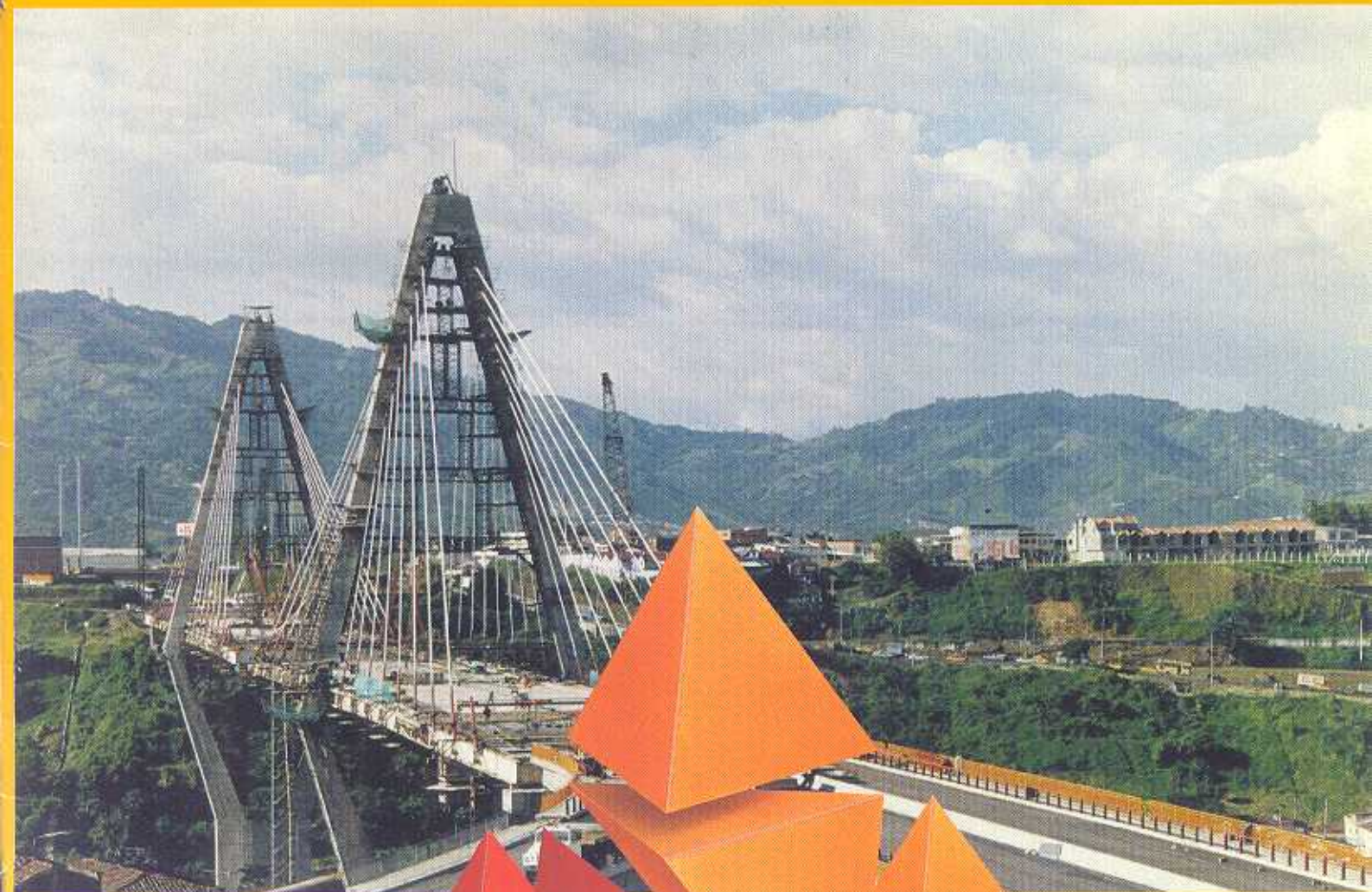


Conceptos y Tecnología Sika para la Producción de Concretos de Alta Resistencia Inicial



Adecuada trabajabilidad

Alta durabilidad
(Sin cloruros)

Rápida puesta en servicio

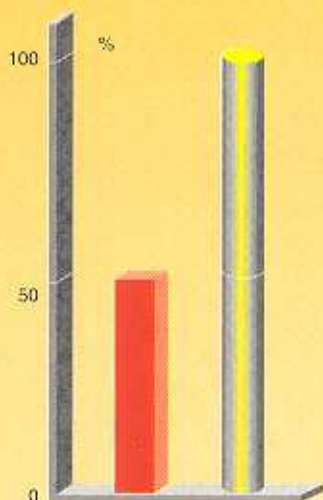
Rápido endurecimiento



Concretos de Alta Resistencia Inicial y sus Aplicaciones

¿Qué es resistencia inicial?

Es la resistencia alcanzada por un concreto durante las primeras 6 a 12 horas a 20°C; 12 a 24 horas a 10°C ó entre 24 y 48 horas a 5°C.



Como se puede ver en el gráfico, las probetas normales de concreto no son apropiadas para verificar la resistencia temprana dentro de las primeras 6 a 12 horas (20°C). La resistencia real de la estructura es 2 a 3 veces mayor dependiendo de la sección de cada elemento. En la práctica, especímenes de adecuado tamaño son elaborados para extraer núcleos o testigos de ellos.

Resistencia a la compresión después de 10 horas

- Cilindro de 6" x 12"
- Núcleo ø 65 mm (de la estructura)

La tasa de endurecimiento del concreto es el principal factor determinante tanto del rendimiento de producción de una planta de prefabricación, como del tiempo de puesta en uso de superficies con tráfico como puentes, vías y autopistas.

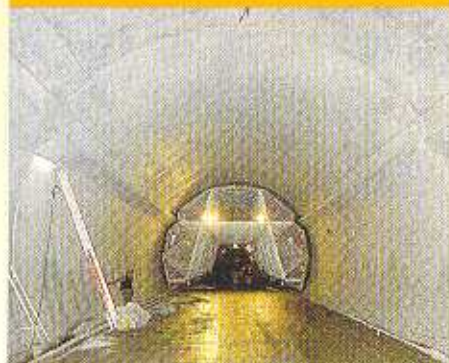
Elementos elaborados con concreto de altas resistencias iniciales pueden ser desmoldados, transportados y cargados más rápidamente.

Esto proporciona a nuestros clientes importantes beneficios en ahorro de tiempo.

Aplicaciones de concreto de alta resistencia inicial

Concreto premezclado o mezclado en sitio

- ▲ Rápida rotación de encofrados
- ▲ Rápido terminado de superficies de concreto
- ▲ Rápido pretensionamiento a bajas temperaturas
- ▲ Rápida ganancia de resistencia al congelamiento
- ▲ Rápido postensionamiento



Elaboración de elementos prefabricados

- ▲ Cortos tiempos de desencofrado
- ▲ Rápido transporte de elementos producidos
- ▲ Grandes rendimientos de producción al día
- ▲ Menor número de encofrados al día
- ▲ Costos reducidos de energía por curado al vapor
- ▲ Rápida liberación del pretensionamiento al concreto



Reparación de superficies de concreto para tráfico

- ▲ Rápida puesta en uso
- ▲ Cortos períodos de bloqueo de vías en zonas de abundante tráfico
- ▲ Reparaciones durante períodos de bajo tráfico en las vías (Sistema Fast Track)
- ▲ Sistema White Topping



Teoría del Endurecimiento del Concreto

Los principales factores que inciden en el desarrollo temprano de resistencias a compresión son:

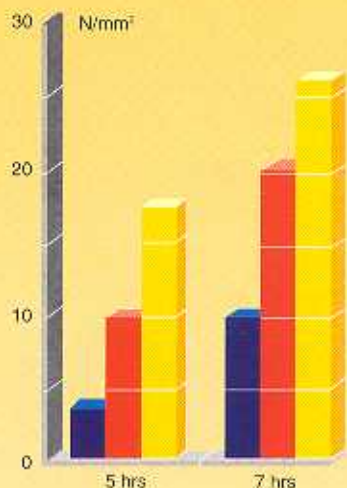
Tipo de Cemento

- ▲ Composición Química
- ▲ Finura (Blaine y retenido en tamiz 325)

Resistencia del concreto a 32°C en especímenes de 6" x 12" almacenados a 50°C.

Cementos tipo

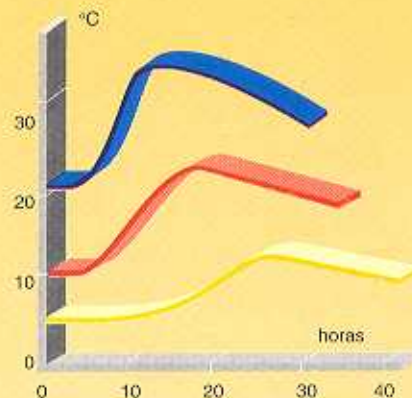
- CEM I 32,5 MPa
- CEM I 42,5 MPa
- CEM I 52,5 MPa



Temperatura del Concreto

- ▲ Temperatura inicial
- ▲ Pérdida de calor
- ▲ Tipo de encofrado
- ▲ Curado

Desarrollo de calor en el concreto a diferentes temperaturas iniciales (Medida semiadiabática de calor)

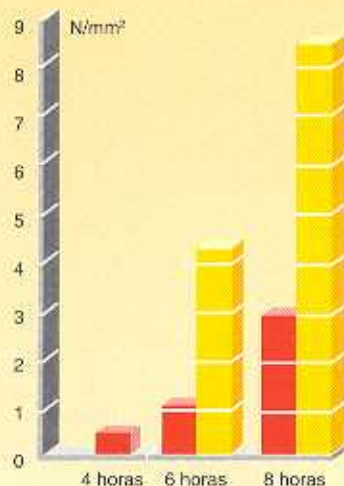


La relación agua-cemento

- ▲ Agua en exceso que aumenta la capilaridad
- ▲ Distancia entre las partículas de cemento

Desarrollo de resistencias a compresión del concreto con el mismo asentamiento.

■ w/c = 0,58
■ w/c = 0,47

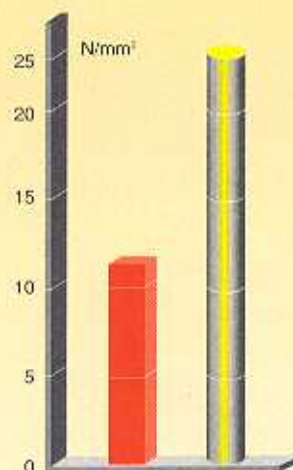


Dimensión del elemento construido

- ▲ Sección transversal
- ▲ Volumen total y superficie expuesta
- ▲ Susceptibilidad de pérdida de calor

Resistencia a compresión del concreto (después de 10 horas) usando diferentes especímenes.

■ Cilindro 6" x 12"
■ Núcleo ø 65 mm (de la estructura)



Curado

- ▲ Nivel de hidratación
- ▲ Velocidad de hidratación del cemento



Buen nivel de hidratación (aprox. 90%)



Bajo nivel de hidratación (aprox. 70%)

Concreto con diferente almacenamiento y curado.

Tecnología para concreto de alta resistencia inicial

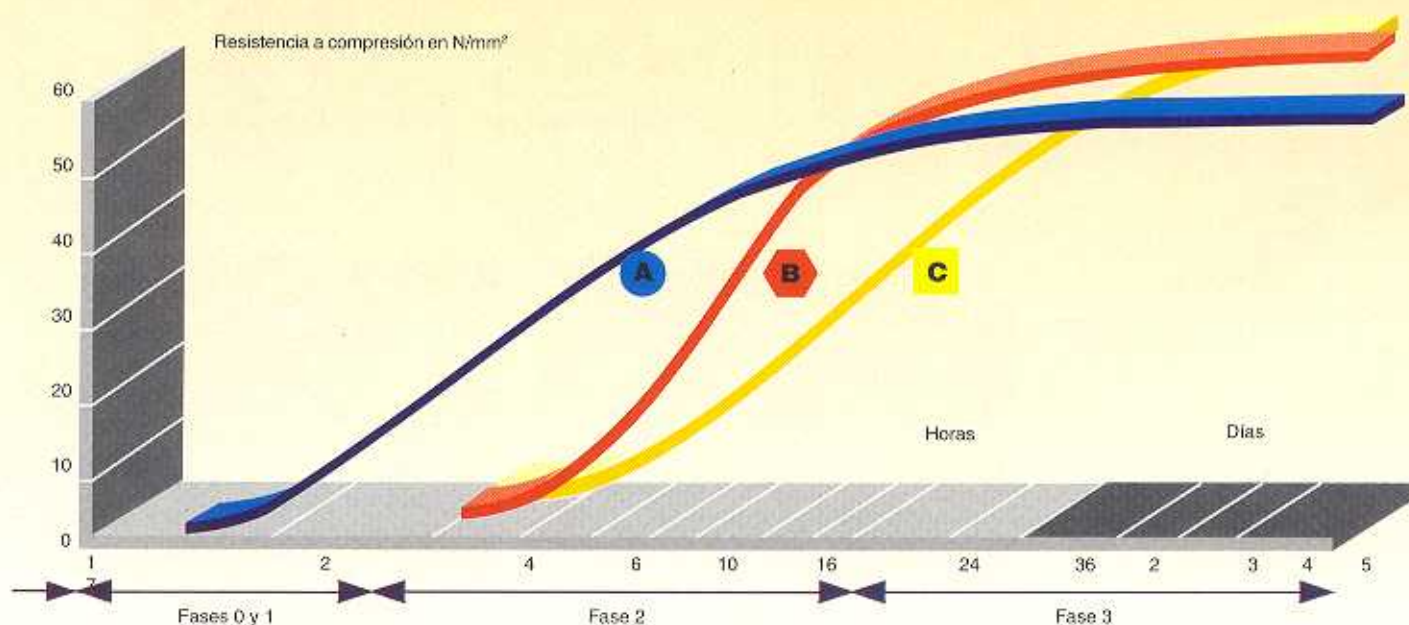
Fases del desarrollo de resistencias

El desarrollo de resistencias en un «concreto convencional» (sin aditivos) con cemento Portland puede ser explicado en términos simples como se describe a continuación:

Fase	Tiempo (a 20°C)	Características del concreto	Trabajabilidad	Desarrollo de resistencias
Fase 0	Inmediatamente después de la adición del agua	Concreto fresco	Buena	_____
Fase 1	Aprox. 0 - 20 minutos	Concreto no fraguado	Endureciendo pero aún trabajable	Concreto «verde»
Inicio fraguado	Aprox. 2 - 4 horas		Límite de trabajabilidad	Inicio de fraguado
Fase 2		Concreto fraguado joven	No es posible mezclar, vibrar o compactar	Resistencias iniciales
Fase 3	Aprox. 1 día	Concreto endurecido	_____	Importante desarrollo

Las altas resistencias iniciales pueden ser obtenidas mediante el correcto uso de acelerantes. Puede obtenerse el incremento de las resistencias de tres maneras:

- A** Acortando el inicio del fraguado (actuando sobre las fases 0 y 1)
Ej: Acelerantes de fraguado para concreto lanzado (Sigunit)
- B** Acelerando el proceso de endurecimiento (Fases 2 y 3)
Ej: Acelerantes de endurecimiento en concreto estructural (Sikament-HE 200, SikaRapid 1)
- C** Reduciendo la relación A/C (Sikament)



Proceso de endurecimiento rápido del concreto

La producción de concretos de muy alta resistencia inicial, implica altos costos de inversión para los ingenieros, productores del concreto o contratistas, en la planeación (P), instalaciones fabriles necesarias (I) y requerimientos de energía. (E)

Procesos	Cementos rápidos	Super-plasticantes	Acelerantes de endurecimiento	Concreto caliente	Tratamientos térmicos
Tipo de aceleramiento					
Costo	Alto (P/I)	Bajo	Medio (P)	Alto (I/E)	Alto (I/E)
Temperatura normal del concreto	5-20°C	> 5°C	5-30°C	> 25°C	> 20°C
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Muy rápido desarrollo de resistencias ▲ Efectivo aún a bajas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Reducción del agua en exceso ▲ Altas resistencias finales 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Bajas dosis ▲ Efecto controlable ▲ No afecta la trabajabilidad ▲ No hay reducción de resistencias finales 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Rápido inicio de fraguado ▲ Rápida hidratación del cemento ▲ Rápido desarrollo de resistencias 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Independiente del tipo de cemento ▲ Muy altas temperaturas en el concreto
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Muy poca trabajabilidad ▲ Aumenta tendencia a retraerse y fisurarse ▲ Silo de almacenamiento adicional 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ El inicio del fraguado depende del cemento y la temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ El inicio del fraguado depende del cemento y la temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Muy rápido endurecimiento ▲ Altos costos de energía 	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Muy alto costo de energía ▲ Sólo para producción a escala industrial
Propuesta Sika	SikaCem-501 Sika Patch 4	Línea Sikament Sikament-HE 200	Sika Rapid-1 Sikament-HE 200	Sikament-HE 200, Sika Rapid-1 Línea Sikament	

Aplicación en construcción

Procesos	Cementos rápidos	Super-plasticantes	Acelerantes de endurecimiento	Concreto caliente	Tratamientos térmicos
Concreto premezclado o mezclado en obra	—	▲	▲	(Limitado)	—
Prefabricación	▲	▲	▲	▲	▲
Reparaciones	▲	▲	▲	(Limitado)	—

(Limitado) = Consultar con nuestro asesor técnico

Concreto premezclado de alta resistencia inicial

La obtención de un buen tiempo de trabajabilidad en un concreto de alta resistencia inicial y largos tiempos de transporte a altas temperaturas se obtiene normalmente mediante la adición de un plastificante retardante (Plastiment, Plastocrete) o superplastificante-retardante (Sikament 320). Solución diametralmente opuesta a la consecución de altas resistencias iniciales!

La nueva solución Sika: SikaRapid-1 / Sikament HE-200

▲ Acelerante de endurecimiento que promueve las resistencias iniciales sin afectar las otras propiedades del concreto fresco (plasticidad, fraguados, etc)

Ventajas de la nueva generación de acelerantes

- ▲ Gran incremento de las resistencias entre 6 y 24 horas
- ▲ Ningún efecto negativo sobre las propiedades del concreto fresco
- ▲ No hay reducción en las resistencias finales (como con acelerantes tradicionales)
- ▲ Efectividad dentro del rango de 5°C a 30°C
- ▲ Puede combinarse con otros aditivos (Plastiment, Plastocrete, Sikament, SikaAer, SikaFume, etc)

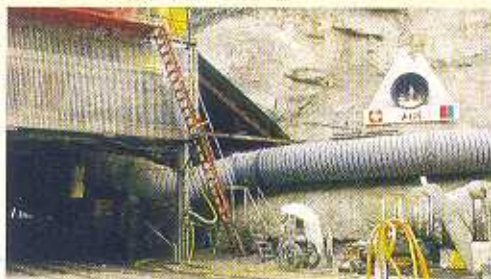
Referencia: Túnel Piora de exploración para el Túnel Gotthard. (Suiza)
Concreto de solera de alta resistencia inicial.

Requerimientos:

- ▲ Resistencia a la compresión: 350 kg/cm² a 28 días
- ▲ Resistencia a la compresión $f_c=50$ kg/cm² después de 5 horas para máxima velocidad de perforación (Temperatura del concreto 20°C)

Problemas:

- ▲ Tiempos de transporte se incrementan con el progreso del túnel hasta más de 1 hora.
- ▲ Los rieles guía son fijados 3 a 4 horas después de colocado el concreto
- ▲ Concreto de base es cargado después de 5 a 6 horas debido al paso del equipo de excavación.



Referencia: Jungfrauoch, 3571 m.s.n.m. (Suiza)

Base para línea del teleférico.

Requerimientos

- ▲ **Concreto con resistencia a la compresión: 350 kg/cm² a 28 días**
- ▲ **Máxima velocidad del encofrado deslizante**
- ▲ **Suave consistencia del concreto con alta fluidez (dificultades de colocación)**

Problemas:

- ▲ Altas resistencias iniciales para el deslizado a bajas temperaturas (15°C)
- ▲ Uso de cementos tipo I solamente
- ▲ A la máxima velocidad de deslizado el concreto emerge bajo el encofrado después de 5 horas.



Referencia: Túneles de Chingaza, 3100 m.s.n.m. (Colombia)

Revestimiento definitivo en concreto hidráulico.

Requerimientos

- ▲ **Concreto con resistencia a la compresión: 280 kg/cm² a 28 días**
- ▲ **Retiro de encofrado en 12 horas**
- ▲ **Gran bombeabilidad**

Problemas:

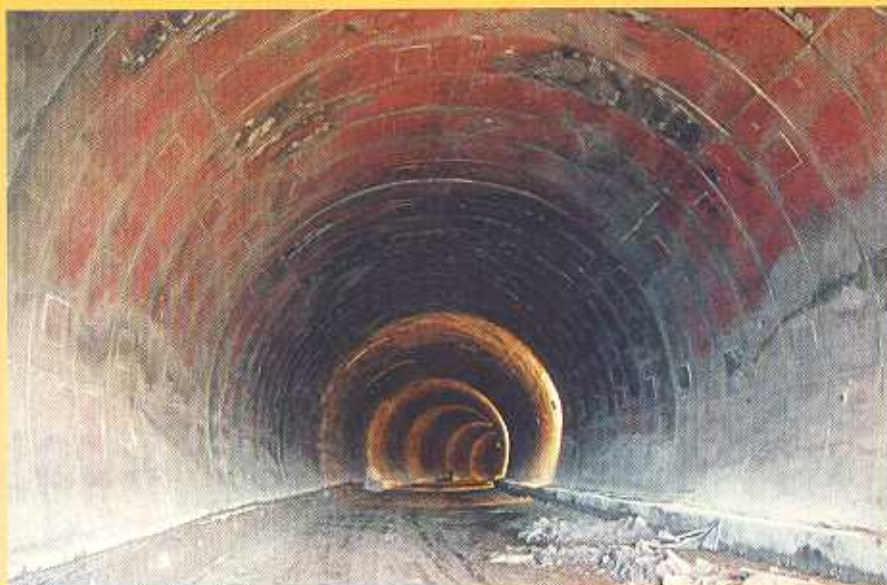
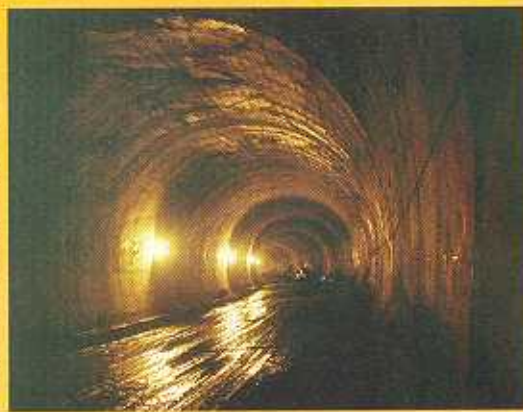
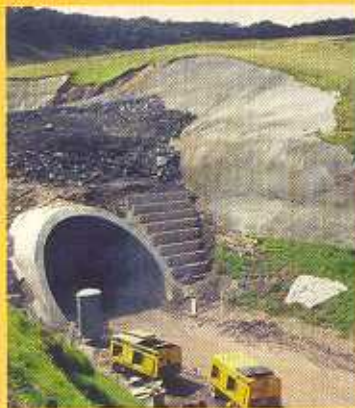
- ▲ Bajas temperaturas (10°C)
- ▲ Alta humedad atmosférica
- ▲ Uso de concretos con cementos tipo I solamente



Referencia: Revestimiento definitivo en concreto hidráulico, Túnel Boquerón, Autopista Bogotá - Villavicencio (2.500 metros de longitud)

Requerimientos:

- ▲ Resistencia a 28 días, $f'c$ superior a 280 kg/cm^2
- ▲ Alta bombeabilidad para máximo rendimiento de colocación de hasta 320 m^3 en vaciado de nichos y 180 m^3 en secciones normales
- ▲ Concreto a la vista, excelente acabado
- ▲ Maximizar rendimiento en la ejecución de la obra, gracias a la colocación de 26.000 m^3 de concreto en 6 meses
- ▲ Desencofrado de bóvedas entre 9 y 14 metros de ancho a las 8 y 12 horas de mezclado con una resistencia mínima de 50 kg/cm^2 a compresión
- ▲ Temperatura ambiental, menor a 10°C debido a su ubicación a 2.900 m.s.n.m. , punto más alto de la nueva vía



Referencia: Intercambio Vial Carabineros, Medellín. (Colombia)

Requerimientos:

- ▲ **Concreto con resistencia a compresión superior a 280 kg/cm² a 48 horas (pos-tensionado) y 400 kg/cm² a 28 días.**
- ▲ **Gran bombeabilidad**

Problemas:

- ▲ Tiempo de bombeabilidad mínimo de 1 1/2 horas a 25°C.
- ▲ Obtención de tiempos de fraguado similares al concreto no acelerado.
- ▲ Uso de cemento tipo I solamente.



Referencia: Viaducto, Autopista Bogotá - Villavicencio. (Colombia)

Requerimientos:

- ▲ **Concreto con resistencia a compresión superior a 280 kg/cm² a 48 horas.**
- ▲ **Muy alta fluidez, asentamiento mayor a 20 cms.**
- ▲ **Dificultad de colocación y congestión de refuerzo.**

Problemas:

- ▲ Tiempo de trabajabilidad superior a 1 1/2 horas a 30°C.
- ▲ Gran altura de descarga, susceptibilidad de segregación.
- ▲ Uso de cementos tipo I solamente.



Productos Sika en el concreto premezclado de alta resistencia inicial:

Sikament-HE 200	Superplastificante con acelerante de resistencias. Promueve el rápido desarrollo sin afectar resistencia final.
SikaRapid-1	Nueva generación de acelerantes de resistencias. Puede ser usado en combinación con plastificantes no retardantes para promover altas resistencias iniciales.
Sikament-N Sikament-FF	Reductores de agua de alta capacidad para resistencias iniciales.
Sikament-320	Superplastificante retardante de tiempo extendido de trabajabilidad.
SikaFume	Aditivo en polvo basado en la tecnología Sika de humo de sílice. Mejora las propiedades de cohesividad, trabajabilidad y durabilidad.
Sikacrete	Aditivo en polvo para concreto basado en la tecnología de la microsíllice. Mejora la trabajabilidad, cohesividad, impermeabilidad y la durabilidad del concreto.
SikaAer D Fro-Be	Incorporadores de aire para la producción de concretos resistentes a congelamiento y deshielo. Usado con Sikament proporciona concretos durables.
Antisol Sikacure	Agentes curadores para reducir la evaporación del agua.

Concretos de alta resistencia inicial prefabricados

Referencia: Túnel de Presión, Cleuson-Dixence. (Suiza)
**Producción de segmentos del túnel, Método de perforación Tunnel
 Boring Machine (TBM)**

Requisitos:

Resistencia a la compresión:
 $f_{cd} > 450/350 \text{ kg/cm}^2$
Concreto impermeable al agua
Resistencia a la tracción:
 $f_{ct} > 160 \text{ kg/cm}^2$ desde
 4 horas
Alta producción
**Facilita la reutilización de
 moldes**

Alta trabajabilidad
 Durabilidad de 20 minutos a 30°C.
 Resistencia requerida para el izado de
 segmentos (peso propio)



Productos Sika en la producción de prefabricados:

HE 200	Superplastificante con acelerante de endurecimiento
HE-1	Acelerante de resistencias de nueva generación, se recomienda su uso con un plastificante.
FF	Reductor de agua de alto poder para prefabricación.
	Aditivo en polvo para concreto basado en la tecnología de la microsílíce. Mejora la trabajabilidad, cohesividad, impermeabilidad y la durabilidad del concreto.
	Agente inclusor de aire para la elaboración de concretos de baja permeabilidad, debe usarse junto con aditivos plastificantes o superplastificantes.

Referencia:
Producción de
Borinas

Requisitos:

- ▲ **Resistencia a la compresión:**
- ▲ **Concreto impermeable al agua**
- ▲ **Resistencia a la tracción:**
- ▲ **Alta producción**
- ▲ **Rápido endurecimiento**

Problemas:

- ▲ Trabajabilidad
- ▲ Alta resistencia para el izado de los elementos



Productos:

- Sikament
- SikaRapi
- Sikament
- Sikacrete
- SikaAer
- Fro-Be

**Referencia: Planta de prefabricación Preconsa,
Hermosillo, Estado Sonora. (México)**

Requerimientos:

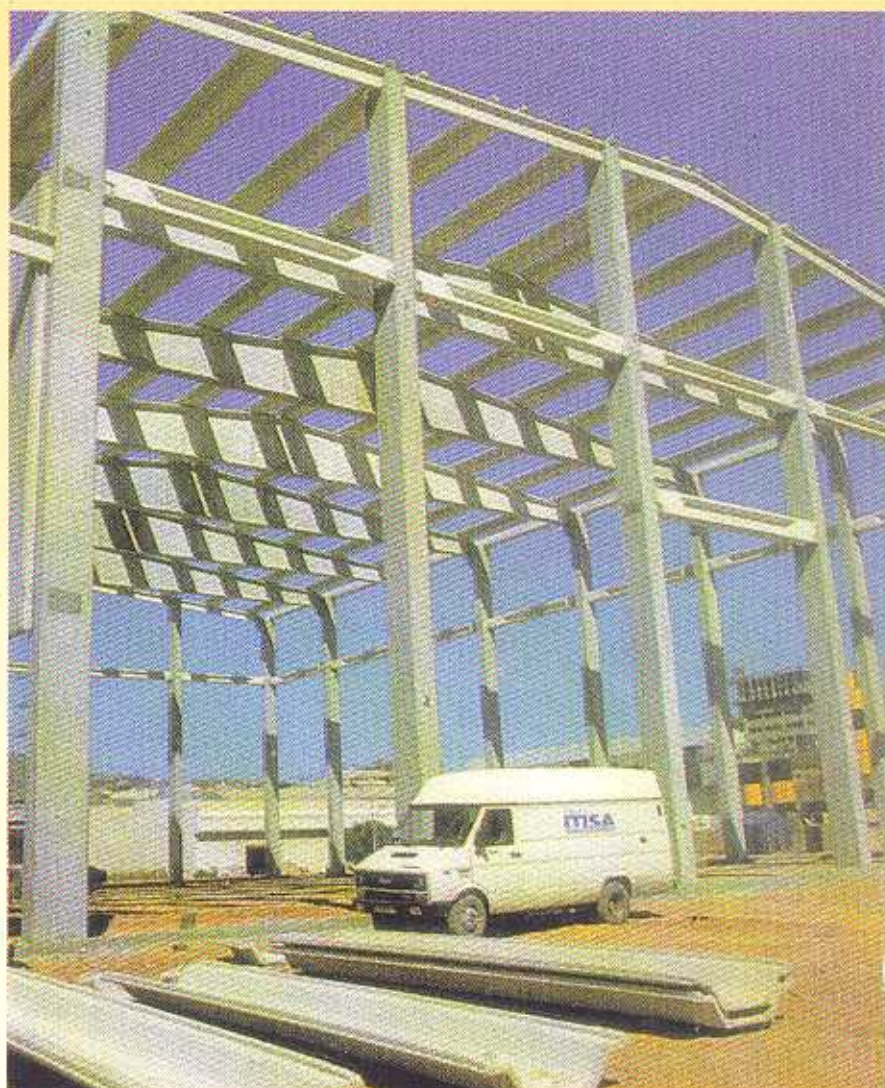
- ▲ Alta resistencia a los 28 días dependiendo de la aplicación
- ▲ Retiro de encofrado en 12 horas
- ▲ Alta fluidez para lograr acabados arquitectónicos agradables
- ▲ Asentamiento de cono superior a 20 cms a relaciones A/C bajas
- ▲ Resistencia requerida a 24 horas: 80% de $f'c$ para permitir corte de cables de tensionamiento
- ▲ Amplia variedad de productos: columnas, vigas, muros fachada, tilt up, pilotes, secciones Aashto



Referencia: Planta de prefabricación Itisa, México D.F.

Requerimientos:

- ▲ Resistencia de diseño a 28 días superior a 280 kg/cm^2
- ▲ Retiro de cimbras y encofrado máximo a 12 horas con el 80% de $f'c$ mínimo
- ▲ Concreto arquitectónico a la vista, alta fluidez requerida
- ▲ Amplia variedad de productos elaborados: columnas, vigas delta y convencionales, prefabricados para naves industriales



Concreto de reparación de alta resistencia inicial

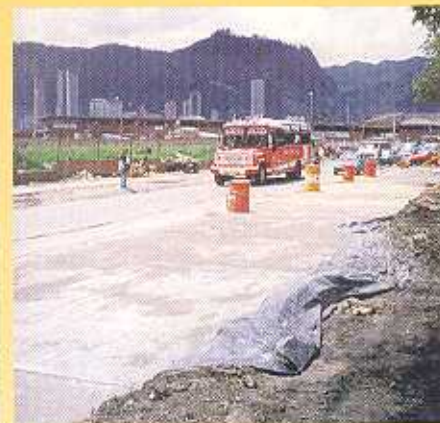
Referencia: Rehabilitación de los pavimentos de concreto de la calle 19, Santa Fe de Bogotá. (Colombia)

Requerimientos:

- ▲ **Concreto con resistencia a compresión superior a 175 kg/cm² a 12 horas**
- ▲ **Nula fisuración**
- ▲ **Resistencia a flexión superior a 24 kg/cm² a 12 horas de colocado**

Problemas:

- ▲ Horario de trabajo nocturno exclusivamente.
- ▲ Temperatura ambiente 10 a 13°C.
- ▲ Tiempo de transporte y descarga 2 horas.



Referencia: Reparación pavimento rígido del peaje Las Palmas, Medellín - Rionegro. (Colombia)

Requerimientos:

- ▲ **Resistencia a compresión superior a 280 kg/cm² a 3 días**
- ▲ **Apertura al tráfico en 3 días**

Problemas

- ▲ Tiempo de transporte superior a 1:30 horas
- ▲ Reparación de la totalidad del pavimento
- ▲ Tráfico de 10.000 vehículos por día



Productos Sika en la reparación de estructuras en concreto:

Sikament-HE 200	Superplastificante con acelerante de endurecimiento
SikaRapid-1	Acelerante de resistencias de nueva generación, se recomienda su uso con un plastificante.
Sikament-FF	Reductores de agua de alta capacidad para resistencias iniciales.
Plastiment RMX	Plastificante - Retardante
Sikacrete	Aditivo en polvo para concreto basado en la tecnología del humo de sílice. Mejora la trabajabilidad, cohesividad, impermeabilidad y la durabilidad del concreto.
Sika Patch 4	Mortero cementoso, basado en la tecnología SikaFume. Permite la obtención de altísimas resistencias iniciales para trabajos especiales de reparación.
SikaAer D Fro-Be	Agente incorporador de aire para la elaboración de concretos de baja permeabilidad, debe usarse junto con aditivos plastificantes o superplastificantes.

Concreto de reparación de alta resistencia inicial

Referencia: Aeropuerto Kloten, Zurich. (Suiza)

Reparación del concreto de la pista 16/34

Requerimientos:

- ▲ Resistencia a compresión 400 y 300 kg/cm²
- ▲ Concreto resistente a las sales de descongelamiento
- ▲ Resistencia a flexión: 25 kg/cm² después de 5 horas (equivalente a $f'c=150$ kg/cm²) a compresión

Problemas

- ▲ Restricciones en el horario de trabajo (nocturno solamente)
- ▲ Infraestructura costosa
- ▲ Trabajo en climas fríos y cálidos
- ▲ Control de la temperatura del concreto fresco
- ▲ Reparar (alta disipación del calor)



Referencia: Viaducto de la Gruyère. (Suiza)

Reparación de las juntas del puente.

Requerimientos:

- ▲ Resistencia a compresión: 450/350 kg/cm²
- ▲ Concreto resistente a las sales de descongelamiento
- ▲ Resistencia a compresión : $f'c = 150$ kg/cm² a 10 horas (a 15°C de temperatura)

Problemas

- ▲ Horario nocturno de trabajo solamente
- ▲ Distancia de transporte
- ▲ Bajas temperaturas en las noches



Conceptos y Tecnología Sika para la Producción de Concretos de Alta Resistencia Inicial



ADVERTENCIA

La información y, en particular, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, y se basan en el conocimiento y experiencias actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, substratos y condiciones actuales de la obra son tan particulares que ninguna garantía respecto a la comercialización o a la adaptación para un uso particular, o a alguna obligación que surja de relaciones legales, puede ser inferida de la información contenida en este documento o de otra recomendación escrita o verbal. Se deben respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho.

Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de las Hojas Técnicas, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.



Internet: <http://www.sika.com>

Sika Andina S.A.

Tel: 4 12 33 00
Santa Fe de Bogotá, D.C.

Sika Argentina S.A.I.C.

Tel: 4-734 35 00
Buenos Aires

Sika Bolivia S.A.

Tel: 414 169
La Paz

Sika Brasil

Tel: 7087 46 00
Sao Paulo

Sika Chile S.A.

Tel: 552 26 30
Santiago

Sika Ecuatoriana S.A.

Tel: 81 79 00
Guayaquil

Sika Mexicana S.A.

Tel: 25 05 36
Querétaro

Sika Perú S.A.

Tel: 437 70 55
Lima

Sika Uruguay S.A.

Tel: 200 1037
Montevideo

Sika Venezuela S.A.

Tel: 384 497
Valencia