

**LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES**

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 03. Materiales para Estabilizaciones

CAPÍTULO: 001. Cal para Estabilizaciones

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene las características de calidad de la cal que se utiliza en la estabilización de materiales para terracerías, revestimientos, subbases y bases para pavimentos nuevos o recuperados.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

La cal es el producto de la calcinación de rocas calizas, constituido principalmente por óxido de calcio (CaO) y otros componentes. La adición de cal en los materiales arcillosos para terracerías, revestimientos, subbases y bases, por sus diferentes reacciones, en mayor o menor grado, produce aumento en el límite líquido y disminución en el índice plástico; aumenta la estabilidad volumétrica de los materiales cohesivos; aumenta la resistencia a la compresión simple y el CBR. Según su composición química se clasifica en:

B.1. CAL VIVA

Producto de la calcinación de la roca caliza, constituido en su mayor parte por óxido de calcio (CaO), o bien óxido de calcio asociado con óxido de magnesio (MgO), capaces de reaccionar con el agua exotérmicamente, lo que produce su apagado o hidratación. Junto con la cal hidratada, la cal viva es la más utilizada para la estabilización. Sus principales ventajas son que

presenta una mayor reactividad con los materiales por estabilizar y menor generación de polvo durante su utilización.

B.2. CAL APAGADA O HIDRATADA

Polvo seco, obtenido al tratar cal viva con la suficiente agua para satisfacer su afinidad química, provocando su hidratación. Consiste esencialmente en hidróxido de calcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ o una mezcla de hidróxido de calcio, óxido de magnesio (MgO) e hidróxido de magnesio $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$. Junto con la cal viva, la cal hidratada es la más utilizada para la estabilización. Su principal ventaja es que ofrece menor peligro durante su transporte, manejo y utilización. Por razones ecológicas, en general no es aceptable utilizar cal viva. Se emplea preferentemente como cal apagada y en lechada, excepto cuando se requiere disminuir el contenido de agua de los suelos.

B.3. CAL HIDRÁULICA HIDRATADA

Producto cementante seco, hidratado, obtenido al calcinar calizas que contienen sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3) a una temperatura cercana a la de fusión incipiente, de tal forma que se obtiene suficiente óxido de calcio (CaO) para permitir la hidratación y, al mismo tiempo, dejando suficientes silicatos de calcio (CaSiO_3) sin hidratar, con lo que resulta un polvo seco, que cumple con las propiedades hidráulicas requeridas en algunas aplicaciones, destacándose la propiedad de fraguar y endurecer, aun bajo el agua.

B.4. CAL HIDRATADA, AL ALTO CALCIO

Cal hidratada, producto de la calcinación de calizas, contaminadas con menos del cinco (5) por ciento de carbonato de magnesio (MgCO_3).

B.5. CAL DOLOMÍTICA

Cal obtenida de la calcinación de calizas que contiene del treinta y cinco (35) al cuarenta y seis (46) por ciento de carbonato de magnesio (MgCO_3).

C. REFERENCIAS

Son referencias de esta Norma, las normas oficiales mexicanas NOM-002-SCFI-1993, *Productos Preenvasados-Contenido Neto, Tolerancias y Métodos de Verificación* y NOM-030-SCFI-1993, *Información Comercial-Declaración de Cantidad en la Etiqueta*, publicadas por la *Secretaría de Economía*. Así como la norma mexicana NMX-C-003-1996-ONNCCE, *Industria de la Construcción - Cal Hidratada - Especificaciones y Métodos de Prueba*.

Además, esta Norma se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
Muestreo de Cal para Estabilizaciones y Mejoramiento de Mezclas Asfálticas	M·MMP-4·02-001
Residuo y Características Granulométricas de la Cal	M·MMP-4·02-003
Pérdida por Ignición en la Cal y Contenido de Bases No-Volátiles	M·MMP-4·02-004
Contenido de Óxido de Calcio en la Cal	M·MMP-4·02-005
Contenido de Óxido de Magnesio en la Cal	M·MMP-4·02-006
Bióxido de Carbono en la Cal	M·MMP-4·02-007
Contenido de Agua Libre en la Cal Hidratada	M·MMP-4·02-008
Contenido de Óxido de Calcio Libre en la Cal Hidratada al Alto Calcio	M·MMP-4·02-009
Calor de Hidratación de la Cal Viva	M·MMP-4·02-010
Preparación de Muestras de Material Estabilizado con Cal, Utilizando Mezclador Mecánico	M·MMP-4·02-012
Contenido de Sílice, Alúmina y Óxidos de Hierro en la Cal	M·MMP-4·02-020

D. REQUISITOS DE CALIDAD

Los materiales por estabilizar y la cal para estabilización, cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación.

D.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES POR ESTABILIZAR

Los materiales para terracerías, revestimientos, subbases, bases o recuperados obtenidos de los trabajos de conservación o reconstrucción de pavimentos, se podrán estabilizar con cal siempre y cuando su índice plástico, sea superior al diez (10) por ciento y contengan siete (7) por ciento o más de partículas finas,

menores que la malla N°200 (0,075 mm de abertura), que reaccionen con la cal, constituidas fundamentalmente por minerales arcillosos.

Es recomendable definir previamente el tipo de minerales arcillosos que contiene el material, así como sus porcentajes, mediante procedimientos de barrido con microscopio electrónico, difracción de rayos X, capacidad de intercambio catiónico y análisis térmico diferencial, entre otros procedimientos.

D.2. REQUISITOS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA CAL

D.2.1. Composición química

La cal viva y la cal hidratada, que serán utilizadas en la estabilización, cumplirán con la composición química que se indica en las Tablas 1 y 2, de esta Norma, respectivamente.

TABLA 1.- Composición química de la cal viva para estabilizaciones

Característica	Valor %
Óxidos de Calcio (CaO) y Magnesio (MgO) calculado sobre la muestra calcinada, mínimo ^[1]	60
Contenido de Bióxido de Carbono (CO ₂) cuando la muestra se toma en el lugar de fabricación, máximo	3
Sílice (SiO ₂), Alúmina (Al ₂ O ₃) y Óxidos de Hierro (Fe ₂ O ₃), máximo	8

[1] Este dato será indicado por el fabricante

D.2.2. Características físicas

D.2.2.1. Cal hidratada

La cal hidratada no contendrá más del tres (3) por ciento de partículas retenidas en la malla N°100 (0,15 mm de abertura) y no más del diez (10) por ciento retenidas en la malla N°200 (0,075 mm de abertura), de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-02-003, *Residuo y Características Granulométricas de la Cal*.

TABLA 2.- Composición química de la cal hidratada para estabilizaciones

Característica	Valor %
Óxido de Calcio (CaO), bases no volátiles, mínimo ^[1]	80
Óxido de Magnesio (MgO), máximo ^[1]	5
Contenido de Bióxido de Carbono (CO ₂), máximo: <ul style="list-style-type: none"> • Si la muestra es tomada en el lugar de fabricación • Si la muestra es tomada en otro lugar diferente al de fabricación 	10 12
Agua libre, en la muestra original, máximo	3
Óxido de Calcio (CaO) libre (sobrecalcinado) en la cal hidratada, máximo ^[1]	3

[1] Este dato será indicado por el fabricante

D.2.2.2. Cal viva

Toda la cal viva pasará por una malla con abertura de veinticinco (25) milímetros (1") y será retenida en la malla de seis coma tres (6,3) milímetros (¼"). Presentará una elevación de temperatura mínima de treinta (30) grados Celsius en veinte (20) minutos de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-02-010, *Calor de Hidratación de la Cal Viva*. No presentará más del quince (15) por ciento de residuo o retenido en la malla N°50 (0,300 mm de abertura), de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-02-003, *Residuo y Características Granulométricas de la Cal*.

D.3. REQUISITOS PARA LA APLICACIÓN EN EL LUGAR

D.3.1. Cal hidratada

Cuando se emplee cal hidratada, se adicionará la cantidad necesaria de agua a la cal para producir una lechada que se adicionará al del material por estabilizar, mediante los

aspersores del equipo de estabilización (usualmente recuperadora) y alcanzar un contenido de agua ligeramente superior al contenido de agua óptimo de compactación (determinado mediante la prueba AASHTO Estándar o Modificada que corresponda, según el uso del material estabilizado) para facilitar el mezclado y la distribución uniforme de la cal hidratada en el material. Cuando se aplique la cal en seco, en el mezclado inicial se tendrá especial cuidado de no contaminar el entorno con polvo producto de la cal hidratada y del material fino. Se pueden mejorar los resultados si la cal se aplica en dos etapas; en la primera, adicionando la mitad del contenido de cal especificado en el proyecto o aprobado por la Secretaría y una vez concluido el mezclado inicial, cuando el laboratorio de campo lo indique, se adiciona el resto de la cal, procediendo al mezclado final. Se utiliza en ambas etapas más agua que la del contenido óptimo de compactación. Las propiedades de las mezclas estabilizadas se determinarán en muestras preparadas de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-02-012, *Preparación de Muestras de Material Estabilizado con Cal, Utilizando Mezclador Mecánico*.

D.3.2. Cal viva

D.3.2.1. Cuando se emplee cal viva para corregir el contenido de agua de un suelo difícil de secar por otros medios, se asegurará que se logre un mezclado total de la cal con el material por estabilizar y que todos los grumos de cal hayan sido hidratados y desvanecidos. Las propiedades de las mezclas estabilizadas se determinarán en muestras preparadas de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-02-012, *Preparación de Muestras de Material Estabilizado con Cal, Utilizando Mezclador Mecánico*.

D.3.2.2. Por ningún motivo se permitirá la presencia de grumos o nódulos de cal, al momento de la compactación. Para verificar la ausencia de grumos o nódulos se volteará la mezcla con espátulas largas a intervalos uniformes. Cuando se aplique la cal en seco, en el mezclado inicial, se tendrá especial cuidado de no contaminar el entorno con polvo producto de la cal viva y del material fino.

E. ENVASADO Y ETIQUETADO

E.1. Si la cal se suministra en sacos, éstos mostrarán, clara e indeleblemente:

- el nombre o denominación genérica del producto,
- la marca registrada,
- la razón social y el domicilio fiscal del fabricante,
- el nombre y la ubicación de la planta productora,
- la designación normalizada,
- el contenido neto en kilogramos de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-030-SCFI, *Información Comercial-Declaración de Cantidad en la Etiqueta*,
- la tolerancia del contenido neto impreso, de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-002-SCFI, *Productos Preenvasados-Contenido Neto*,
- la pureza de la cal en por ciento (contenido de óxido de calcio de base no volátil), y
- la contraseña autorizada de cumplimiento con la norma mexicana NMX-C-003-1996-ONNCCE, *Industria de la Construcción, Cal Hidratada – Especificaciones y Métodos de Prueba*.

E.2. Si la cal se provee a granel o en envases de cualquier naturaleza cuyos contenidos pueden ser diversos, en la factura o remisión correspondiente, se asentará la información contenida en la Fracción anterior, indicando la cantidad suministrada en kilogramos o toneladas, según convenga.

F. ALMACENAMIENTO

Con el propósito de evitar la alteración de las características de la cal antes de su utilización en la obra, ha de tenerse cuidado en su almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

F.1. SUMINISTRO EN SACOS O ENVASES

F.1.1. La cal se entregará y almacenará hasta su utilización en la obra, en los mismos sacos o envases cerrados en que fue expedida de fábrica.

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-4-03-001/02

- F.1.2.** El lugar de almacenamiento será un sitio ventilado y bajo cubierta, que reúna las condiciones necesarias para evitar que se alteren las propiedades de la cal, como un terreno natural bien drenado, con una cubierta con la pendiente e impermeabilidad que eviten filtraciones. El sitio de almacenamiento será lo suficientemente amplio para que los sacos o envases puedan colocarse con una separación del techo, del suelo y de las paredes, suficiente para protegerlos de la intemperie y de la humedad.
- F.1.3.** El almacenamiento se hará en lotes por separado, acomodados de forma que se permita el fácil acceso para la inspección, identificación y muestreo de cada uno. Los sacos se colocarán sobre tarimas, apilándolos hasta una altura no mayor de dos (2) metros, separados del suelo y de las paredes a no menos de diez (10) centímetros y remetidos con respecto a la cubierta, una distancia tal que evite que los moje la lluvia, que en ningún caso será menor de un (1) metro.
- F.1.4.** Todo lote de cal que haya sido rechazado se marcará y se sacará del almacén, llevándolo fuera del área de la obra y asegurándose de que en ninguna forma pueda ser usado en la misma.
- F.1.5.** Cuando las necesidades del trabajo lo exijan, los sacos o envases que vayan a utilizarse el mismo día, pueden depositarse al aire libre y sobre un terreno bien drenado. En este caso, los sacos de cal se colocarán sobre tarimas, separados del suelo a no menos de diez (10) centímetros. Cuando amenace lluvia, los sacos se cubrirán con lonas u otras cubiertas impermeables.

F.2. SUMINISTRO A GRANEL

Si el suministro de la cal se realiza a granel, el almacenamiento se llevará a cabo en tolvas, silos o recipientes que la aislen de la humedad y de la intemperie.

G. CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO

Para que la cal sea aceptada por la Secretaría, antes de su utilización, el Contratista de Obra o el proveedor cuando se trate de obras por administración directa, entregará a la Secretaría un certificado de

calidad por cada lote o suministro, que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la Fracción D.2., según el tipo de cal establecida en el proyecto, expedido por su propio laboratorio o por cualquier otro debidamente aprobado por la Secretaría. En cualquier momento la Secretaría puede verificar la calidad de la cal suministrada, en muestras obtenidas como se establece en el Manual M-MMP-4-02-001, *Muestreo de Cal para Estabilizaciones y Mejoramiento de Mezclas Asfálticas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos establecidos en esta Norma.

H. BIBLIOGRAFÍA

American Society for Testing and Materials (ASTM), C977-02, *Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization*.

American Society for Testing and Materials (ASTM), C911-99e1, *Standard Specification for Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone for Chemical Uses*.

