

PAVIMENTOS

## Construcción de rellenos de carreteras

3<sup>era</sup> parte.

**E**n el caso del grado de compactación de los pedraplenes éste debe ser tal que:

a) La porosidad sea inferior al 30% (n 30%) (1,9 gr/cm<sup>3</sup>).

b) El asentamiento experimentado para el pedraplén después de la última pasada de rodillo deberá ser menor al 1% del espesor de capa.

El control de la construcción de un pedraplén es de procedimiento y consiste en comprobar que el procedimiento de compactación a usar para un tipo de material determinado, permita obtener el grado de compactación exigido. Para ello se construye un pedraplén de ensayo con el material a colocar y el procedimiento propuesto. Este procedimiento debe especificar el espesor de capas, el número de pasadas de rodillo y el tipo de maquinaria a utilizar. En cualquier caso el número de pasadas de rodillo será superior a 4.

**Pedraplén de ensayo:** Tendrá un volumen mayor de 3,000 m<sup>3</sup>, realizado en dos o más capas, de ancho, igual o superior a 10 m.

**Control de compactación:** Se hará un control topográfico de la capa compactada para conocer el número de pasadas necesario hasta conseguir que el asentamiento en la última pasada sea inferior al 1 % del espesor de la capa.

Las medidas de la densidad o porosidad del pedraplén se realizan ejecutando tres calas de dimensiones en superficies superiores a 2x2 m, y una profundidad igual al espesor de capa. (El volumen de la cala ha de ser mayor del m<sup>3</sup>).

**Validez del procedimiento constructivo:** Se aceptará el procedimiento constructivo si se verifican las dos condiciones expuestas; es decir, que el asentamiento después de la última pasada sea inferior al 1% y la porosidad menor al 30%. Solo será válido el procedimiento mientras no cambien las características del material.

**Aceptación o rechazo del pedraplén colocado:** El pedraplén colocado se aceptará si la compactación se realiza según el procedimiento utilizado en el pedraplén de ensayo y mientras el material sea el mismo que el usado en éste.

### Rellenos "Todo uno": Grado de compactación

El grado de compactación del relleno "Todo uno" debe ser tal que:

a) La densidad del relleno será superior al 95% de la densidad máxima conseguida en el ensayo Proctor Modificado realizado con el material de tamaño inferior a 20 mm.

b) El asentamiento experimentado por el relleno "Todo uno" después de la última pasada de rodillo, debe ser menor que el 1% del espesor inicial de la capa.

c) Los asentamientos obtenidos en el ensayo serán menores de 5 mm, salvo en la capa de transición en la que serán menores de 3 mm.

### Control de compactación

El control de la construcción de un relleno "Todo uno" es un control de procedimiento, como en el caso de pedraplenes. Para cada material, se propone un procedimiento constructivo experimentado con un relleno de ensayo. Se comprueba que el relleno de ensayo así construido tiene el grado de compactación definido para rellenos todo uno, y se da por válido este procedimiento para este tipo de material.

### Relleno "Todo uno" de ensayo

Tendrá un volumen mayor de 3,000 m<sup>3</sup> realizado en tres o más capas, de un ancho igual o superior a 8 m.

### Control

Para el control del relleno "Todo uno" de ensayo se distinguen tres bandas: una central de la mitad del ancho total del relleno, y dos de borde de la cuarta parte del ancho total del relleno. Se hará un control topográfico de cada una de las tres bandas para conocer el número de pasadas necesario hasta conseguir que el asentamiento en la última pasada sea inferior al 1 % del espesor de la capa.

En cada una de las bandas se harán dos ensayos de huella, para verificar que el asentamiento obtenido es menor de 5 mm. (En la capa de transición debe ser menor de 3 mm). Cumplidas ya estas condiciones, se realizarán cinco calas, dos en las bandas de borde, y una en la banda central para determinar las densidades conseguidas en el relleno. Las calas tendrán un volumen superior a 1 m<sup>3</sup>, una superficie en planta superior a 1 m<sup>2</sup>, y una profundidad que afecte a todo el espesor de la capa y sólo al espesor de la capa.

## Validez del procedimiento constructivo

Se acepta el procedimiento constructivo propuesto, si se verifican las tres condiciones expuestas:

a) En el control topográfico realizado en las tres bandas, en todas las determinaciones, el asentamiento provocado por la última pasada de rodillo es inferior al 1 % del espesor de la capa.

b) En los seis ensayos de huella realizados en las tres bandas, el asentamiento obtenido es inferior a 5 mm.

c) En las cinco calas realizadas, la densidad determinada es superior al 95% de la densidad conseguida en el ensayo Proctor Modificado realizado con el material de tamaño inferior a 20 mm.

Aunque el control de la compactación del relleno "Todo uno" se basa en el control del procedimiento, se realizará un control del relleno terminado mediante ensayos de huella. Para ello se define como unidad a controlar una capa de ancho del ancho de la calzada que se este construyendo, y 500 m de longitud. En esta unidad se definirán tres bandas una interior de ancho la mitad del ancho total de la capa, y dos de borde, de ancho la cuarta parte del ancho total de la capa. En cada una de estas bandas se realizara un ensayo de huella.

## Aceptación o rechazo del relleno colocado

El relleno "Todo uno" colocado será aceptado si se ejecuta con el procedimiento establecido para ese tipo de material, y si los tres ensayos de huella dan asentamientos inferiores a 5 mm (3 mm en la zona de transición). **c**

**Referencia:** *Boletín AMIVTAC*, núm. 33, noviembre de 2006.

## PREMEZCLADOS

# Bombeo de concreto a alturas récord

**L**a construcción de un edificio que funcionará como hotel, apartamentos y oficinas y que será el más alto del mundo, resulta un gran reto técnico y logístico. La altura del edificio –el ya famoso Burj Dubai– será de 512 m. La altura final, incluida la antena, superará los 700 m. Se espera concluir el rascacielos en este 2008.

El problema para el proveedor del concreto es que se exigió una resistencia temprana de 10 MPa a las 15 horas, por un lado, y por otro un endurecimiento retardado. La trabajabilidad del concreto se mejoró mediante un superplastificante retardante. Con ello se tuvo un panorama de cambios bruscos. Esto resulta de importancia crucial en los edificios altos donde el concreto puede estar en movimiento en la línea durante 30 minutos, dependiendo de la velocidad de entrega y, todo ello, con bombeo continuo.

En el núcleo central, se colocaron casi 69,000 m<sup>3</sup> de concreto. El material para este fin se debe suministrar a través de dos tuberías. Una de ellas siempre se usó como tubería de reserva. Si la tubería en uso en esos momentos llega a alcanzar su desgaste máximo pero aún puede resistir la presión total, las tuberías se permutan y la de reserva se convierte en la principal del concreto.

En general, se deben bombear algo más de 164,000 m<sup>3</sup> de concreto. Para resistir las altas presiones y elevadas tasas de entrega se usa una tubería DN 150 con diámetro externo de 168.3 mm y espesor de pared de 11 mm. Esta tubería fue diseñada para lograr una presión operativa estática de 250 bares. Cabe decir que para este proyecto se desarrollaron especialmente bombas de concreto de super alta presión que son propulsadas por un motor diesel Caterpillar de 470 KW. Las bombas se diseñaron para una presión máxima del concreto de 320 bares.

El coeficiente de cilindro de suministro a cilindro hidráulico es inferior y se dispone de una presión de reserva suficiente. Con el sellado se puede alcanzar teóricamente el rendimiento máximo de suministro de 71 m<sup>3</sup>/h.

Las bombas de concreto se instalan en una plataforma, desde donde, dos tuberías de entrega suministran concreto a la estructura de la torre. En la obra se tuvieron cuatro tuberías de colocación de concreto, más un soporte por tubería. La permutación se realizó mediante los codos de la tubería de entrega.

La planta de preparación del concreto se encuentra a unos 500 m del lugar de la obra. El concreto se transporta a la obra mediante camiones mezcladores. En la plataforma primaria los camiones mezcladores podían acceder a ella fácilmente. Además, había una zona central de bombeo desde la cual se pudo colocar el concreto en todo el edificio.

Para ofrecer una información más detallada de la bombeabilidad de los concretos usados se eje-

cutó una prueba de bombeo. Para este ensayo se tendió horizontalmente una tubería de 600 m y se midieron las presiones en diferentes puntos de la tubería. Se añadió un componente vertical y de esta manera fue posible definir con bastante claridad las presiones esperadas.

El primer tercio del núcleo central se colocó el 17 de abril de 2005. Para facilitar la preparación del andamiaje de subida, la primera sección de cimbrado de ascenso tenía 5.30 m de altura. Se usó concreto H-80 y una granulometría máxima de 20 mm.

La primera sección de colocación de concreto del núcleo central se terminó en mayo de 2005, iniciándose la estructura del cimbrado de ascenso. Este núcleo central es de subida rápida con el fin de poder continuar con los muros de las alas con la mayor rapidez posible. **C**

**Referencia:** Conferencia de Klaus Mirna en el XI Congreso Hispanoamericano del Concreto Premezclado, Sevilla, España, 7 de junio de 2007.

## PREFABRICADOS

# Biocidas para recubrimiento arquitectónico

**C**onocer las características de este tipo de biocidas, sus formas de actuar en el recubrimiento permite sacarle mayor rendimiento a estas sustancias.

Los recubrimientos arquitectónicos son todos aquellos recubrimientos aplicados en edificios residenciales, comerciales e institucionales. Estos recubrimientos tienen dos funciones. Por un lado mediante el color, contribuyen a la estética de un edificio o a la decoración de componentes estructurales mientras que por otro lado, dan la protección contra las influencias externas tales con la humedad, luz solar, daño mecánico o químico.

El envejecimiento del recubrimiento exterior depende de la calidad del sustrato y del imprimante, así como de los factores ambientales como la luz, calor, frío, humedad y oxígeno que en conjunto generan un conjunto sinérgico. En recubrimientos de interiores, la decoración es la principal función y su envejecimiento se debe frecuentemente a la humedad.

## El sustrato

Los recubrimientos arquitectónicos se aplican en diferentes sustratos como son, madera, metal, plástico y concreto, los cuales deben ser tratados antes de aplicar el recubrimiento y ayudar a disminuir el proceso de envejecimiento.

En la madera, la humedad es el principal problema. Se debe secar y tratar con selladores e imprimantes, en los metales se deben remover los productos de corrosión y se pueden adicionar imprimantes con inhibidores de corrosión. Por su parte, en el concreto, la humedad presente ocasiona eflorescencia y se puede evitar con solo limpiar y secar la superficie a pintar; en los plásticos suele presentarse una baja adhesión del recubrimiento lo que lleva a la delaminación, que se evita con el empleo de promotores de adhesión. El sustrato puede prepararse con imprimantes o empastes que brindan propiedades de adherencia y dejan listo el sustrato para que el recubrimiento arquitectónico de un acabado protector y decorativo.

## Medición de la eficiencia

El método empleado en la medición de la eficiencia de un biocida para protección en envase consiste, en la inoculación semanal de una concentración conocida de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) a una muestra de recubrimiento, por un periodo de tres semanas. Se lleva a cabo un monitoreo semanal mediante siembra en placa y se evalúa al término tomando como criterio de pase un crecimiento nulo de microorganismos.

El método empleado para medir la eficacia de un biocida en aplicación como protector de película consiste en preparar un sustrato involucrado (papel nitro) y luego aplicar la película del recubrimiento que lleva el biocida a probar (diferentes concentraciones). Dicha película se reta con diferentes microorganismos (hongos y algas), principalmente los más comunes en el ambiente donde se aplicara el recubrimiento; se deja incubar por un intervalo de tiempo de 28 días a diferentes temperaturas según el microorganismo en cuestión.

El resultado se obtiene observando el sustrato que no fue atacado por los microorganismos con la menor concentración de biocida. Todos los sustratos que no se pudieron proteger muestran el crecimiento bacteriano, de algas y hongos en superficie. Es importante el uso de un sustrato control, que no lleva biocida, ya que ayuda a determinar el resultado de forma evidente. **C**

**Referencia:** Ing. Miguel Ángel Hernández Cano, Thor Químicos, México. INFRA Latina.

# Guía de calidad para fabricantes de bloques de concreto

4<sup>ta</sup> parte.

**L**a falta de curado en el concreto puede llevar a pérdida de hasta el 50% de la resistencia de la misma mezcla apropiadamente curada. El curado apropiado evita la pérdida de humedad en el concreto, de modo que el cemento pueda hidratarse. El incremento de la temperatura acelerará el tiempo de fraguado y la ganancia de resistencia.

Comúnmente se usa el curado a vapor, ya que provee humedad y alta temperatura. Debe permitirse que los productos fragüen de 2 a 3 horas antes de ser expuestos al vapor. El curado a vapor prematuro puede conducir al endurecimiento de la superficie. Una tasa máxima de 33 °C por hora de elevación (o caída) de la temperatura en el concreto es una buena regla.

Cierre el vapor en el punto de equilibrio, cuando el concreto ya no gane más peso o cuando la temperatura interior del concreto sea igual a la temperatura del aire ambiental del horno. Mientras que el equilibrio típicamente ocurre de 72 a 100° C, el tiempo variará con el tamaño del horno, el tipo de bloque, la tasa de ganancia de temperatura, el aislamiento y temperatura inicial.

Después de cerrar el vapor, el concreto debe de pasar por un periodo de saturación de 4 a 6 horas antes de que baje la temperatura. Puede sacarse el producto del horno tan rápido como pueda manejarse sin dañar el producto. Usted puede usar sondas de temperatura y humedad para evaluar las deficiencias del horno.

A veces se usa dióxido de carbono en el proceso de curado cuando se curan productos de concreto para controlar la eflorescencia por debajo de la superficie del concreto. Este proceso parece ser muy sensible y requiere de una gran cantidad de ajustes para que salga perfecto. Las variaciones en la presión de vapor, la circulación, la densidad del producto, o la tasa de absorción generarán resultados diferentes.

## Aseguramiento de la calidad del producto final

El proceso de producción debe dar como resultado un producto de alta calidad. Es importante para

un productor establecer un programa de pruebas más estricto del producto.

Para productos de concreto se deben de satisfacer los requerimientos mínimos actuales de NMXC-404 para Bloques de Mampostería de Concreto para Muro de Carga. Es adecuado para bloques simples o que no soportan carga.

Al momento de la entrega, los bloques deben tener al menos una resistencia a compresión neta de 133 kg/cm<sup>2</sup> (promedio de tres bloques, sin ninguna rotura individual menor a 119 kg/cm<sup>2</sup> y tasas de absorción menores de 210 kg/m<sup>3</sup> para bloques de peso normal (2027 kg/m<sup>3</sup> o más alta), 243 kg/m<sup>3</sup> para bloques de peso mediano (1702-2026 kg/m<sup>3</sup>), o 291 kg/m<sup>3</sup> para bloques de peso ligero.

El NMXC-404 cubre el muestreo y los métodos de prueba para dimensiones, resistencia a compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad de los bloques. También hay tolerancias adicionales y un requisito máximo de contracción lineal de 0.065% (NMXC-024).

Puede haber ocasiones cuando las especificaciones exijan requisitos más estrictos que los correspondientes a las normas NMX.

Para Bloques de Muros de Retención, el producto debe de satisfacer los requisitos de la ASTM 1372, Especificación Estándar para Bloques de Muros de Retención. Mientras que los requisitos de absorción de agua son los mismos de los bloques ordinarios, el requisito de resistencia mínima es más alto: promedio de 210 kg/cm<sup>2</sup> de tres bloques sin rotura individual con menos de 175 kg/cm<sup>2</sup>.

Para mercados en donde ocurren repetidos ciclos de congelación y deshielo bajo condiciones controladas, el desempeño comprobado en el campo o las pruebas deben de demostrar la durabilidad. Si se especifica una prueba, se requiere ASTM C 1262. La pérdida de peso de cinco especímenes debe de ser de no más de 1% sobre 100 ciclos (o 1.5 % sobre 150 ciclos en cuatro de cinco especímenes).

Algunos departamentos de transportación estatales exigen pruebas de la solución salina versus agua, lo que es mucho más severo. Este método está siendo investigado por su alto grado de variabilidad. Se ha probado que el contenido de cemento, la durabilidad del agregado, la tasa de absorción y la densidad tendrán el impacto más grande en el desempeño en congelación/deshielo. **C**

*El autor, Garry Culton, es especialista en fabricar productos de concreto, consultor certificado de Mampostería con Concreto. (National Concrete Masonry Association). Presta sus servicios en varios comités técnicos para NCMA y ICPI.*

**Referencia:** *The Concrete Producer*, December 2007.