

# Productos en Acción

## Concreto 4 X 4™

Una mezcla de concreto altamente trabajable y estable



The Chemical Company

**Mercado:** Pavimentos

**Productos:**

GLENIUM® aditivos reductor de agua de alto rango

DELVO® aditivos para el control de hidratación

POZZOLITH® aditivos acelerantes

RHEOCRETE® CNI aditivo inhibidor de corrosión

*Cuando se trata de trabajos de reparación de carreteras, calles urbanas y aeropuertos, los organismos de vialidad encargados se enfrentan a grandes problemas debidos los grandes volúmenes de tráfico en dichas vías. Es indispensable poder reparar o reemplazar el pavimento deteriorado con una mínima interrupción del tráfico.*

*Las soluciones tradicionales para la construcción, reparación o reemplazo de pavimentos ya no son aceptables universalmente debido a la impaciencia creciente del público ante el cierre de las vías. Dichas soluciones son especialmente problemáticas en áreas urbanas de tráfico pesado.*



BASF Construction Chemicals creó el Sistema de concreto 4 x 4, un método exclusivo para lograr una alta resistencia inicial – 2.8 MPa (400 psi) – y resistencia a flexión en 4 horas con el objetivo de ayudar a satisfacer las demandas de reparación acelerada de pavimentos.

Una de las formas principales de reducir el tiempo de cierre de las vías es utilizando mezclas de concreto que exhiban un rápido desarrollo de la resistencia. La ganancia acelerada de resistencia no está limitada al uso de cementos patentados especiales. Con el sistema de Concreto 4 x 4, ahora es posible obtener tales mezclas utilizando cementos pórtland, agregados y aditivos selectos que pueden conseguirse localmente.

Para la construcción acelerada de pavimentos,



es crucial determinar el tiempo de cierre al tráfico automotor; dicha determinación se basa en la resistencia del concreto (no arbitrariamente en el tiempo transcurrido a partir de la colocación). La resistencia está directamente relacionada con la capacidad de sustentación de carga del material, y es un indicativo de que el pavimento está listo para aceptar tráfico. El indicador más directo de la capacidad de sustentación de carga de un pavimento de concreto es su resistencia a flexión.

Los aditivos de concreto desempeñan una función primordial en la preparación de mezclas que cumplan con los requisitos de resistencia y rendimiento. Los aditivos reductores de agua aumentan la resistencia inicial disminuyendo la cantidad de agua requerida, al mismo tiempo que mejoran la trabajabilidad necesaria para una colocación y un acabado apropiado del concreto. Los reductores de agua dispersan el cemento facilitando una hidratación eficaz del mismo, lo cual también aumenta la resistencia en etapas posteriores. Por su parte, los aditivos acelerantes agilizan el desarrollo de la resistencia inicial y acortan el tiempo de inicio del fraguado gracias a una mayor rapidez de la hidratación. Finalmente, los aditivos para el control de la hidratación permiten el tiempo

**Master  
Builders**

## Concreto 4 X 4™

necesario para poder transportar el concreto desde la planta de mezcla hasta la obra, y además para realizar labores de colocación y acabado adecuadas.

### El reto de Caltrans

Para la reparación de espesor total de pavimentos de autopista, el Departamento de Transporte de California (California Department of Transportation o Caltrans) especifica una mínima resistencia a flexión de 2.8 MPa (400 psi) previo a la apertura de la vía al tráfico. El requisito de 2.8 MPa se basa en el diseño del pavimento y en la experiencia: se sabe que si la losa se somete al tráfico antes de alcanzar la resistencia especificada, se puede comprometer tanto la durabilidad como la vida útil del pavimento reparado.

Cuando se exige un mínimo tiempo de cierre, los ingenieros de Caltrans han especificado utilizar una mezcla de concreto patentada de alta resistencia inicial. Hasta ahora los resultados obtenidos con estos materiales han sido diversos, particularmente en aplicaciones a gran escala. Además, son muy costosos y no pueden obtenerse fácilmente en todas partes. También, estas mezclas son propensas a efectos secundarios (tales como un control insuficiente del tiempo de trabajo) y frecuentemente requieren un proceso de rectificado suplementario para que el viaje sea cómodo. Otro problema que se ha observado es el agrietamiento subsiguiente.

En la primavera del año 2001 la Oficina de Pavimentos Rígidos y Concreto Estructural de Caltrans lanzó un reto a los miembros de la industria del concreto para que crearan materiales menos costosos y más fáciles de usar que las mezclas de concreto patentadas de alta resistencia inicial. La meta era lograr una resistencia a flexión de 2.8 MPa dentro de las 4 horas posteriores a la colocación, utilizando materiales convencionales y disponibles localmente.

### La solución de BASF: El Concreto 4 X 4™

El sistema patentado de Concreto 4 x 4, se basa en el uso de cementos Pórtland selectos que se pueden conseguir fácilmente. Mediante una combinación de los reductores de agua de alto rango GLENIUM®, acelerantes POZZOLITH®, aditivos DELVO® para el control de la hidratación y proporciones de mezclas rediseñadas, el Concreto 4 x 4 satisface los criterios

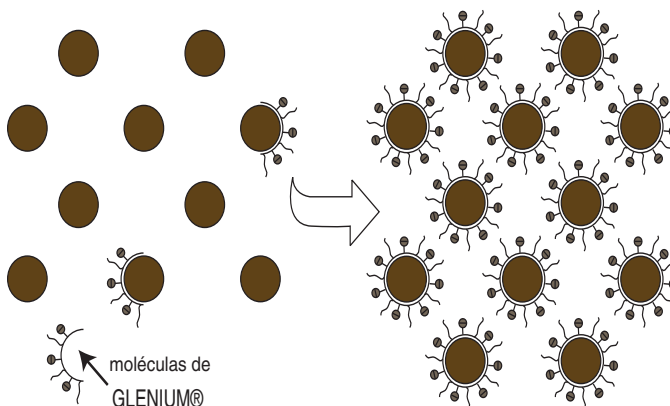


Figura 1 - Dispersión mejorada del cemento debido a repulsión electrostática y estérica

de rendimiento requeridos al mismo tiempo que ofrece ahorros significativos si se lo compara con las mezclas de concreto patentadas de alta resistencia inicial.

GLENIUM es un reductor de agua de alto rango, de cuarta generación, basado en la novedosa tecnología del policarboxilato. Este aditivo proporciona una excepcional reducción del agua y excelente comportamiento de la resistencia inicial, y aumenta la dispersión debido a la acción de fuerzas combinadas de repulsión estérica y electrostática (figura 1). La dispersión mejorada del cemento a bajas relaciones de agua/cementante promueve una hidratación más completa, dando como resultado un desarrollo de resistencia mejorado.

El aditivo de control de hidratación DELVO es una tecnología patentada que prolonga el tiempo de trabajo necesario para el transporte, colocación, consolidación y acabado adecuados del concreto. Al agregarse a un concreto que esté en la fase inicial de hidratación (figura 2), se forma una barrera protectora alrededor de las partículas cementicias (figura 3). —cemento Pórtland, escoria granulada, cenizas volantes y microsílíce, impidiendo así el proceso de hidratación. En palabras sencillas, lo que hace este aditivo es “dormir” el concreto e impedir su fraguado. El añadido posterior de un acelerante “despierta” el concreto (figura 4) y permite la reanudación de la hidratación (figura 5).

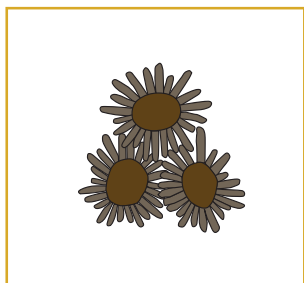


Figura 2 - Hidratación inicial

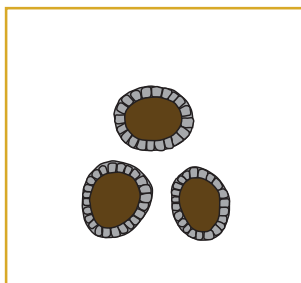


Figura 3 - Hidratación parada

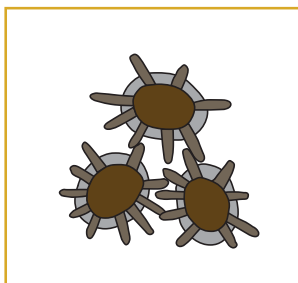


Figura 4 - La hidratación comienza nuevamente

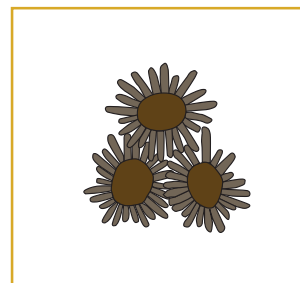


Figura 5 - La hidratación continua

## Concreto 4 X 4™

La combinación de los aditivos GLENIUM® (reductores de agua), DELVO® (control de hidratación), y POZZOLITH® (acelerantes) permitió a Caltrans lograr su objetivo de obtener una resistencia a flexión de 2.8 MPa en un tiempo de 4 horas después de la colocación utilizando un cemento Portland disponible localmente.

En el pasado, las mezclas ordinarias hechas con cemento Portland no podían satisfacer el requisito de alta resistencia inicial sin sacrificar el tiempo necesario de trabajo, colocación y acabado. Generalmente las mezclas de concreto a base de cemento Portland requieren un mínimo de 24 horas, y frecuentemente de 5 a 14 días para lograr una resistencia suficiente que permita reanudar el servicio del concreto. Con el desarrollo de novedosos aditivos como GLENIUM y DELVO, ahora es posible utilizar materiales fácilmente disponibles para cumplir con los estrictos requisitos de la pavimentación, con apertura rápida al tráfico.

### Losas de demostración

Durante varios meses BASF, condujo pruebas de laboratorio a fin de explorar diferentes combinaciones de materias primas y proporciones de mezcla. Simultáneamente se llevaron a cabo pruebas de campo en cooperación con productores de cemento, abastecedores de mezclas y contratistas. A principios de septiembre del año 2001, BASF estaba listo para demostrar el concepto del Concreto 4 X 4™ a Caltrans.

La mezclas de las losas de demostración contenían 415-475 kg/m<sup>3</sup> (700-800 lb/yd<sup>3</sup>) de un cemento Tipo III fácilmente disponible y un agregado de tamaño máximo de 25 mm (1 pulg.). Se mantuvo una relación agua/cementante menor de 0.40, y se incorporaron a la mezcla los siguientes aditivos: GLENIUM® (reductor de agua de alto rango) POZZOLITH® (acelerante) y DELVO® (control de la hidratación). La mezcla se entregó en un camión premezclador, y exhibió un asentamiento de 125 mm (5 in) y alta trabajabilidad. A las 4 horas, la resistencia a flexión de las vigas de prueba fue de 3.3 MPa (480 psi); la resistencia objetivo era 2.8 MPa (400 psi). Para ensayar la resistencia, se hizo pasar un camión premezclador cargado sobre la losa aproximadamente después de 4 horas y 20 de la

Tabla 1- Resultados de las vigas de prueba

Tiempo de curado	Resistencia a flexión, MPa ( psi )			
	Viga 1	Viga 2	Viga 3	Promedio
3 horas	2,90(420)	3,20(465)	2,70(390)	2,95(430)
4 horas	3,20(465)	3,35(485)	3,50(510)	3,35(490)
5 horas	3,70(535)	3,75(545)	3,50(510)	3,65(530)
8 horas	4,30(625)	4,10(595)	4,30(625)	4,20(610)
24 horas	4,50(655)	4,40(640)	4,50(655)	4,45(645)

colocación. No se observó agrietamiento. El día de la colocación (que fue inesperadamente cálido) la mezcla conservó su trabajabilidad durante unos 40 minutos durante su colocación y no se observaron problemas de acabado.

Tabla 2 - Valores promedio en la Interestatal 405

Criterio	MPa	Psi
4 horas, flexión	3,3	480
24 horas, flexión	5,9	855
28 días, flexión	8,6	1250
4 horas, compresión	28,5	4130
24 horas, compresión	53,4	7740
28 días, compresión	56,9	8250

### Estudio de un caso

A mediados de septiembre de ese mismo año se colocaron losas de prueba en la autopista Interestatal 405 en horario nocturno; la losas cumplían con las especificaciones del Proyecto 07181504 de Caltrans. Las proporciones de mezcla fueron básicamente idénticas a las de las losas de demostración, con un asentamiento de 240 mm (9.5 in) y buena trabajabilidad.

A fin de realizar los ensayos de resistencia a flexión, se fabricaron varios grupos de vigas que fueron aisladas después del vaciado. Los ensayos se realizaron 3, 4, 5, 8 y 24 horas después de la colocación. La resistencia objetivo era 2.8 MPa (400 psi) a las 4 horas durante las temperaturas nocturnas. En la tabla 1 se muestran los resultados.

La resistencia a flexión continuó aumentando hasta llegar a 6.4 MPa (930 psi) después de 7 días y 6.8 MPa (990 psi) después de 28 días.

Tanto el productor de concreto como la cuadrilla de obreros que colocó la muestra coincidieron sobre la gran facilidad de uso del Concreto 4 x 4. El material exhibió alta trabajabilidad, y nuevamente no hubo problemas de acabado.



Camión premezclado completamente cargado sobre una losa con Concreto 4x4, 4 horas después de colocación

## Concreto 4 X 4™

Dado que se cumplieron con todos los criterios de desarrollo y que no hubo problemas en los trabajos de preparación de lotes, transporte, colocación o acabado del concreto, se permitió el uso adicional del Concreto 4 x 4 en el proyecto de la Interestatal 405. Para todas las colocaciones posteriores se alcanzó la resistencia a flexión objetivo de 2.8 MPa (400 psi) en un lapso de 4 horas después de la colocación. En la tabla 2 se muestran los datos de ganancia promedio de resistencia para todas las colocaciones en la Interestatal 405.

Cuando se utilizó el Concreto 4 x 4 en la Interestatal 405, la rapidez de producción aumentó continuamente conforme las cuadrillas se fueron familiarizando con el material. El ingeniero residente manifestó que los camiones se vaciaron en la obra y que no hubo problemas con el manejo del material. Asimismo, no hubo necesidad de tratar la superficie de las losas para alisar la vía.

Los integrantes de Caltrans declararon lo siguiente: "Durante la producción se pudo comprobar el excelente desempeño de la mezcla. Se alcanzó la resistencia objetivo y nunca se observó agrietamiento a pesar de que el ingeniero residente examinó las losas de concreto en repetidas oportunidades. Las cuadrillas pudieron trabajar con el concreto sin necesidad de recibir ningún adiestramiento especial. Todas las operaciones del proceso-colocación, texturización y curado del concreto- resultaron todo un éxito".

### Características y beneficios del concreto 4 X 4™

- Desarrollo acelerado de la resistencia
- Elevada resistencia máxima
- Utiliza materiales fácilmente disponibles: cemento Pórtland, cementos patentados económicos
- Utiliza agregados selectos fácilmente disponibles
- Es menos costoso que las mezclas de concreto patentadas de alta resistencia inicial
- La hidratación controlada permite amplio tiempo para la entrega, colocación y acabado
- Puede entregarse desde un camión hormigonera estándar

### BASF Construction Chemicals

Latinoamérica Norte

**México** - Av. Insurgentes sur 975, México

Tel: ( 55 ) 5325 5643 – [www.basf-cc.com.mx](http://www.basf-cc.com.mx)

**Costa Rica** Parque Industrial Zeta de Alajuela, Alajuela

Tel: 506-2440-9110 – [www.centroamerica.basf-cc.com](http://www.centroamerica.basf-cc.com)

**Panamá** Calle 50 Torre Global Park, Piso 12, Of. 12-04 , San Francisco

Tel: 507-300-1360 - [www.centroamerica.basf-cc.com](http://www.centroamerica.basf-cc.com)

**Puerto Rico y el Caribe** Carr. 183 Km. 1.7 Caguas, Bo. Tomas de Castro, Puerto Rico

Tel: 1 787-258 2737 - [www.caribbean.basf-cc.com](http://www.caribbean.basf-cc.com)

**Rep. Dominicana** Gustavo Mejía Ricard # 11, Ed. Rogama, 3er piso, Sto Domingo

Tel: 809 334-1026 - [www.basf-cc.com.do](http://www.basf-cc.com.do)

- Trabajable y fácil de manejar
- Asentamiento controlado
- Requiere muy poca vibración para la consolidación
- Requiere poco o ningún rectificador para mejorar la rugosidad
- Acorta el tiempo de apertura al tráfico

### Aplicaciones

Entre las aplicaciones actuales figuran la reparación de espesor total de pavimentos de autopistas, pavimentos de aeropuertos, calles urbanas e intersecciones, y fundaciones y cimientos para equipos pesados. Entre otras aplicaciones potenciales del Concreto 4 x 4 se mencionan sobrecarpetas (whitetopping), sobrecarpetas ultradelgadas, sobrepisos de tableros de puentes y reparaciones de estacionamientos.

### Referencias bibliográficas

1. Informe del American Concrete Institute ACI 325,11R-01: "Accelerated Techniques for Concrete Paving", marzo de 2001.
2. "Rapid Strength Pórtland Cement Concrete" por Tom Pyle, P.E. y Robert Sugar, California Department of Transportation, Materials Engineering and Testing Services, noviembre de 2001.
3. "Pórtland Cement Based Fast-Setting Concrete Demonstration" por Tom Pyle, P.E., California Department of Transportation, Office of Rigid Pavement and Structural Concrete, septiembre de 2001.
4. "4 X 4 Concrete", por James Anderson, BASF Construction Chemicals., presentado en la conferencia Caltrans & WSCACPA Concrete Pavement, diciembre de 2001.

### Más información

Si desea más información sobre el Concreto 4 X 4, comuníquese con el representante local de BASF.

*BASF Construction Chemicals, es el proveedor líder de aditivos innovadores, en la especialidad de concreto para ser usados en, premezclados, prefabricados y en productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Se usa la reconocida línea de productos Master Builders para mejorar la colocación, bombeo, acabado, apariencia y características de desempeño del concreto.*