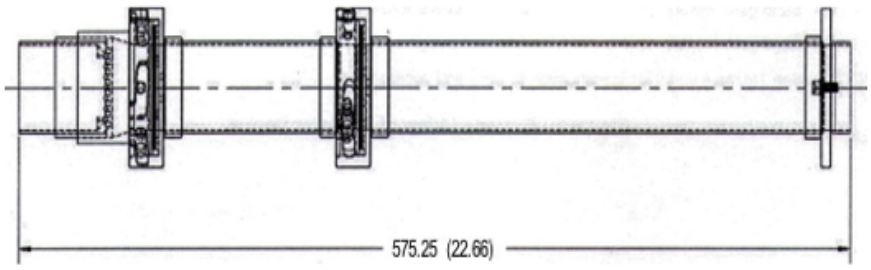
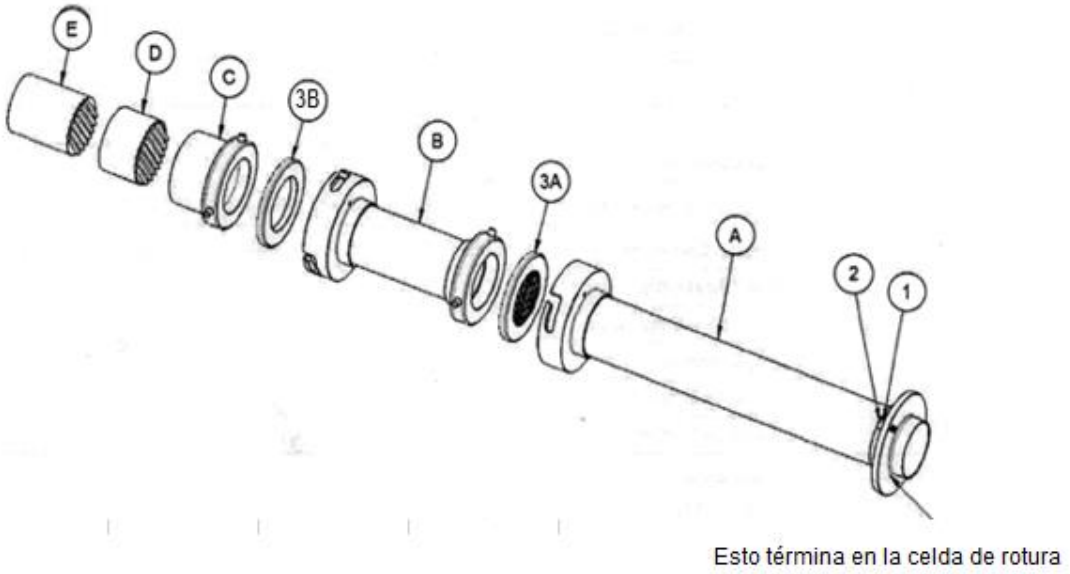


Figura 8 ---- Vista montada del dispositivo Pluviator

Figura 9—Vista destallada del dispositivo Pluviator



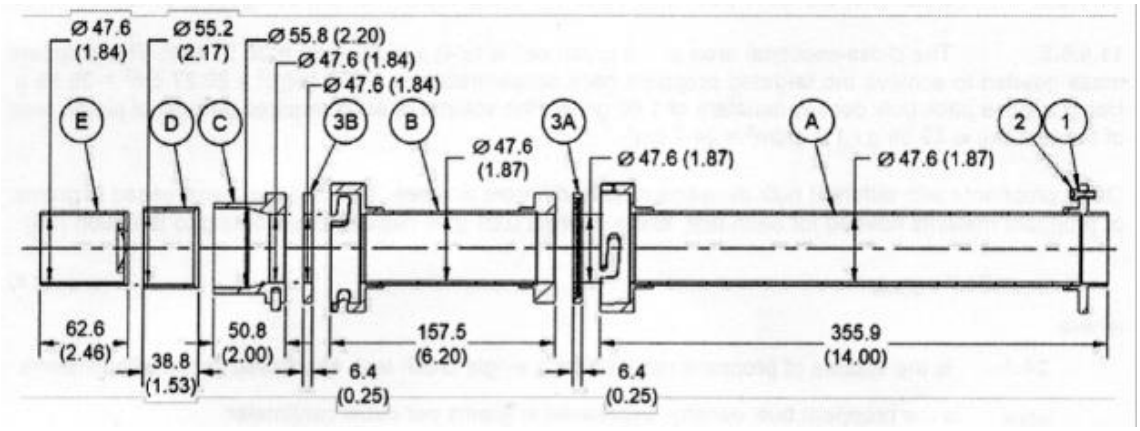
Clave

A	Conjunto de tubo (inferior)	**3A**	Ensamblaje del portador de la pantalla
B	Ensamblaje de tubo (superior)	**3B**	Ensamblaje del portador de la pantalla
C	Manga cónica	**1**	Tornillo de tapa
D	Puerta de arena (inferior)	**2**	Arandela inferior
E	Puerta de arena (superior)		

NOTA Véanse las tablas 8 y 9 para la identificación de piezas y accesorios.

Figura 10—Vista dimensional del dispositivo Pluviator

dimensiones en milímetros (pulgadas)



Clave

A	Conjunto de tubo (inferior)	**3A**	Ensamblaje del portador de la pantalla
B	Ensamblaje de tubo(superior)	**3B**	Ensamblaje del portador de la pantalla
C	Manga cónica	**1**	Tornillo de tapa
D	Puerta de arena (inferior)	**2**	Arandela inferior
E	Puerta de arena (superior)		

NOTA Véanse las tablas 8 y 9 para la identificación de piezas y accesorios

11.4 Preparación de muestras

11.4.1 Usar el divisor de muestra, reduzca el tamaño de la muestra a 70 ± 10 g. Una cantidad demasiado grande de agente de sostén puede bloquear o cegar las aberturas del tamiz y distorsionar los resultados.

11.4.2 Consulte la Tabla 1 y seleccione tres tamices de prueba de la lista apropiada para el agente de sostén que se esté ensayando. Los tamices a seleccionar son los tamaños de tamiz de designación superior e inferior y el tamiz medio de la lista; es decir, N° 30 para un agente 20/40, N° 40 para un agente 30/50, N° 50 para un agente 40/70; utilice este esquema para todos los demás tamaños. Prepare la pila de tamiz en el orden normal colocando los tamices en el fondo en orden de tamaño de apertura ascendente, aberturas más pequeñas en la parte inferior y aberturas más grandes en la parte superior. El propósito del tamiz intermedio es minimizar los efectos de la ceguera de tamiz que se produce cuando una gran cantidad de agente, mayor que 35 g, descansa sobre un solo tamiz.

11.4.3 Vierta la muestra reducida en el tamiz superior y cúbralo con la tapa.

11.4.4 Coloque la pila de tamiz en el agitador de tamiz, fije correctamente la pila y agite durante al menos 15 minutos. Tenga en cuenta que este es un tiempo de agitación más largo del necesario para el análisis de tamiz descrito en la Sección 6, y está diseñado para asegurar que todo el material del fondo se elimine de la muestra del agente antes de la prueba de rotura.

11.4.5 Retire la pila de tamiz de la agitadora y deseche todo el material retenido en el tamiz superior y el fondo. Sólo el material retenido en el tamiz intermedio y el tamiz de designación inferior se utiliza en la prueba de rotura.

11.4.6 Determinar la masa exacta del agente de sostén que se utilizará en la prueba de resistencia a la rotura. El objetivo del siguiente procedimiento es determinar la cantidad de agente de sostén, de cualquier densidad bulk, necesaria para proporcionar una concentración de envase de agente de sostén en la celda de rotura, aproximadamente 1.953 g/cm2 (4 lb/pie2)) del área del pistón. Si se conoce la densidad bulk del agente de sostén, que se está probando, vaya a la ecuación (14) y determine la masa requerida; de lo contrario, proceda de la siguiente manera:

11.4.6.1 Determinar la densidad bulk de la muestra del agente de sostén utilizando el procedimiento en el punto 10.3.

11.4.6.2 El área transversal de la celda de rotura es (π/4) x (5,08 cm)2 = 20,27 cm. La masa del agente de sostén necesaria para alcanzar la concentración de envases del agente objetivo es de 1.953 g/cm x 20,27 cm - 39,59 g. Utilizando una constante de densidad bulk de 1,60 g/cm3, el volumen de arena requerido por unidad de área de pistón de la celda de ensayo es de 39,59 g /1,6 g/cm3 a 24,7 cm3.

Otros agentes con diferentes densidades bulk requieren diferentes masas. La masa, m_p, expresada en gramos, del material del agente necesario para cada prueba, hasta el 0,01 g más cercano, se calcula de acuerdo con la Ecuación (14):

$$m_p = 24{,}7 \times \rho_{bulk} \qquad (14)$$

Donde

24.7 es el volumen del agente de sostén requerido para una sola prueba de rotura, expresado en centímetros cúbicos

ρ_{bulk} es la densidad bulk del agente de sostén, expresada en gramos por centímetro cúbico

11.4.6.3 Utilizando el divisor de muestras, reducir la muestra tamizada a la m_p calculada no más de 5 g

11.4.6.4 A partir del material preparado en el paso 0, pesar la masa de la muestra determinada en 11.4.6.2**,** m_p al 0.01 g más cercano, y conservar para las pruebas de rotura.

11.5 Montar y configurar la celda de rotura y el dispositivo de carga Pluviator

11.5.1 Usando un nivel de burbuja, asegúrese de que la superficie en la que se va a colocar la celda de rotura esté nivelada. La columna del pluviator de celda de trituración deberá estar en ángulo recto con respecto a la superficie horizontal/plana/nivel en la que esté descansando. Una placa de nivelación en la celda está disponible comercialmente.

11.5.2 Montar el dispositivo de carga del pluviator y la celda de rotura. Compruebe que el pluviator y la celda estén realmente nivelados en todas las direcciones, de lado a lado y de adelante hacia atrás. Ajuste según sea necesario**.**

11.5.3 El pluviator está diseñado para adaptarse a las dimensiones más comunes del agujero de la celda de rotura de ligeramente más grande que 50,8 mm (2 in.). Asegúrese de que el orificio interno superior de la celda esté limpio y libre de óxido u otro material extraño. Si no está limpio, cepille con un cepillo de alambre u otro dispositivo adecuado. Ajuste cuidadosamente el accesorio de inserción de celda en la parte inferior del tubo inferior, A (ver figuras 8, 9 y 10), en la celda existente. No desalinee el empalme ni utilice fuerza adicional. El accesorio debe deslizarse fácilmente en la celda y, cuando se inserta completamente, debe girar libremente dentro de la celda. Si el ajuste es muy ajustado y el dispositivo pluviator no girará fácilmente, asegúrese de que el agujero de la celda esté limpio. No intente modificar la celda o el dispositivo pluviator, envíelos de regreso al fabricante para que los ajuste según sea necesario.

11.5.4 El dispositivo pluviator debe colocarse verticalmente en la parte superior de la celda de rotura correctamente nivelada.

11.5.5 Utilice siempre la pinza de puesta a tierra en la brida inferior. Fije una longitud de alambre de cobre trenzado de calibre 12-14, utilizando terminales de conexión o soldadura, entre el dispositivo pluviator y a un suelo eléctrico conocido. Dado que la compuerta del agente de sostén del pluviator puede tener agentes muy finos, siempre tenga el dispositivo de carga de la celda de trituración completamente montado en la celda de aplastamiento antes de agregar la muestra del agente**.**

11.5.6 Todo el trabajo con el dispositivo pluviator debe hacerse en una superficie de trabajo que sea lo suficientemente baja para facilitar la observación del interior de la válvula superior cuando se monta el pluviator, acoplado con la celda de trituración y listo para la carga.

11.5.7 Retire todos los granos del agente de sostén de las superficies de acoplamiento del dispositivo pluviator antes del montaje. Determine los tamaños de mallas específicos de la Tabla 9, utilizando la malla superior adecuado al tamaño de grano más grande de la muestra.

Tabla 9 — Tamaños de malla de alambre usados en el dispositivo Pluviator

Tamaño de agente de sostén	Mallas de tela de alambre capturados a		Diámetro de la barra de la puerta mm (in)
	Parte superior b Parte superior del tubo b	Inferior c Parte superior del tubo A	
70/140	30	30	
40/70 y 40/80	18	20	
30/50 y 30/70	14	18	3.175 (0.125)
20/40	8	8	
16/30 y 16/20	6	8	
16/20 y 12/18	Vacío	8	
8/16	Vacío	5	4.763 (0.1875) d

a Números de tamices estándar ASTM E 11
b Parte N° 3B
c Parte N ° 3A
d No suministrado con el dispositivo pluviator comercial actual

NOTA Las mallas de tela de alambre están marcadas como "superior" e "inferior", que es la orientación prevista de la pantalla en la brida de montaje en la parte superior de los tubos inferior (A) y superior (B). Todas están marcadas como A o B para ayudar a obtener las mallas recomendados en las posiciones correctas. La posición correcta de las mallas en el dispositivo pluviator se indica en la tabla por los encabezados de columna, con "Superior" refiriéndose a la brida superior en la parte superior del tubo superior (B, corto).

11.5.8 Monte la malla inferior en la brida en la parte superior del tubo A.

11.5.9 Instale el tubo superior B, asegurando el correcto bloqueo de los pasadores de la brida de cierre

11.5.10 Instale la malla superior capturada o el marco sin alambre según sea necesario en la brida en la parte superior del tubo B. Asegúrese de que la palabra "TOP" sea visible**.**

11.5.11 Instale la parte superior de la brida superior, el manguito cónico C, en el conector de la brida y bloquee los pines en la posición correcta.

11.5.12 Pruebe la columna para asegurarse de que el dispositivo es estable. Si no es verticalmente estable, sustituya la base de soporte por un objeto más adecuado.

11.5.13 Montar la puerta del agente de sostén, D y E, y girar para asegurarse de que está en una posición cerrada. Instale la válvula insertándola en la parte C.

11.6 Procedimiento— Pruebas de resistencia de rotura

11.6.1 Asegurarse de que la puerta de arena está correctamente bien instalada y en posición cerrada. Vierta la muestra de agente de sostén medida previamente, desde 0, en la parte de arriba y nivele el agente de sostén.

11.6.2 Transfiera la muestra del agente a la celda de aplastamiento levantando hacia arriba en la parte E de la puerta de arena.

11.6.3 Retire la parte E e inspeccione para asegurarse de que toda la muestra ha salido completamente de la válvula y ha entrado en el pluviator. Retire lentamente la parte E sin agitar el ensamblaje del pluviator. Incline la parte E y cepíllela, usando un cepillo de tamaño adecuado, para eliminar cualquier grano del agente adherido. No toque la parte E.

11.6.4 Retire la parte D e inspeccione para asegurarse de que todos los granos adherentes del agente han entrado en el dispositivo pluviator. Cepille los granos adheridos en la parte superior de la columna. Inspeccione la pantalla superior y cepille cualquier adherencia de granos a través de la malla. Si la mayoría de agentes no ha podido pasar a través de la malla, seleccione una malla alternativa y comience de nuevo en el paso 0. Las mallas alternativas pueden incluir tamaños no mostrados en la Tabla 9.

11.6.5 Continúe desmontando el pluviator en orden inverso a las instrucciones de montaje para asegurarse de que toda la muestra se ha transferido a la celda de aplastamiento. Inspeccione las secciones interiores A y B del pluviator para asegurarse de que toda la muestra del agente de sostén ha salido completamente del pluviator y ha entrado en la celda de aplastamiento. Si alguna de las muestras tamizadas y pesadas se ha derramado fuera de la celda de aplastamiento, comience de nuevo en el paso 0.

11.6.6 Retire el pluviator de la celda de rotura y deposítela en la parte superior del banco. Asegúrese visualmente que el agente de sostén esté suficientemente nivelado (ausente de puntos altos y d/o bajos visualmente detectables) dentro de la celda de aplastamiento. Si el agente no está lo suficientemente nivelado, comience de nuevo en el paso 0.

11.6.7 Inserte el pistón en la celda y deje que el pistón se asiente en la muestra del agente de sostén en la celda. No aplique ninguna fuerza adicional más que la gravedad. Una vez que se carga la celda, se debe tener cuidado para evitar la agitación (palmeando, agitando, sacudiendo), ya que estas actividades cambiarán el empaquetamiento en la celda, y la variación en los resultados de rotura se asocia en gran medida con el proceso de carga de la celda.

11.6.8 Levante cuidadosamente la celda de prueba y colóquela directamente en la prensa, centrándola debajo del platillo superior. Con el fin de mantener una densidad bulk, no agitar o sacudir la celda, ya que esto tiende a asentar el paquete del agente de sostén y cambiar el empaque de partículas durante la aplicación de presión.

11.6.9 En la tabla 10 se dan las indicaciones sobre el nivel de presión por la rotura

Tabla 10— Indicaciones para el ensayo de diversos tipos agentes de sostén

Tipo de agente de sostén	Presión de aplastamiento Mínino Mpa(psi)
	Mínimo
Fractura hidráulica	
Agente hechos por el hombre	34.5 (5000)
Agentes de arena natural	13.8 (2000)
Envasado de grava	
Agentes de arena natural	13.8 (2000)

11.6.10 Se pueden usar otros niveles de presión, mediante un acuerdo específico entre el usuario y el proveedor, para definir de manera más clara y especifica el comportamiento del aplastamiento del agente de sostén. Determinar la fuerza, F_{TC} ,expresada en newtons (fuerza de libras) requerida en la celda para alcanzar la presión prescrita usando la Ecuación (15):

$$F_{TC} = \frac{\pi \times \sigma \times d^2}{4}\ \text{celda}$$

Donde

o es la presión en la muestra del agente de sostén, se expresa en mega pascales (fuerza libra por pulgada cuadrada)

d celda es la celda de prueba dentro del diámetro, expresada en milímetros (pulgadas)

Con la celda de rotura (ver 11.3.2) con un diámetro interior de 50.80 mm (2.0 in.), la fuerza F_{TC}, requerida se da por Ecuación (16) cuando se expresa en newtons.

$$F_{TC} = 2026{,}8 \times \sigma \qquad (16)$$

O por ecuación (17) cuando ", se expresa en libras-fuerza.

$$F_{TC} = 3.14159 \times \sigma \qquad (17)$$

Donde o es la presión en la muestra del agente de sostén, se expresa en mega pascales Ecuación (16) o en Ibf/in². [Ecuación (17)].

11.6.11 Aplique la presión adecuada (ver 0 o 0) al pistón de la celda de ensayo a una velocidad constante de 13,8 MPa (2000 psi) por minuto hasta que se alcance la presión final. La hora de llegada a la presión final debe estar dentro del 5 % del tiempo de rampa para esa presión. Si la presión objetivo se desvía en un 5 % (±2,5 %), anule la prueba y comience de nuevo con una nueva muestra. Los marcos de carga automatizados son muy recomendables.

11.6.12 Mantenga presión constante durante 120 ±5 segundos.

11.6.13 Suelte la presión y retire la celda de la prensa.

11.6.14 Transfiera cuidadosamente el contenido de la celda a la misma pila de tamiz utilizada en 0. Raspe la parte inferior de la celda de prueba para asegurarse de que la muestra se haya eliminado por completo.

11.6.15 Coloque la pila de tamiz en la tamizadora y agite durante al menos 15 minutos.

11.6.16 Pese cuidadosamente todas las fracciones del tamiz y el fondo, m_{fondo}, registrando el peso de cada fracción al 0.01 g más cercana. El peso total recuperado, $m_{s,}$,se calcula añadiendo todas las fracciones ponderadas. Si la cantidad de material retenido en el tamiz superior es superior a 0,1 g, se indica el satura miento del tamiz y se descartará la muestra y los datos. Comience de nuevo con una nueva muestra a 11.4 y amplíe el tiempo de tamización para asegurar la eliminación de todo el material sobredimensionado según sea necesario. Compare la cantidad total recuperada con el peso inicial de la muestra del aplastamiento y deseche los resultados si la diferencia es superior a ±0.5%.

11.6.17 Usando la ecuación (18), calcular e informar la cantidad de material triturado, m'_{fondo}, como un porcentaje de la masa de finos de agente de sostén recuperada de la celda. Cada prueba de agente se ejecutará por triplicado, a la misma presión, y los resultados promediados. Si la variación absoluta entre dos de las muestras es mayor que 0,5 %, repita las muestras.

$$m'_{fondo} = 100 \times \frac{m_{fondo}}{m_s} \quad (18)$$

Donde

m_{fondo} es la masa de las muestras generadas en la prueba, expresada en gramos

m_s es la masa del agente de sostén recuperado de la celda, expresada en gramos

m'_{fondo} es la masa de las muestras generadas en la prueba de aplastamiento, expresada en porcentaje

11.7 Especificación—Resistencia de rotura de los agentes fracturados

Determinar el nivel de presión más alto en el que el agente no genere más del 10,0 % de material triturado, y redondee este valor hasta el 6,9 MPa más cercano (1000 psi). Este valor representa la presión máxima que el material puede soportar sin exceder 10,0 % de finos.
Utilizando la tabla 11, establezca la clasificación de rotura del 10,0 % del agente de sostén, denominada valor K, mediante la búsqueda de la clasificación que corresponde a la presión máxima. Por ejemplo, si un agente genera 10,0 % de finos a 33,27 MPa (4926 psi), entonces, redondeando hacia abajo, la presión máxima que el agente puede soportar sin exceder 10.0 % sería 27.6 MPa (4000 psi). Utilizando la Tabla 11, la clasificación del 10,0 % de aplastamiento de este agente de sostén se notificará como 4K.

Tabla 11— Tabla de clasificación del 10 % de aplastamiento de agentes fracturados

0% *Clasificación de rotura*	Presión de cierre	
	Mpa	Psi
1K	6.9	1000
2K	13.8	2000
3K	20.7	3000
4K	27 6	4000
5K	34.5	5000
6K	41.4	6000
7K	48.3	7000
8k	55.2	8000
9K	62.1	9000
10K	68.9	10, 000
11K	75.8	11, 000
12K	82.7	12, 000
13K	89.6	13,000
14K	96.5	14,000
15K	103.4	15,000
16K	110.3	16, 000
17K	117.2	17, 000
18 k	124.1	18,000
19K	131.0	19,000
20K	137 9	20,000

11.8 Especificación—Resistencia de rotura de agentes envasados de grava

Una muestra de agente de sostén de envasado de grava sometido a este ensayo no producirá un promedio de finos superior a los finos de la tabla 12, con una presión de 13,8 MPa (2000 psi).

Tabla 12 — Finos máximos para los agentes de sostén de envasado de grava.

Envasado de grava del tamaño de agentes de sostén	Material máximo triturado a 13.8 MPa (2000 psi) % en peso
8/16	8.0
12/20	4.0
16/30	2.0
20/40	2.0
30/50	2.0
40/60	2.0

12 Pérdida de ignición (LOI) de agentes de sostén en grano entero

12.1 Propósito

Este ensayo se utiliza para la determinación de la cantidad de material orgánico en agentes de sostén

12.2 Aparatos y materiales

Para la prueba LOI se requieren los siguientes equipos y materiales:

12.2.1 Horno de Mufla

Convencional o microondas, capaz de al menos 927 °C (1700 °F).

12.2.2 Crisol de Porcelana

Fibra cerámica o cuarzo, con tapas.

12.2.3 Desecador

con un agente secante estándar (sulfato de calcio anhidro o gel de sílice)

12.2.4 Balanza

Analítica, 0.0001 g de precisión.

12.2.5 Divisor de muestra

Vea la Figura 3

12.2.6 Pinza de Crisol o Espátula

Larga

12.3 Procedimiento

12.3.1 Pre-acondicionar una serie de crisoles con tapas en un horno precalentado a 927 oC (1700 'F) durante unos 15 minutos. Coloque los crisoles pre acondicionados con tapas en un desecador que contenga desecantes estándar y déjelos enfriar a temperatura ambiente. El precalentamiento del horno a un mínimo de 927 oC (1700 oF) es una necesidad absoluta.

12.3.2 Pesar sobre una balanza analítica, un crisol acondicionado con una tapa. Registre esta masa de tara, m_t, en gramos.

12.3.3 Seque la muestra de agente de sostén a un peso constante. Utilice el divisor de muestra para obtener una muestra representativa de 6 g a 10 g y colóquela en el crisol.

12.3.4 Pesar la muestra más el crisol y la tapa en la balanza. Registre la masa, m_1, en gramos.

12.3.5 Colocar el crisol cubierto y la muestra en el horno de muflas a 927 °C (1700 °F) utilizando las pinzas largas o espátulas del crisol.

12.3.6 Deje que el horno se caliente de nuevo hasta 927 °C (1700 °F). Esto puede tomar algún tiempo dependiendo del tipo y el estado del horno.

12.3.7 Conservar las muestras en el horno durante 2 horas (15 minutos cuando utilice un horno de microondas) después de que la temperatura del horno haya vuelto a 927 °C (1700 °F).

12.3.8 Transfiera el crisol con la tapa y la muestra al desecador y enfríe a temperatura ambiente. Inspeccione el contenido del crisol calcinado. Si queda algún residuo negro u oscuro en el crisol, es posible que la cocción no esté completa. Coloque el crisol y la tapa con la muestra en el horno durante al menos 30 minutos o hasta que el residuo negro se haya quemado en cenizas blancas o grises.

12.3.9 Vuelva a pesar el crisol con la tapa que contiene el agente de sostén tratado térmicamente, m_f, utilizando la balanza. Registre la masa, en gramos**.**

12.3.10 Ejecutar muestras triplicadas de cada agente de sostén.

12.3.11 Calcule el LOI para cada muestra. Si los valores difieren en más de 0,2 %, repita el análisis. Después de que el agente de sostén es removido cuidadosamente de los crisoles de cerámica, se almacenan en un desecador.

12.3.12 Calcular el LOI, expresado en porcentaje utilizando la ecuación (19):

$$LOI = 100 \times \frac{m_1 - m_f}{m_1 - m_t} \qquad \textbf{(19)}$$

Donde

m_1 es la masa inicial de la muestra más el crisol y la tapa, expresada en gramos
m_t es la masa original del crisol y tapa, expresada en gramos
m_f es el peso final de la muestra tratada térmicamente, crisol y tapa, expresada en gramos

12.3.13 Ejemplo de cálculo LOI:

8.8242 g m_1, masa original de la muestra con el crisol y tapa
- 0.8039 g menos, m_t, tara o masa del crisol original y la tapa
8. 0203 g m, masa de muestra original
8.8242 g m_1, masa original de la muestra con el crisol y la tapa
- 8 5742 g menos, m_f masa de la muestra tratada térmicamente con crisol y tapa
0.2500 g pérdida de masa

$$LOI = 100 \times (m_1 - m_f) / (m_1 - m_t) = 100 \times 0.2500 / 8.0203 = 3.12\%$$

Repita estos cálculos para las dos réplicas restantes. Si alguna de las dos réplicas difiere en más del 0,2 %, repita el análisis.

Anexo A

(informativo)

Tabla de tamiz ASTM E11

Reimpreso con permiso, de ASTM E11-17, Especificación estándar para telas de tamiz de prueba de alambre tejida y tamices de prueba, derechos de autor ASTM International,
100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428. Se puede obtener una copia de la norma completa de ASTM International, www.astm.org.

Designacion del tamiz			Apertura nominal del tamiz	Variación de apertura promedio	Variación máxima de apertura	Resultante maxima apertura individual	Tamices de cumplimiento		Tamices de inspección		Tamices de calibración		Diámetro típica del alambre	Diámetro media admisible del hilo	
Estandar	U.S alternativa	Tamaño suplementario					Abertura de muestra x100ft2	Desviación estándar maxima	Apertura de muestra por tamiser	Desviación estándar máxima	Apertura de muestra por tamiser	Desviación estándar máxima		MIN	MAX
mm		mm	in.	mm	mm	mm							mm		
125	5 in.		5,00	3,30	4,06	129,06	20	.	all	.	all	.	8,00	6,8	9,2
		112	4,41	2,96	3,74	115,74	20	.	all	.	all	.	8,00	6,8	9,2
106	4.24 in.		4,24	2,80	3,59	109,59	20	.	all	.	all	.	6,30	5,4	7,2
100	4 in.		4,00	2,65	3,44	103,44	20	.	all	.	all	.	6,30	5,4	7,2
90	3 1/2 in.		3,50	2,39	3,18	93,18	20	.	all	.	all	.	6,30	5,4	7,2
		80	3,15	2,13	2,91	82,91	20	.	all	.	all	.	6,30	5,4	7,2
75	3 in.		3,00	2,00	2,78	77,78	20	.	all	.	all	.	6,30	5,4	7,2
		71	2,80	1,89	2,67	73,67	20	.	all	.	all	.	5,60	4,8	6,4
63	2 1/2 in.		2,50	1,69	2,44	66,44	20	.	all	.	all	.	5,60	4,8	6,4
		56	2,20	1,50	2,24	58,24	20	.	all	.	all	.	5,00	4,3	5,8
53	2.12 in.		2,12	1,42	2,15	55,15	20	.	all	.	all	.	5,00	4,3	5,8
50	2 in.		2,00	1,34	2,06	52,06	20	.	all	.	all	.	5,00	4,3	5,8
45	1 3/4 in.		1,75	1,21	1,91	46,91	20	.	all	.	all	.	4,50	3,8	5,2
		40	1,57	1,08	1,75	41,75	20	.	all	.	all	.	4,50	3,8	5,2
37,5	1 1/2 in.		1,50	1,01	1,67	39,17	20	1,103	all	.	all	.	4,50	3,8	5,2
		35,5	1,40	0,961	1,60	37,10	20	1,035	all	.	all	.	4,00	3,4	4,6
31,5	1 1/4 in.		1,25	0,855	1,47	32,97	20	0,907	all	.	all	.	4,00	3,4	4,6
		28	1,10	0,762	1,35	29,35	20	0,802	all	.	all	.	3,55	3,0	4,1
26,5	1.06 in.		1,06	0,722	1,29	27,79	20	0,758	all	.	all	.	3,55	3,0	4,1
25	1.00 in.		1,00	0,682	1,24	26,24	20	0,715	all	.	all	.	3,55	3,0	4,1
22,4	7/8 in.		0,875	0,613	1,14	23,54	150	0,641	15	0,431	30	0,460	3,55	3,0	4,1
		20	0,787	0,548	1,05	21,06	150	0,575	15	0,387	30	0,413	3,15	2,7	3,6
19	3/4 in.		0,750	0,522	1,01	20,01	150	0,548	15	0,368	30	0,393	3,15	2,7	3,6
		18	0,709	0,495	0,97	18,97	150	0,521	15	0,350	30	0,374	3,15	2,7	3,6
16	5/8 in.		0,625	0,441	0,89	16,89	150	0,467	15	0,314	30	0,335	3,15	2,7	3,6
		14	0,551	0,387	0,81	14,81	150	0,414	15	0,278	30	0,297	2,80	2,4	3,2
13,2	0.530 in.		0,530	0,365	0,78	13,98	150	0,393	15	0,264	30	0,282	2,80	2,4	3,2
12,5	1/2 in.		0,500	0,346	0,75	13,25	150	0,374	15	0,251	30	0,268	2,50	2,1	2,9
11,2	7/18 in.		0,438	0,311	0,69	11,89	150	0,340	15	0,229	30	0,244	2,50	2,1	2,9
		10	0,394	0,279	0,64	10,64	150	0,308	15	0,207	30	0,221	2,50	2,1	2,9
9,5	3/8 in.		0,375	0,265	0,61	10,11	150	0,294	15	0,198	30	0,211	2,24	1,9	2,6
		9	0,354	0,251	0,59	9,59	150	0,281	15	0,189	30	0,202	2,24	1,9	2,6
8	5/16 in.		0,312	0,224	0,54	8,54	150	0,254	15	0,171	30	0,182	2,00	1,7	2,3
		7,1	0,280	0,200	0,50	7,60	150	0,230	15	0,155	30	0,165	1,80	1,5	2,1
6,7	0.265 in.		0,265	0,189	0,48	7,18	150	0,219	15	0,147	30	0,157	1,80	1,5	2,1
6,3	1/4 in.		0,250	0,178	0,46	6,76	150	0,208	15	0,140	30	0,149	1,80	1,5	2,1
5,6	No 3 1/2 in.		0,223	0,159	0,42	6,02	150	0,189	15	0,127	30	0,136	1,60	1,3	1,9
		5	0,197	0,142	0,39	5,39	150	0,172	15	0,116	30	0,123	1,60	1,3	1,9
4,75	No 4		0,187	0,135	0,37	5,12	150	0,165	15	0,111	30	0,118	1,60	1,3	1,9
		4,5	0,177	0,128	0,36	4,86	150	0,158	15	0,106	30	0,113	1,40	1,2	1,7
4	No 5		0,157	0,114	0,33	4,33	150	0,143	15	0,096	30	0,103	1,40	1,2	1,7
		3,55	0,140	0,102	0,30	3,85	200	0,130	20	0,092	40	0,097	1,25	1,06	1,50
3,35	No 6		0,132	0,096	0,29	3,64	200	0,125	20	0,088	40	0,093	1,25	1,06	1,50
		3,15	0,124	0,091	0,28	3,43	200	0,119	20	0,084	40	0,089	1,25	1,06	1,50
2,8	No 7		0,110	0,081	0,26	3,06	200	0,108	20	0,076	40	0,081	1,12	0,95	1,30
		2,5	0,0984	0,073	0,24	2,74	200	0,099	20	0,070	40	0,074	1,00	0,85	1,15
2,36	No 8		0,0937	0,069	0,23	2,59	200	0,095	20	0,067	40	0,071	1,00	0,85	1,15
		2,24	0,0882	0,065	0,22	2,46	200	0,091	20	0,064	40	0,068	0,90	0,77	1,04
2	No 10		0,0787	0,059	0,20	2,20	250	0,083	25	0,060	50	0,064	0,90	0,77	1,04
		1,8	0,0709	0,053	0,19	1,99	250	0,077	25	0,056	50	0,059	0,80	0,68	0,92
1,7	No 12		0,0661	0,050	0,18	1,88	250	0,074	25	0,054	50	0,057	0,80	0,68	0,92

Designacion del tamiz			Apertura nominal del tamiz	Variación de apertura promedio	Variación máxima de apertura	Resultante maxima apertura individual	Tamicer de cumplimiento		Tamicer de inspección		Tamicer de calibración		Diámetro típica del alambre	Diámetro media admisible del hilo	
Estándar	U.S alternativa	Tamaño suplementario					Aberturar de muestra x100ft2	Desviación estándar maxima	Apertura de muestra por tamicer	Desviación estándar máxima	Apertura de muestra por tamicer	Desviación estándar máxima		MIN	MAX
mm		mm	in.	mm	mm	mm							mm		
		1,6	0,0630	0,047	0,17	1,77	250	0,070	25	0,051	50	0,054	0,80	0,68	0,92
1,4	Nº 14		0,0555	0,042	0,16	1,56	400	0,064	40	0,050	80	0,052	0,71	0,60	0,82
		1,25	0,0492	0,038	0,15	1,40	400	0,058	40	0,045	80	0,047	0,63	0,54	0,72
1,18	Nº 16		0,0469	0,036	0,14	1,32	400	0,056	40	0,043	80	0,045	0,63	0,54	0,72
		1,12	0,0441	0,034	0,14	1,26	400	0,054	40	0,042	80	0,044	0,56	0,48	0,64
1	Nº 18		0,0394	0,030	0,13	1,13	400	0,050	40	0,039	80	0,040	0,56	0,48	0,64
um		um	in.	um	um	um							mm		
		900	0,0354	27,6	118	1018	400	45,51	40	35,22	80	36,74	0,500	0,43	0,58
850	Nº 20		0,0331	26,2	114	964	400	43,66	40	33,79	80	35,25	0,500	0,43	0,58
		800	0,0315	24,8	109	909	400	41,79	40	32,34	80	33,74	0,450	0,38	0,52
710	Nº 25		0,0278	22,2	101	811	500	38,36	50	30,43	100	31,62	0,450	0,38	0,52
		630	0,0248	19,9	93	723	500	35,23	50	27,95	100	29,04	0,400	0,34	0,46
600	Nº 30		0,0234	19,0	91	691	500	34,04	50	27,00	100	28,06	0,400	0,34	0,46
		560	0,0220	17,9	87	647	500	32,43	50	25,73	100	26,73	0,365	0,30	0,41
500	Nº 35		0,0197	16,2	80	580	600	29,96	60	24,21	120	25,09	0,315	0,27	0,36
		450	0,0177	14,7	75	525	600	27,86	60	22,51	120	23,32	0,280	0,24	0,32
425	Nº 40		0,0165	14,0	73	498	600	26,79	60	21,65	120	22,43	0,280	0,24	0,32
		400	0,0157	13,3	70	470	600	25,71	60	20,78	120	21,52	0,250	0,21	0,29
355	Nº 45		0,0139	12,0	65	420	800	23,72	80	19,68	160	20,30	0,224	0,19	0,26
		315	0,0124	10,8	60	375	800	21,90	80	18,17	160	18,75	0,200	0,17	0,23
300	Nº 50		0,0117	10,4	58	358	800	21,20	80	17,59	160	18,15	0,200	0,17	0,23
		280	0,0110	9,8	56	336	800	20,26	80	16,81	160	17,34	0,180	0,15	0,21
250	Nº 60		0,0098	8,9	52	302	800	18,82	80	15,61	160	16,11	0,160	0,13	0,19
		224	0,0088	8,1	49	273	800	17,53	80	14,54	160	15,01	0,160	0,13	0,19
212	Nº 70		0,0083	7,8	47	259	800	16,93	80	14,05	160	14,49	0,140	0,12	0,17
		200	0,0079	7,4	45	245	800	16,32	80	13,54	160	13,97	0,140	0,12	0,17
180	Nº 80		0,0070	6,8	43	223	1000	15,27	100	12,91	200	13,28	0,125	0,106	0,150
		160	0,0063	6,3	40	200	1000	14,20	100	12,00	200	12,34	0,112	0,095	0,130
150	Nº 100		0,0059	6,0	38	188	1000	13,65	100	11,53	200	11,86	0,100	0,085	0,115
		140	0,0055	5,7	37	177	1000	13,09	100	11,06	200	11,38	0,100	0,085	0,115
125	Nº 120		0,0049	5,2	34	159	1000	12,23	100	10,33	200	10,63	0,090	0,077	0,104
		112	0,0044	4,8	32	144	1000	11,46	100	9,68	200	9,96	0,080	0,068	0,092
106	Nº 140		0,0041	4,7	31	137	1000	11,10	100	9,38	200	9,65	0,071	0,060	0,082
		100	0,0039	4,5	30	130	1000	10,73	100	9,07	200	9,33	0,071	0,060	0,082
90	Nº 170		0,0035	4,2	29	119	1000	10,10	100	8,53	200	8,78	0,063	0,054	0,072
		80	0,0031	3,9	27	107	1000	9,45	100	7,99	250	8,33	0,560	0,048	0,064
75	Nº 200		0,0029	3,7	26	101	1000	9,12	100	7,70	250	8,04	0,050	0,043	0,058
		71	0,0028	3,6	25	96	1000	8,85	100	7,48	250	7,80	0,050	0,043	0,058
63	Nº 230		0,0025	3,4	24	87	1000	8,29	100	7,01	250	7,31	0,045	0,038	0,052
		56	0,0022	3,2	22	78	1000	7,79	100	6,58	250	6,87	0,040	0,034	0,046
53	Nº 270		0,0021	3,1	21	74	1000	7,56	100	6,39	250	6,67	0,036	0,031	0,041
		50	0,0020	3,0	21	71	1000	7,34	100	6,20	250	6,47	0,036	0,031	0,041
45	Nº 325		0,0017	2,8	20	65	1000	6,95	100	5,87	250	6,13	0,032	0,027	0,037
		40	0,0016	2,7	19	59	1000	6,55	100	5,54	300	5,83	0,032	0,027	0,037
38	Nº 400		0,0015	2,6	18	56	1000	6,38	100	5,39	300	5,69	0,030	0,024	0,035
		36	0,0014	2,6	18	54	1000	6,22	100	5,26	300	5,54	0,030	0,024	0,035
32	Nº 450		0,0012	2,4	17	49	1000	5,87	100	4,96	300	5,23	0,028	0,023	0,033
25	Nº 500		0,0010	2,2	15	40	1000	5,23	100	4,42	300	4,66	0,025	0,021	0,029
20	Nº 635		0,0008	2,1	13	33	1000	4,73	100	4,00	300	4,22	0,020	0,017	0,023

Columna 3 - Estar nùmeras ranzgla aproximadar peraze utilizan cama referencia, el tamizze identificarà mediante la designaciòn estàndar en milimetrar a micràmetrar.

Columna 9 y 11 - Ver anexo A1, que especifica que todar lar aberturar serèn inspeccionadar para tamicer de prueba que tengan 15 aberturar a menar.

Columna 9 y 11 - Estar nùmeras de aberturar de muestraze baran en un diametra de 8in. Tamiz de prueba de diametra.

Bibliografía

[1] ISO 13503-2:2006/API RP-19C, Petroleum and natural gas industries – Completion fluids and materials – Part 2: Measurement of Properties of Proppants Used in Hydraulic Fracturing and Gravel-packing Operations, First Edition, International Organization for Standardization, Geneva 2006.

[**2]** ISO 13503-2:2006/AMD 1:2009/,, Petroleum and natural gas industries – Completion fluids and materials – Part 2: Measurement of Properties of Proppants Used in Hydraulic Fracturing and Gravel-packing Operations, First Edition, Amendment 1, International Organization for Standardization, Geneva 2009.

[3] API RP-56, Recommended Practices for Testing Sand Used in Hydraulic Fracturing Operations, Second Edition, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1995 (Whitdrawn).

[4] API RP-58, Recommended Practices for Testing Sand Used in Hydraulic Fracturing Operations, Second Edition, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1995 (Whitdrawn).

[**5]** API RP-60, Recommended Practices for Testing High Strength Proppants Used in Hydraulic Fracturing, Second Edition, American Petroleum Institute, Washington, D.C., 1995(Withdrawn).

[6] ANSI B74.4, Bulk Density of Abrasive Grains, American National Standards Institute, New York, 1992.

[7] ASTM C188-09, Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2009.

[8] ASTM E11-13, Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, 2013.

[9] Krumbein, W.C. y Pettijohn, F. J.: Manual of Sedimentary Petrography, Appleton-Century, New York, 1938.

[10] Krumbein, W.C. y Sloss, L. L. Stratigraphy and Sedimentation, Second Edition**,** W. H. Freeman and Company, San Francisco (1963), pág. 63

[11] Conway, M. W., et. a/.: "Apparatus and Method for Measuring Crush-Resistance of Granular Materials," U.S. Patent No.7,562,583, assigned to Stim-Lab, Inc., Duncan, 2009.

[12] Handbook of Chemistry and Physics, 66th Edition, CRC Press Inc., Boca Ratón, Florida, 1985-1986.