
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

NC

TS 527: 2013

CEMENTO HIDRÁULICO — MÉTODOS DE ENSAYO — EVALUACIÓN DE LAS PUZOLANAS

Hydraulic cement — Test methods — Pozzolans assessment

ICS: 91.100.10

1. Edición Diciembre 2013
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Especificación Técnica:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 22 de Cemento en el que están representadas las instituciones siguientes:
 - Ministerio de la Construcción (MICONS)
 - Empresa de Tecnologías Industriales para la Construcción (TICONS)
 - Unión de Empresas de Asbesto Cemento
 - Ministerio de Industrias (MINDUS)
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
 - Ministerio de Educación Superior (MES)
 - Grupo Azucarero (AZCUBA)
 - Centro Nacional de Envase y Embalaje
 - Poder Popular
 - Oficina Nacional de Normalización (ONN)
- Toma en cuenta los elementos aplicables de las Normas Internacionales ASTM C 311/C 311-13 *Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for use in Portland-Cement Concrete*, el Anexo 1 de la Norma ASTM C 595/C 595M-13 *Standard Specification for Blended Hydraulic Cements*, así como la Norma ASTM C 430-08 *Standard Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45 μ m (No. 325) Sieve*.
- Es una revisión de la Especificación Técnica NC-TS 527: 2007 *Cemento hidráulico. Métodos de ensayo. Evaluación de las Puzolanas*, a la cual sustituye.
- Consta de un Anexo A (Informativo).

© NC, 2013

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

Índice

1 Objeto	5
2 Referencias normativas	5
3 Términos y definiciones	6
4 Significación y uso	7
5 Materiales	7
6 Tipo y tamaño de la muestra	8
7 Procedimiento de muestreo.....	8
8 Preparación y almacenamiento de las muestras	9
9 Frecuencia de ensayo	9
10 Análisis químico.....	9
11 Ensayos físicos	12
12 Precisión y sesgo.....	18

0 Introducción

0.1 Se observa con frecuencia en otros países, en los más desarrollados y en otros menos desarrollados, y cada vez más, la práctica de distribuir puzolanas como un material más a utilizar a opción en la preparación de hormigones y morteros con fines específicos. En nuestro país se han venido produciendo manifestaciones similares, que han incluido acciones de importaciones, así como, investigación y desarrollos para la producción de materiales tipo meta - caolín, aditivos complejos mineral - químico y otros. Por tales razones, se propone adoptar Normas Internacionales con carácter experimental por un período de dos años, tanto las de especificaciones como las de ensayo, realizado mediante el método de traducción con las menores modificaciones posibles, las cuales tengan un alcance y procedimientos analíticos tan amplios que cubran la calificación específica de las puzolanas nacionales.

0.2 Se excluyen en esta etapa los requerimientos relacionados con la evaluación de la aptitud de las puzolanas respecto a la inhibición de la reacción álcalis - sílice, la reacción con los sulfatos y retracción al secado de los morteros y hormigones de los cementos mezclados con puzolanas, excepto lo relacionado con el índice de actividad. Se excluye el requerimiento del residuo Insoluble para las puzolanas naturales. Esto se fundamenta en la composición mineralógica de las puzolanas naturales cubanas, donde predomina la fase Zeolítica en muchas de ellas. Este mineral aunque incrementa el valor del residuo insoluble, interviene en la actividad puzolánica.

0.3 La Especificación Técnica NC-TS 527 *Cemento Hidráulico. Métodos de ensayo. Evaluación de Puzolanas*, no puede ratificarse aún como Norma Cubana debido a que no está todavía sustentada por un suficiente número de ensayos en las condiciones de Cuba (ni en las plantas productoras de cemento, ni en el Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción) para disponer de una valoración técnicamente fundamentada que garantice su generalización. En esto ha influido la no disponibilidad en todas las plantas productoras de cemento de los equipos para la realización de los ensayos y con ello la caracterización completa de las puzolanas. Además por la enorme importancia que tiene el uso extensivo de las puzolanas en la producción de los cementos para reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂ al medio ambiente.

CEMENTO HIDRÁULICO — MÉTODOS DE ENSAYO — EVALUACIÓN DE LAS PUZOLANAS

1 Objeto

1.1 Estos métodos cubren procedimientos para el muestreo y ensayo de puzolanas naturales, cenizas volantes y otras calcinadas para su uso en la producción de cementos mezclados y como adiciones minerales en hormigón de cemento Portland.

1.2 Los procedimientos aparecen en el siguiente orden:

Procedimientos	Capítulos y Apartados
	7 y 8
Muestreo	
Análisis químico	10
– Reactivos y aparatos	10.1
– Contenido de humedad	10.2
– Pérdida por ignición	10.3
– Dióxido de silicio	
– Óxido de aluminio	
– Óxido de hierro	10.4
– Óxido de calcio	
– Óxido de magnesio	
– Trióxido de azufre	
– Alcalis disponibles	10.5
Ensayos físicos	11
– Densidad	11.1
– Finura	11.2
– Índice de actividad de resistencia con cemento Portland	11.3
– Requerimiento de agua	11.4

1.3 Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional son considerados como la norma.

1.4 En esta Especificación Técnica no se propone indicar todas las medidas de seguridad, si las hubiera, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer prácticas de seguridad y sanidad apropiadas y determinar la aplicabilidad de limitaciones reguladoras antes de su uso.

1.5 El texto de esta Especificación Técnica incluye NOTAS para dar información explicativa. Las mismas no deben ser consideradas como requisitos.

2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Especificación Técnica. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas se toma en cuenta la última edición de la norma de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

- ASTM C 109/C109M – 12 Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube specimens)
- NC 506: 2013 Cemento Hidráulico. Método de ensayo Determinación de resistencia mecánica
- NC 523: 2007 Cemento Hidráulico. Método de ensayo. Determinación de la densidad
- NC 196-6: 2013 Cemento Hidráulico. Método de ensayo. Determinación de la finura y la superficie específica
- NC-EN 196-2: 2012 Cemento Hidráulico. Método de ensayo. Parte 2: Análisis químico
- NC-TS 528: 2013 Cemento Hidráulico. Puzolanas. Especificaciones
- NC 95: 2011 Cemento Portland. Especificaciones

3 Términos y definiciones

A los fines de esta Especificación Técnica, se aplican los términos y las definiciones siguientes:

3.1 Definiciones y términos específicos de esta Especificación Técnica

3.1.1 muestra compuesta

Muestra que es preparada combinando iguales proporciones de muestras puntuales y regulares.

3.1.2 fuente estable

Fuente para la que existen registros disponibles de aseguramiento de la calidad de la producción para al menos seis meses de producción continua con la frecuencia de ensayos requerida para una fuente nueva, muestreados en la fuente.

3.1.3 muestra puntual

Muestra que se toma en una operación simple de un transportador que descarga a un almacenamiento a granel, de sacos, o de un embarque a granel. Tal muestra puede, o no, reflejar la composición o propiedades físicas de un lote simple de aditivo mineral. Este tipo de muestra puede ser usado para caracterizar pequeñas cantidades de un aditivo mineral.

3.1.4 fuente nueva

Fuente para la que son disponibles menos de seis meses de registros de producción, muestreados en la fuente.

3.1.5 lote

Cantidad específica de puzolana natural o ceniza volante ofrecida para la inspección en cualquier tiempo único. Un lote puede ser un recipiente de almacenamiento, o los contenidos de uno o más unidades de transportación, representando partidas del aditivo mineral tomadas del mismo recipiente de almacenamiento.

3.1.6 muestra regular

Muestra que es construida combinando iguales porciones de muestras puntuales que fueron tomadas en lugares o locaciones predeterminados de un lote simple de aditivo mineral.

4 Significación y uso

4.1 Estos métodos de ensayo son usados para desarrollar la base de datos comparativos con los requisitos de la Especificación Técnica NC-TS 528. Estos métodos están basados en ensayos normados en el laboratorio y no intentan simular condiciones de trabajo.

4.1.1 Índice de actividad de resistencia

El ensayo para el índice de actividad de resistencia es usado para determinar si un aditivo mineral da lugar a un nivel aceptable de desarrollo de la resistencia cuando se usa con cemento hidráulico en el hormigón. Ya que la prueba es realizada con morteros, los resultados no dan una correlación directa de cómo la adición mineral contribuye a la resistencia en el hormigón.

4.1.2 Ensayos químicos

La determinación de los componentes químicos y los límites fijados para cada uno de ellos no predicen el comportamiento de un aditivo mineral con cemento hidráulico en el hormigón, pero en su conjunto, ayuda a describir la composición y la uniformidad del aditivo mineral.

5 Materiales

5.1 Arena clasificada normalizada

La arena utilizada para hacer las probetas para el índice de actividad con cemento Pórtland deberá ser arena sílice natural de acuerdo a los requisitos de la arena normalizada clasificada.

NOTA 1 Segregación de la arena clasificada - La arena clasificada debería manejarse de tal manera que se prevenga la segregación, ya que las variaciones en la clasificación de la arena causan variaciones en la consistencia del mortero. Al vaciar recipientes o sacos, se debería tener cuidado en evitar la formación de montones o cráteres en la arena, desde sus pendientes las partículas gruesas rodarían. Los arcones serían del tamaño suficiente para permitir estas precauciones. No se deberían usar dispositivos para descargar la arena de los arcones por gravedad.

5.2 Cal hidratada

La cal hidratada utilizada en los ensayos deberá ser hidróxido de calcio de grado reactivo, 95 % mínimo calculado como $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (NOTA 2) y con un mínimo de fineza de 2500 m^2/kg como se determina de acuerdo con el método de la NC-EN 196-2.

NOTA 2 El hidróxido de calcio debería ser protegido de la exposición al dióxido de carbono. El material que quede en un envase abierto después de un ensayo no debería ser usado en ensayos subsiguientes.

5.3 Cemento Portland

El cemento Portland usado para la determinación del Índice de Actividad de Resistencia deberá cumplir con los requisitos de la especificación de la NC 95 y tendrá una resistencia a la compresión mínima de 35 MPa a los 28 días, y álcalis totales ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$) no menos 0,50 % y no más 0,80 %.

5.3.1 El cemento Portland localmente disponible para el ensayo del *Índice de actividad de la resistencia*, o el cemento a usar en el proyecto no cumple los requerimientos establecidos, es permitido utilizarlos cuando el uso del cemento Portland mencionado es solicitado para el ensayo, pero reportando las variaciones de los requisitos.

6 Tipo y tamaño de la muestra

Tabla 1 — Muestreo mínimo y frecuencia de ensayo ^A

Ensayo	Tipo de muestra	Sitio de trabajo o nueva fuente ^B	Fuente establecida ^B
Contenido de humedad perdida por ignición finura.	Regular	Diario ó cada 90 Mg ^C	Diario ó cada 360 Mg ^C
Densidad y otros ensayos según la Tabla 1 y Tabla 2 de la NC-TS 528.	Compuesta	Mensual ó cada 1800 Mg ^C	Mensual ó cada 2900 Mg ^C
^A Debería señalarse que la frecuencia mínima de ensayo que se da en la Tabla 1 no es necesariamente la frecuencia necesitada para los programas de control de calidad de algunos aditivos minerales. ^B Para definiciones, referirse a la sección de Terminología. ^C La que se establezca primero.			

Las muestras puntuales y las regulares deberán tener una masa de al menos 2 kg.

Las muestras puntuales, o las regulares, tomadas en los intervalos prescritos sobre un período de tiempo (Ver Tabla 1) pueden ser combinadas para formar una muestra compuesta representativa de la mezcla mineral producida durante ese periodo de tiempo.

Las muestras compuestas deberán tener una masa de al menos 4 kg.

El muestreo deberá ser hecho por, o estar bajo la dirección de, un responsable representante del comprador.

7 Procedimiento de muestreo

7.1 El aditivo mineral puede ser muestreado por uno de los siguientes métodos:

- **En un punto de descarga del almacenamiento a granel o de los carros de ferrocarril o carros silos** - Una muestra puede ser tomada con un tubo sifón durante la carga, o con un tubo de muestreo en cada carro de ferrocarril o carro silo cargado. Si la carga es muestreada en el punto de descargada en el carro ferroviario o silo, la superficie superior deberá ser removida hasta una profundidad de por lo menos 200 mm antes del muestreo. La muestra deberá ser identificada al menos con la fecha y el número de embarque.
- **En las bolsas de almacenamiento** - La muestra regular deberá completarse con partes de igual tamaño tomadas con el tubo de muestreo, procedentes de tres sacos escogidos al azar pertenecientes a un lote de material ensacado. La muestra deberá ser identificada con la fecha y el número de lote.
- **En un transportador que descarga a un almacenamiento a granel** - Tome una muestra de 2 kg o más, del material que pasa sobre un transportador. Esto puede asegurarse tomando la muestra completa en una operación conocida como el método de agarre simple, o combinando varias porciones iguales tomadas a intervalos regulares, conocido como el método de muestreo regular. Se pueden usar muestreadores automáticos para obtener las muestras.

7.2 Las muestras deberán ser tratadas como se indica en el Capítulo 8.

NOTA Algunos métodos para cargar o descargar aditivos minerales, particularmente de una corriente de aire o cinta transportadora, pueden crear estratificación o segregación en la corriente de material. Las técnicas de muestreo deben ser diseñadas para asegurar que la muestra sea representativa del aditivo mineral embarcado.

8 Preparación y almacenamiento de las muestras

Prepare las muestras compuestas para los ensayos requeridos en el Capítulo 9, organizando todas las muestras puntuales o regulares en grupos, cubriendo el periodo o la cantidad que va a ser representada por la muestra. Tome iguales porciones para cada una, en una cantidad tal para producir una muestra compuesta suficientemente grande para los ensayos solicitados. Mezcle rigurosamente la muestra compuesta.

Las muestras deberán ser almacenadas en recipientes limpios y herméticos identificados con la procedencia y el lote o el periodo de tiempo que representan. Las porciones restantes de las muestras no se utilizaron en el ensayo deberán ser guardadas durante al menos un mes después que todos los resultados de los ensayos hayan sido reportados.

9 Frecuencia de ensayo

General - Haga todos los ensayos sobre las mezclas puntuales o compuestas seleccionadas como se especifica en la Tabla 1.

10 Análisis químico

10.1 Reactivos y aparatos

Todos los aparatos, reactivos y técnicas deberán cumplir los requisitos de la Norma Cubana NC-EN 196-2.

Pureza del Agua - A no ser que se indique lo contrario, las referencias al agua serán entendidas como agua destilada o agua de igual pureza.

10.2 Contenido de humedad

10.2.1 Procedimiento

Seque la muestra pesada, según se reciba, a peso constante en una estufa a 105 °C a 110 °C.

10.2.2 Cálculos

Calcule el por ciento de humedad hasta el 0,1 % más próximo, como sigue:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = (A / B) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

A: Masa que se pierde durante el secado

B: Masa recibida

10.3 Pérdida por ignición

10.3.1 Procedimiento

Determine la pérdida por ignición de acuerdo con los procedimientos establecidos en la Norma Cubana NC-EN 196-2, excepto que el material remanente de la determinación del contenido de humedad deberá ser calcinado a masa constante en un crisol de porcelana, no de platino, descubierto a (750 ± 50) °C.

10.3.2 Cálculos

Calcule el % de pérdida por ignición con aproximación hasta el 0,1 como sigue:

$$\text{Pérdidas por ignición (\%)} = (A / B) \times 100 \quad (2)$$

Donde:

A: Pérdida de masa entre 105 °C y 750 °C

B: Masa de la muestra libre de humedad utilizada

10.4 Dióxido de Silicio, Óxido de Aluminio, Óxido de Hierro, Óxido de Calcio, Óxido de Magnesio y Tritóxido de Azufre

10.4.1 Procedimiento

Determine los por cientos de estos óxidos como se requiere, de acuerdo a las secciones aplicables de la Norma Cubana NC-EN 196-2 para los materiales que tienen un residuo insoluble mayor del 1 % (Ver NOTA 1)

NOTA 1 Métodos rápidos e instrumentales similares pueden ser empleados.

10.5 Alcalis disponible

10.5.1 Procedimiento

Pese 5,0 g de muestra y 2,0 g de cal hidratada sobre un pedazo de papel para pesada, mezcle cuidadosamente usando una espátula mecánica y transfírala a un frasco plástico de aproximadamente 25 ml de capacidad. Añada 10,0 ml de agua a esta mezcla, selle el frasco asegurando la tapa con una cinta (Ver NOTA 2), mezcle agitando hasta que la mezcla sea uniforme, y almacene a $(38 \pm 1,7)$ °C.

NOTA 2 Para asegurar que no se produzca la pérdida de humedad de la pasta, sitúe el frasco sellado en un envase sellable (tal como un frasco para muestras pequeñas o jaras de Mason), adicione suficiente agua para cubrir la tapa del envase y sellar.

Abra el frasco a la edad de 28 días y transfiera los contenidos a una cápsula de 250 ml. Rompa y muele los grumos con una mano de mortero, añadiendo una pequeña cantidad de agua, si es necesario, de manera tal que se obtenga una pasta uniforme que no contenga grumos (NOTA 3).

Añada agua suficiente para lograr un volumen de 200 ml. Déjela reposar una hora a temperatura ambiente con agitación frecuente. Filtre a través de un papel de filtración de textura media hacia un frasco volumétrico de 500 ml. Lave completamente con agua caliente (de 8 a 10 veces).

NOTA 3 A veces puede ser necesario romper el frasco y arrancar el plástico de la masa sólida. En tales casos, se debería tener cuidado en evitar la pérdida de material y sacar todo el material sólido del frasco. Si la masa es muy dura para romper y moler en la cápsula, debería utilizarse un mortero.

Neutralice el filtrado con ácido con HCl diluido (1:3) usando una o dos gotas de solución de fenolftaleína como indicador. Añada exactamente 5 ml de HCl (1:3) en exceso. Enfríe la solución a temperatura ambiente y llene el frasco hasta la marca con agua destilada. Determine la cantidad de óxidos de potasio y sodio en la solución usando el procedimiento del fotómetro de llama descrito en los métodos de ensayo de la Norma Cubana NC-EN 196-2

10.5.2 Cálculos

Calcule los resultados como por ciento en peso del material de la muestra original. Reporte como por ciento de óxido de sodio (Na_2O) calculado como sigue:

$$\text{Equivalente Na}_2\text{O} (\%) = (\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O}) \% \quad (3)$$

11 Ensayos físicos

11.1 Densidad

11.1 Procedimiento

Determine la densidad de la muestra de acuerdo con el procedimiento descrito en el método de la Norma Cubana NC 523, excepto que se use alrededor de 50 g del aditivo mineral en lugar de 64 g de cemento aproximadamente que recomienda dicho método.

11.2 Finura, retenido en el tamizado húmedo sobre un tamiz 45 μm (No. 325)

11.2.1 Objetivo

Este método de ensayo comprende la determinación de la finura del aditivo mineral mediante el tamizado húmedo en el tamiz de 45 μm (No. 325)

11.2.2 Instrumentos y utensilios

11.2.2.1 Tamiz

11.2.2.1.1 Estructura del tamiz - La estructura o bastidor del tamiz debe ser circular, de un metal no corroible por el agua, con un diámetro interior de (51 ± 6) mm; $(2,0 \pm 0,25)$ pulgadas. La profundidad del tamiz desde la parte superior de la estructura hasta la malla debe ser de (76 ± 6) mm; $(3,0 \pm 0,25)$ pulgadas. La estructura o bastidor tendrá una altura total de (89 ± 6) mm; $(3,5 \pm 0,25)$ pulgadas y patas de al menos 12 mm (0,5 pulgadas) de longitud, capaces de permitir la circulación del aire debajo de la malla del tamiz o la lámina electro formada.

11.2.2.1.2 Malla del tamiz o lámina electro formada - La estructura del tamiz estará equipada con una malla de tela metálica de 45 μm (No. 325) de acero inoxidable conforme a los requerimientos de la especificación E - 11 u otras existentes, o una lámina de níquel reforzado electro formado de 45 μm conforme a los requerimientos de la especificación E - 161, con la excepción de que el número de aberturas u hoyos deberá tener 71 ± 2 por centímetro lineal ($180 \pm$ por pulgada lineal).

11.2.2.1.3 Colocación de la malla o lámina - Se deberá colocar una malla de acero inoxidable del tipo 304 en la estructura sin distorsión, flojedad o encogimiento. Para un tamiz fabricado con la malla soldada a la estructura, la junta o unión debe ser lisa para prevenir que el cemento quede atrapado entre la malla y la estructura. Se debe colocar ajustadamente un tamiz de dos piezas para evitar esto. Para poner la lámina electro formada en el tamiz, se debe colocar una lámina de níquel reforzado electro formado en el tamiz sin que la misma tenga distorsión, flojedad o encogimiento. La junta o unión entre la malla y la estructura debe ser plana o lisa de un material impermeable al agua.

11.2.2.2 Boquilla de pulverización (regadera o spray) - La boquilla o regadera (Ver Figura 1) debe ser de un metal no expuesto a la corrosión por el agua y con un diámetro interior de 17,5 mm (0,69 pulgadas) con un orificio central horadado en línea con el eje longitudinal y una línea circular Intermedia 8 orificios horadados alrededor de la perforación central separadas entre si de centro a centro 6 mm (0,23 pulgadas) a un ángulo de 5° C del eje longitudinal, y una hilera externa de 8 orificios separados entre si de centro a centro 11 mm (0,44 pulgadas) a un ángulo de 10° C del

eje longitudinal. Todos los orificios tendrán 0,5 mm de diámetro (0,02 pulgadas). La boquilla de pulverización (spray) se revisará cada seis meses antes de probar una nueva muestra para garantizar que la velocidad del fluido esté entre 1500 g/min a 3000 g/min a (69 ± 3) kPa ($10 \pm$ psi).

11.2.2.3 Manómetro - El manómetro de presión para el agua tendrá un mínimo 76 mm (3,0 pulgadas) de diámetro, estará graduado para incrementos de 7 kPa en 7 kPa (1-psi en 1-psi) y tendrá una capacidad máxima de 207 kPa (30 psi). Deberá tener una precisión de ± 2 kPa ($\pm 0,25$ psi) en 69 kPa (10 psi) de presión.

11.2.3 Procedimiento

Determine la cantidad de muestra retenida en húmedo sobre un tamiz de 45 μ m (No. 325), de acuerdo con la Norma internacional ASTM C 430 con las siguientes excepciones:

Calibre el tamiz de 45 μ m (No. 325) usando un cemento patrón (SRM 114) u otro material estandarizado propio para ello. Calcule los factores de corrección del tamiz como sigue:

$$CF = std - obt \quad (4)$$

Donde:

CF: factor de corrección del tamiz, (%) (Incluye un signo negativo cuando sea apropiado)

std: valor del residuo certificado para la muestra patrón, (%)

obt: valor del residuo obtenido para la muestra patrón, (%)

11.2.3.1 Calcule la finura de la adición mineral hasta aproximadamente 0,1 % como sigue:

$$Rc = Rs + CF \quad (5)$$

Donde:

Rc: residuo obtenido en el tamiz corregido, (%)

Rs: residuo obtenido para la muestra de ensayos, (%)

CF: factor de corrección del tamiz, (%)

NOTA 1 Para los ensayos de finura de las puzolanas (Ver ASTM C 430). Sin embargo, ciertos requisitos, tales como la limpieza de los tamices y la interpretación de los resultados, a veces no son apropiados.

11.2.4 Calibración del tamiz de 45 μ m (No. 325)

Coloque 1 000 g de una muestra estándar (SRM 114) u otro patrón en un tamiz limpio, seco de 45 μ m (No. 325) y prosiga según plantea el Apartado 11.3.6. El factor de corrección del tamiz (puede incluir signo negativo) es la diferencia entre el valor del residuo especificado en la muestra estándar o patrón expresado en % y el valor del residuo obtenido para la muestra estándar o patrón, expresado también en %.

11.2.4.1 Ejemplo de determinación del factor de corrección del tamiz

Residuo certificado en un tamiz de 45 µm (No. 325), muestra SRM 114 u otra	12,2 %
Residuo para una muestra de 1 g	0,122 g
Residuo obtenido en el tamiz que se está calibrando para 1 g de muestra	0,093 g
Residuo obtenido en el tamiz que se está calibrando, (%)	9,3 %
Aplicando la ecuación (4) $CF = 12,2 \% - 9,3 \% = 2,9 \%$	

11.2.5 Determinación de la cantidad de muestra retenida en húmedo sobre el tamiz de 45 µm (No. 325)

Coloque una muestra de 1 000 g de la puzolana o la adición mineral en un tamiz limpio y seco de 45 µm (No. 325). Humedezca completamente la muestra dentro del tamiz con un chorro suave de agua utilizando el spray o regadera. Retire el tamiz que se encuentra debajo del spray o regadera y regule la presión de la misma a 69 ± 4 kPa ($10 \pm 0,5$ psi). Vuelva a colocar el tamiz en su posición debajo del spray y lávelo durante 1 minuto, moviendo el tamiz con un movimiento circular en un plano horizontal a la velocidad de un movimiento por segundo. El extremo del spray o regadera deberá estar separada del fondo del tamiz aproximadamente 12 mm (0,5 pulgadas).

Inmediatamente después de retirar el tamiz de spray, enjuague el residuo con aproximadamente 50 cm³ de agua destilada o desmineralizada, teniendo precaución no perder parte del residuo y luego seque suavemente el fondo del tamiz con un paño húmedo. Seque el tamiz y el residuo en una estufa o sobre una plancha caliente, de tal forma que el aire caliente circule libremente debajo del mismo.

Enfríe el tamiz, luego, con la ayuda de un pincel saque el residuo del tamiz y péselo en una balanza analítica capaz de producir los resultados en 0,0005 g. Si el tamiz tiene fija la malla al bastidor con soldadura, se tiene que tomar toda clase de cuidados en el calentamiento para evitar que la soldadura se desprenda.

11.2.6 Limpieza del tamiz de 45 µm (No. 325)

Frecuencia de limpieza y calibración. Los tamices equipados con tejidos o mallas de tela metálica deben limpiarse después de no menos 5 determinaciones. Los tamices equipados con una lámina reforzada electroformado que tienen 71 aberturas por centímetro lineal deben limpiarse después de no más de 3 determinaciones. Ambos tipos de tamices deben ser recalibrados después de no más de 100 determinaciones.

Procedimientos para una limpieza aceptable.

Una opción para la limpieza es colocar el tamiz en un baño ultrasónico de pequeña potencia (entrada máxima de energía de 150 W) que contenga una solución limpiadora adecuada de laboratorio. El baño será efectivo por un tiempo suficiente (aproximadamente entre 10 min. - 15 min. a temperatura ambiente) para retirar las partículas incrustadas en los orificios. Está informado que las láminas electro formadas del tamiz que contienen más de 71 orificios por centímetro lineal pueden ser dañadas por la limpieza ultrasónica.

También se puede utilizar para la limpieza una opción que no requiera el baño ultrasónico. Sumerja el tamiz en un baño apropiado de una solución limpiadora del laboratorio calentada justamente por debajo del punto de ebullición. Tápela con un vidrio reloj para reducir la evaporación. Continúe con esta inmersión durante el tiempo suficiente para aflojar las partículas alojadas con un enjuague seguido del baño. Se acepta también, la inmersión nocturna en una solución limpiadora similar pero no caliente, siempre que el enjuague que sigue después del baño sea capaz de llevarse las partículas impregnadas. Se debe evitar la limpieza o enjuague con soluciones de ácido acético o ácido clorhídrico diluido. Las soluciones limpiadores apropiados tienen limitado el uso de soluciones con jabón o detergente.

11.2.7 Cálculo

Calcule la finura de la muestra hasta lo más cerca posible de 0,1 % de la forma siguiente:

$$R_c = R_s + CF \text{ (según la fórmula 5)}$$

$$F = 100 - R_c \quad (6)$$

Donde:

F: fineza de la adición mineral expresada como el porcentaje de corrección que pasa un tamiz de 45 μm (No. 325)

R_c: residuo obtenido en el tamiz corregido, (%)

R_s: residuo obtenido para la muestra que se está analizando

CF: factor de corrección del tamiz, (%) (determinado según el Apartado 11.3.4, el cual lo mismo puede dar más o menos)

Ejemplo:

Factor de corrección del tamiz, (Ver Apartado 11.3.4) (CF)	2,9 %
Residuo obtenido para la muestra que se está analizando (R _s)	8,8 %
Residuo obtenido en 1 g de la muestra que se está analizando	0,088 g
Residuo obtenido en el tamiz corregido (R _c) (ecuación 5)	8,8 + 2,9 = 11,7
Fineza de la adición mineral, (% pasado) (F) (ecuación 6)	100 - 11,7 = 88,3 %

11.2.8 Precisión y sesgo

Producto de la fineza normal - La precisión del multilaboratorio hallada ha sido de $\pm 0,75$ % (IS) según se definió en la Práctica E 177, por tanto, los resultados de las pruebas correctamente realizadas de dos laboratorios diferentes con idénticas muestras de cemento, deben coincidir en un 95 % del tiempo en $\pm 2,1$ %.

Producto de alta fineza - La precisión del multilaboratorio hallada ha sido $\pm 0,50$ % (IS) según se definió en la Práctica E 177; por tanto, los resultados de las pruebas correctamente realizadas en dos laboratorios diferentes con dos muestras idénticas deben coincidir en un 95 % del tiempo en $\pm 1,4$ %.

Como no existe ningún material de referencia aceptado apropiado para determinar el sesgo para este procedimiento en este método de ensayo, no se ha hecho ningún planteamiento sobre el sesgo.

11.3 Índice de actividad de resistencia con el cemento Portland

11.3.1 Procedimiento

Se establece el método de ensayo para la determinación del índice de actividad puzolánica de las muestras del aditivo mineral que se añade en la producción de cementos, así como, a morteros y hormigones mediante el ensayo de resistencia a la compresión de mezclas de cemento hidráulico y arena normalizada con y sin puzolanas.

NOTA 2 En esta sección se insertan en el texto los elementos nuevos contenidos en el Anexo 1 de la Norma Internacional ASTM C 595/C 595M-13. En esta Especificación Técnica, los ensayos de resistencia se indican conforme a la Norma Cubana correspondiente excepto lo referente a la dosificación del agua, que sustituye la Norma Internacional ASTM C 109/109M, aspecto determinante de su carácter de estudio por un período de dos años.

11.3.2 Probetas

Moldee las probetas, cure y ensaye la mezcla de control y la mezcla de prueba de acuerdo al método la Norma Cubana NC 506, excepto lo que se especifique a continuación. El cemento Portland usado en el Índice de actividad de resistencia deberá cumplir con los requisitos de las especificaciones de la Norma Cubana NC 95 y que sea procedente de la fábrica que considere proveedora. En la mezcla de prueba reemplace el 35 % del volumen absoluto del cemento usado en la mezcla de control por el mismo volumen absoluto de la muestra de ensayo. Haga moldes de tres briquetas por cada, como se describe a continuación:

11.3.2.1 Mezcla de control:

- Cemento Portland P - 350: 450 ± 2 g
- Arena Normalizada: $1\ 350 \pm 5$ g
- X ml de agua requerida para una fluidez de 100 mm – 115 mm en la mesa de sacudidas

11.3.2.2 Mezcla de prueba:

- Cemento Portland P – 350 : $292,5 \pm 2$ g
- Puzolana en prueba: $157,5 \times$ densidad de la puzolana/densidad del cemento en g de la muestra

- Arena normalizada: 1 350 ± 5 g
- Y ml de agua requeridos para obtener la fluidez de 100 mm – 115 mm

NOTA 3 Cuando se van a evaluar materiales puzolánicos para su empleo como adiciones al hormigón, en la mezcla de ensayo se sustituye el 20 % del peso del cemento usado en la mezcla de control por la puzolana a estudiar en la mezcla de prueba. La cantidad de agua en dicha mezcla será la necesaria para obtener la fluidez de la mezcla control.

11.3.3 Determinación de la fluidez

Limpie y seque cuidadosamente la superficie superior de la mesa y ponga el molde de fluidez en el centro. Ponga una capa de mortero de aproximadamente 1 pulgada (25 mm) de espesor en el molde y apísónelo 20 veces con el mazo. La presión del apisonamiento deberá ser suficiente para garantizar un llenado uniforme del molde. Entonces, llene el molde con el mortero y apísónelo como está especificado para la primera capa. Déle terminación al mortero en una superficie plana, nivelando la superficie superior mediante un movimiento de corte con el borde de la llana, sosteniéndola aproximadamente perpendicular al molde y realizando este efecto sobre toda la superficie del molde. Limpie la superficie de la mesa y séquela, teniendo especial cuidado en quitar cualquier resto de agua alrededor del borde del molde de fluidez. Levante el molde y aléjelo del mortero después de 1 min desde la realización de la mezcla. Inmediatamente, deje caer la mesa desde la altura de ½ pulgadas ó (13 mm) 25 veces en 15 s. Usando el pie de rey, determine la fluidez midiendo los diámetros del mortero a lo largo de las líneas marcadas en la superficie de la mesa, sumando las cuatro lecturas. El total del promedio de las cuatro lecturas del pie de rey es igual a la fluidez.

Determine y registre el valor de fluidez.

11.3.4 Almacenamiento de las probetas

Después de moldear sitúe las probetas y los moldes (sobre platos bases) en una cámara o cuarto húmedo a (23 ± 1,7) °C de 20 horas a 24 horas. Mientras estén en la cámara o cuarto proteja las probetas del goteo de agua. Sumérjalas en tanques construidos con un material no corrosible, llenos de agua saturada con cal hasta la edad de ensayo. Se cambiará el agua de los recipientes tantas veces sea necesario para mantenerla bien limpia.

11.3.5 Ensayo de resistencia a la compresión

Determine la resistencia a la compresión como se especifica en la NC 506 de tres probetas de la mezcla control y tres probetas de la mezcla de prueba a los 28 días.

11.3.6 Cálculos

Calcule el índice de actividad de resistencia con cemento Portland como sigue:

$$\text{Índice de actividad de resistencia con cemento Portland} = (A/B) \times 100 \quad (7)$$

Donde:

A: Promedio de la resistencia a la compresión de las probetas de la mezcla de prueba, (MPa)

B: Promedio de la resistencia a la compresión de las probetas de la mezcla de control, (MPa)

11.4 Requerimiento de agua

11.4.1 Cálculo

Calcule el agua requerida para el Índice de actividad de resistencia con cemento Pórtland como sigue:

$$\text{Agua requerida (\%)} \text{ de la mezcla patrón} = (Y/225 \times 100) \quad (8)$$

Donde:

Y: Agua requerida para que la mezcla de prueba iguale la fluidez de la mezcla patrón (± 5)

12 Precisión y sesgo

12.1 Ensayo del Índice de actividad de resistencia

Precisión - La precisión de un operador, en el ensayo de un cemento mezclado con cenizas volantes resultó lo mismo cuando se ensaya el cemento Portland mezclado posteriormente con la ceniza, y encontrándose tener un coeficiente de variación de 3,8 % (1s %). Esto indica que el resultado de dos ensayos realizados adecuadamente por el mismo operador no debería diferir por más que 10,7 % (d2s) del promedio de los dos resultados. Como se trata solamente del desempeño del ensayo para la certificación de la calidad del productor de una materia prima, el ensayo de precisión de múltiples laboratorios no se aplica.

Sesgo - Como no existe un material de referencia certificado como puzolana, el sesgo no puede ser determinado.

12.2 Análisis químico

Los estimados de la precisión y el sesgo para los métodos de ensayo de la Norma Cubana NC-EN 196-2, cuando se aplican a los análisis de puzolanas fueron calculados a partir de un estudio ínter - laboratorios que incluyeron 7 laboratorios cada uno de los cuales analizó 4 cenizas volantes MRC.

Precisión - Los estimados dentro del laboratorio (W/L) y entre laboratorios (B/L) de la desviación estándar y los estimados de máximas diferencias esperados entre determinaciones duplicadas en 95 % de las comparaciones son resumidos en la Tabla 2.

**Tabla 2 — Estimados de precisión dentro y entre laboratorios
Métodos aplicados para el análisis de cenizas volantes**

Oxido	1s		d2s	
	W/L	B/L	W/L	B/L
SiO ₂	0,62	0,86	1,75	2,45
Al ₂ O ₃	1,46	2,29	4,12	6,48
Fe ₂ O ₃				
< 2 %	0,12	0,11	0,34	0,31
≥ 2 %	0,12	0,25	0,34	0,71
CaO	0,63	0,74	1,79	2,09
MgO	0,20	0,21	0,55	0,61
SO ₃	0,01	0,03	0,27	0,48
Humedad	0,05	0,06	0,15	0,17
PPI	0,09	0,12	0,25	0,35

Sesgo - Un sesgo estadísticamente significativo fue encontrado en la determinación de CaO y MgO. Las determinaciones de CaO promediaron un 0,46 % mayor que el valor certificado para el MRC. Las determinaciones MgO promediaron un 0,19 % mayor que el valor certificado para el MRC.

Anexo A
(informativo)

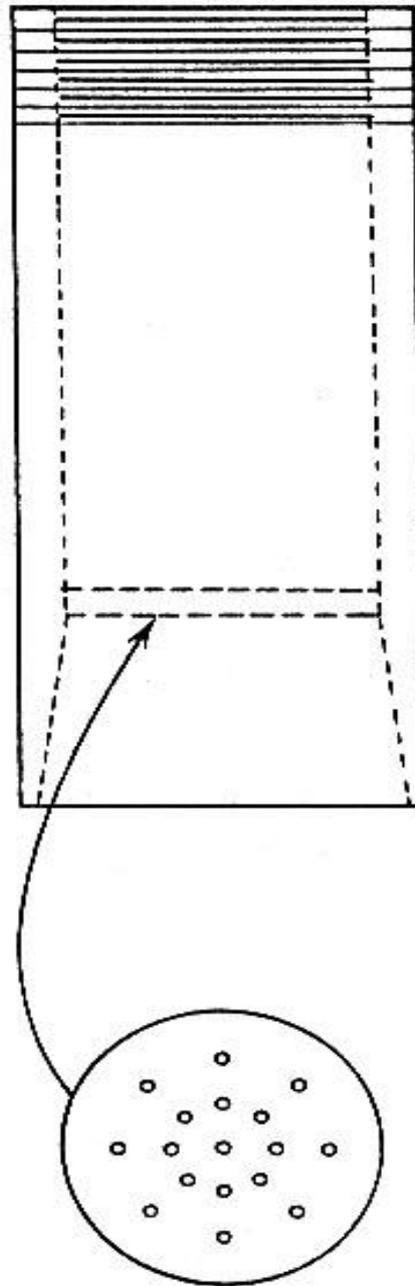


Figura 1 — Boquilla de pulverización (spray o regadera)