

PAVIMENTOS

## Reciclado de pavimentos asfálticos con cemento

2<sup>da</sup> parte.

**E**n el número anterior se mencionó que las obras que fueron rehabilitadas mediante reciclado con cemento en los últimos 3 años en el estado de Apure, en Venezuela, son 7 y se señaló que: El cemento se distribuyó tanto a granel como en sacos. Para el reciclado se utilizó un equipo con control electrónico de la profundidad de tratamiento. La compactación se llevó a cabo mediante 8 pasadas de rodillo pata de cabra y 9 pasadas de rodillo vibrador y el refino fue con motoniveladora.

La obra se ejecutó en 156 días. La producción promedio fue de 630 m<sup>3</sup>/día, con oscilaciones importantes. Como comentarios sobre el rendimiento de la obra pueden destacarse que existieron dificultades en el suministro de cemento a granel que obligaron a recurrir al empleo de cemento en sacos (125 envíos en sacos y 234 a granel), debido a la demanda por el número de obras que se estaban ejecutando simultáneamente. El rendimiento mejoró cuando otras empresas concluyeron sus obras. El promedio diario fue cercano a los 300 m<sup>3</sup>/día durante las épocas de demanda alta de cemento la cifra anterior aumentó hasta los 800 m<sup>3</sup>/día durante las épocas de baja demanda de cemento.

No se obtuvo una relación clara entre la resistencia a compresión y la densidad, lo que puede ser debido a la variabilidad del material a reciclar a lo largo de la obra. En lo que se refiere a las especificaciones, se han utilizado en distintas obras las de la Norma REPACE (Reciclaje de Pavimentos con Cemento), redactada por el Instituto Venezolano del Asfalto (INVEAS). Entre ellas pueden destacarse las siguientes:

- Las mezclas se diseñan por resistencia a la compresión simple.
- La relación humedad/densidad se obtiene mediante el ensayo Proctor modificado (Norma AASHTO T-180).
- La resistencia mínima es igual a 20 kg/cm<sup>2</sup>, medida sobre probetas compactadas a la densidad de obra.

- La densidad en obra debe ser, como mínimo, igual al 95% de la máxima Proctor modificado.
- El espesor de reciclado ha de estar comprendido entre 15 y 35 cm.
- El curado es mediante riego de agua y productos asfálticos.
- La resistencia mínima en obra del 92% de la de diseño.
- El espesor final con tolerancia del 10% respecto al de proyecto.
- El tiempo para concluir la compactación 4 horas después de añadida el agua.
- Aunque la resistencia de estos materiales aumenta con el tiempo, ello no se tiene en cuenta en el diseño.

Como se ha visto anteriormente, la técnica del reciclado con cemento ha sido ampliamente utilizada en Venezuela. No obstante, todavía se plantean algunas cuestiones sobre la misma, como exigir una resistencia mínima de 45 kg/cm<sup>2</sup>, para obtener valores altos de "coeficiente estructural". Ver si conviene elevar dicha resistencia de 60 kg/cm<sup>2</sup>, por los posibles problemas de agrietamiento excesivo. Plantearse la necesidad o no de disponer juntas transversales para minimizar el agrietamiento. Considerar que no se diseña por mojado-secado y congelamiento-deshielo, sino sólo por resistencia a la compresión, con la energía de compactación del método de ensayo AASHTO T-180. Pensar en emplear aditivos. Considerar el efecto de la cantidad de partículas cubiertas para asfalto procedentes del reciclado sobre la resistencia de la mezcla así como el plazo de apertura al tránsito.

Como problemas que plantea el desarrollo de esta técnica en Venezuela se señalan las siguientes: carencia de equipos estabilizadores en el momento de contratación de las obras; fallas en el suministro de cemento ante demanda excesiva; falta de equipos para el transporte del cemento a granel; carencia de equipos distribuidores de cemento; oposición inicial de algunos contratistas a aplicar esta tecnología; falta de conocimientos sobre diseño de mezclas y control de calidad y control del paso de vehículos sobre la mezcla recién terminada. Aun con estas dificultades, el reciclado de pavimentos asfálticos con cemento mediante el proceso de pulverización y remezclado fue probado en Apure con un resultado satisfactorio. ◻

**Referencia:** Instituto Venezolano del Asfalto, Autor: Gustavo Corredor, *Cemento Hormigón*, núm. 912, marzo de 2008.

# Una visión utópica del futuro

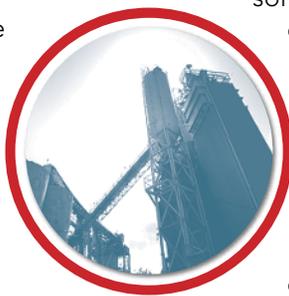
2<sup>da</sup> parte.

**C**ero energía, cero CO<sub>2</sub> y casas prefabricadas sin deterioro estructural son ahora las normas reconocidas a nivel general, así como las estructuras de 200 años son el requisito mínimo en Europa para todas las casas y edificios nuevos. El modo de construir ligero continúa prohibido para la construcción de casas por razones de ahorro de energía y para reducir las emisiones y el riesgo de incendios. La calefacción de las casas y el tratamiento de aguas se realizan a través de sistemas de intercambio geotérmico y fotovoltaico, que ha sido incorporado en la mampostería, en placas de fachadas y en revestimientos de fibrocemento.

Desde que se prohibió el empleo de madera como material de construcción, todas las casas deben contar con techos prefabricados. Los sótanos y entresijos son obligatorios dentro de la planificación. Para la reducción del consumo de energía, los techos de las casas se cubren con placas prefabricadas y tejas de concreto provistas de bisagras en las que hay celdas solares.

Las casas flotantes de concreto están prescritas legalmente en grandes áreas de Europa, especialmente en los Países Bajos. Por su parte, las áreas urbanizadas que habían sido erigidas a comienzos del siglo con construcciones de madera, han sido sustituidas por cubiertas prefabricadas de concreto. Asimismo, las construcciones de elementos prefabricados de concreto son desmontadas y reaprovechadas, y arrendar es un método común para la adquisición.

Todas las áreas urbanas disponen de *Sky cities* en forma de edificios elevados de hasta 60 pisos con elementos prefabricados de concreto. La arquitectura se inclina por un estilo blanco Mediterráneo y las fachadas son hechas con fotograbados personalizados. Los elementos prefabricados inteligentes de concreto son un éxito. Tienen microprocesadores integrados y dispositivos inalámbricos con fines de seguridad además de servir para documentar los proyectos y planos de construcción.



## Construcción subterránea

El uso del espacio subterráneo avanza desde que se logró hacer descender luz solar hasta una profundidad de 60 pisos. Los colectores de aguas residuales y de lluvia están separados entre sí e integrados en un sistema de tubos de concreto. Todas las calles en áreas urbanizadas están pavimentadas con adoquines de concreto y dimensionadas para la nueva generación de tranvías y vehículos eléctricos.

El empleo de adoquines de concreto y materiales de tejado claros, ya especificados, abaten el efecto de islas de calor urbano en todas la ciudades europeas. En las costas existen islas flotantes hechas con placas de concreto celular.

## Plantas de producción

Las plantas de concreto trabajan en forma automatizada las 24 horas y son controladas por láser y robots. Las plantas de producción subterráneas son cotidianas. Todos los colaboradores son capacitados durante su vida laboral en universidades e institutos del concreto.

Para los magnos proyectos de construcción hay plantas móviles de elementos prefabricados de concreto bajo control satelital. Desde hace años se ha implementado en todos los elementos prefabricados de concreto, un micro procesador con las indicaciones completas sobre los componentes de la mezcla y su origen. Los elementos constructivos disponen de etiquetas inteligentes con detalles 3D para facilitar el desmontaje y remontaje, las cuales funcionan en caso de una sobrecarga o daño, también como transmisor de alarma para el director de la planta.

## Conclusión

Según la opinión del autor, la visión de futuro nunca ha sido más importante que hoy. Todo lo que se construya hoy de elementos prefabricados de concreto y bloques tiene un potencial de vida útil de más de 43 años, probablemente más de 100 años. Estos edificios de viviendas y otras estructuras se usarán en un mundo muy diferente al actual. Si verificamos lo que ofertamos –y esto implica un pensamiento estratégico serio y una planificación– estaremos en condiciones de mejorar nuestra ventaja de

competencia, con relación a otros materiales de construcción. **C**

**Referencia:** El título completo de este documento es: "Una visión ficticia al futuro. La industria de los prefabricados en el año 2050". Su autor es el especialista y ejecutivo de British Precast, Martín Clarke. El texto apareció en *Construcción de vivienda y construcción subterránea*. Si quiere contactar con el autor, su correo electrónico es: martin.clarke@britishprecast.org

## MORTEROS

# Mercado del mortero seco premezclado en Europa

2<sup>da</sup> parte.

**S**e están produciendo en Europa morteros mezclados en planta en cerca de 790 fábricas. Alemania, con aproximadamente 180 fábricas, tiene una participación del 23% del mercado, seguida de España (13%), Italia (11%) y Francia (9%). Europa Occidental tiene 625 plantas de mortero y yeso, y Europa Oriental y en la comunidad de estados independientes hay 165 plantas, dominadas por Polonia y la República Checa. La capacidad nominal de las plantas en Europa es de casi 55 millones de t/a, o un promedio de 70,000 t/a por obra, con tamaños que varían en un rango de 20 000 a 400,000 t/a. Una fábrica con un tamaño de 40,000 t/a en una operación de un turno puede producir hasta 150 000 t/a en una operación de 3 turnos. El número de productos producidos y las materias primas usadas juegan un papel importante en la capacidad. La mayoría de los productores podrían elevar sus niveles de producción con sus instalaciones existentes.

### Los últimos años

La producción de 38.2 millones de t/a en el 2002 se ha incrementado a 41.5 millones de t/a, con una tasa de crecimiento compuesto promedio de 1.7%. El crecimiento en Europa Oriental, en

la comunidad de estados independientes y en España ha estado por encima del promedio. La producción en Alemania en el mismo periodo ha caído en 0.8 millones de t/a. España, con una producción de 7.9 millones de t/a, ha reemplazado a Alemania como el mercado más importante. El crecimiento más grande se logró en Europa Oriental y en la comunidad de estados independientes. Con tasas de crecimiento de 2 dígitos al principio del nuevo siglo, el crecimiento es ahora de alrededor de 7-8%. Las exportaciones y las importaciones no juegan un papel importante en Europa, excepto por peculiaridades regionales.

Los morteros para acabados tienen la participación más alta en Alemania con el 40%. El mortero para mampostería representa el 30%, mientras que en Europa es dominante con el 50%. En España, los morteros para mampostería representan más del 85% de los morteros secos mezclados en planta. Las proporciones de mortero para acabado y mortero para pisos son correspondientes y más bajos en Europa que en Alemania. Los morteros para pisos están creciendo en Alemania más que otro tipo de morteros pero también indica un mayor potencial para el mercado en Europa. Existe un incremento de los morteros para pisos que se entregan en camiones mezcladores, particularmente de morteros húmedos mezclados en planta. La participación de morteros convencionales es de aproximadamente 70 euros/tonelada. Los morteros especiales y los premezclados coloreados pueden costar 300 euros/tonelada o hasta 1,000 euros/tonelada. Esto muestra que la industria del mortero seco mezclado en planta, generalmente no es una cuestión de grandes cantidades de producción y de participación del mercado.

Cuando las cifras de producción se comparan con las capacidades nominales, puede verse que la utilización de las plantas de toda Europa es de aproximadamente 75%. Sin embargo, debe de tenerse en cuenta que si el mercado crece, la capacidad en la mayoría de las plantas puede incrementarse de una operación de 2 turnos a una de 3. La más baja capacidad de utilización está en países como Alemania, Austria e Italia, mientras que España, Gran Bretaña y en particular, Europa Oriental, tienen niveles más altos de utilización. **C**

**Referencia:** *Zement, Kalk Gips*, no. 6, 2007. Alemania.

## Preparación de las superficies para protección de acueductos

**E**n las plantas de tratamiento de aguas residuales hay substratos expuestos a ambientes corrosivos, por lo que es necesario usar sistemas de recubrimientos protectores capaces de proteger los substratos y resistir la agresión medioambiental.

El concreto sumergido deberá permitirse curar –cuando es nuevo– por lo menos 28 días antes de aplicar un recubrimiento. Todas las imperfecciones, grietas y oquedades deberán resanarse con una pasta epóxica 100% sólidos. Las juntas de expansión se rellenarán con un compuesto flexible, uretánico o epóxico 100% sólidos.

La preparación de superficie, tanto en el concreto como en el acero, es el elemento más importante para asegurar la durabilidad máxima de cualquier sistema de protección mediante recubrimientos. No debe escatimarse al realizar la mejor preparación posible que el proyecto permita, inspeccionando el estado de la superficie para cumplir con el estándar de referencia. Cabe aclarar que en digestores de aguas negras, donde la variedad de contaminantes es enorme e impredecible así como el rango de pH (que puede ubicarse desde 2 hasta 14), el epóxico alquitrán de hulla, ha sido usado con éxito por años. Sin embargo, debido a preocupaciones ambientales y a la salud de los aplicadores, hay que invertir en un sistema equiparable o superior en cuanto a comportamiento, pero más amigable tanto con los operarios de aplicación y con el medio ambiente, basado en epóxicos bisfenol F catalizados.

A pesar de la baja solubilidad que los recubrimientos epóxicos presentan al ser inmersos en agua potable, es recomendable el uso de recubrimientos aprobados y enlistados en la norma de la NSF, asegurando de esta manera la total inocuidad de los recubrimientos.

Tratándose de servicio de inmersión, deberán seguirse las instrucciones del fabricante de los recubrimientos, referente a la relación de mezcla de los recubrimientos catalizados, el tiempo de inducción antes de la aplicación, el método de aplicación y

el tiempo de curado requerido antes de someter el recubrimiento a una inmersión.

### Recubrimiento exterior de tanques

Este sistema está diseñado para la obtención de los siguientes beneficios: Resistencia a la corrosión; retención de color y brillo; alta duración y fácil mantenimiento. Es recomendable en tanques de concreto para agua y en los de acero para almacenar agua.

### Preparación de superficie

La aplicación de una capa delgada (> 1 mil) de un poliuretano transparente sobre el acabado de poliuretano recientemente aplicado, auxilia pues mantiene el brillo y color originales hasta por un periodo cinco veces superior al normal, cuando no es aplicado este acabado.

La membrana elástica de poliurea es exitosa, tanto en las plantas de tratamiento de aguas como en los acueductos. Los recubrimientos formulados en base a resinas de poliurea tienen las siguientes ventajas: Máxima elongación hasta del 425%; perfecto balance entre resistencia a la tensión y elongación; capacidad de "puentear" las grietas finas existentes y futuras sobre el concreto; excelente resistencia química; secado instantáneo y baja temperatura de aplicación (2°C).

### Usos

Para canales de riego temporales; como membrana geodésica para contenedores o reservorios, lagos artificiales y represa o en ductos de concreto reforzado de gran diámetro. Es adecuada para el servicio de inmersión en tanques aeradores, digestores anaeróbicos, tanques clarificadores, tanto para el acero como para el concreto.

Se requiere un sistema de recubrimientos protectores para cada aplicación en las diferentes etapas de las aguas residuales y acueductos. La preparación de superficie es el elemento del sistema de recubrimiento que afecta la durabilidad del sistema protector. La poliurea es una alternativa viable sobre todo en concreto debido a su capacidad de "puentear" grietas, alta elongación, resistencia a la tensión y rápido retorno a servicio. Cuando sea requerido servicio de inmersión en agua potable para consumo humano, deben usarse recubrimientos aprobados por NSF u otro organismo certificador confiable. **C**

**Referencia:** Texto de Gerardo Gurrola, ingeniero de Sherwin Williams SA de CV, *Infra Latina*, sep-oct 2007.

