



CONCRETE
HORMIGÓN DURABLE
Y SUSTENTABLE

HORMIGÓN DURABLE Y SUSTENTABLE

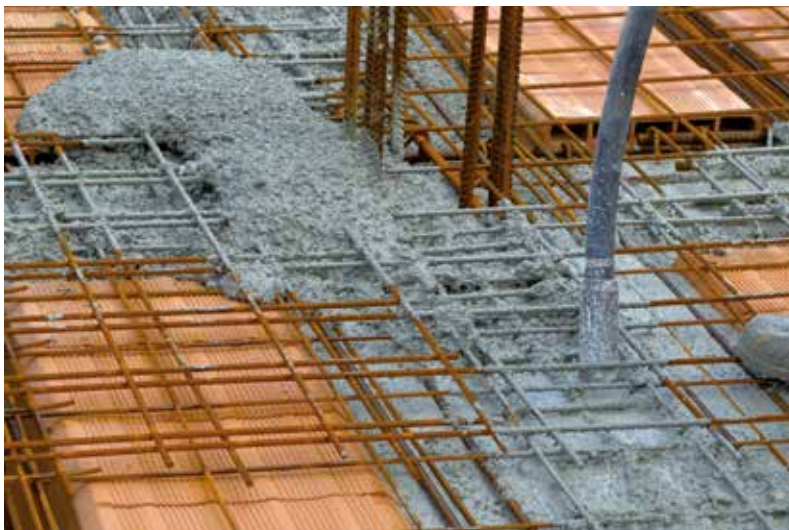
HABLAR DE HORMIGÓN EN LA ACTUALIDAD QUIZÁS PUEDA PARECER INNECESARIO, DADO QUE TODOS CONOCEMOS LOS COMPONENTES DE UN HORMIGÓN, SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO, ADEMÁS DE CÓMO FABRICARLO Y HACER SU CONTROL DE CALIDAD; SIN EMBARGO, ES IMPORTANTE PROFUNDIZAR EN CIERTOS CONCEPTOS QUE PERMITIRÁN ENTENDER CÓMO SE PUEDE FABRICAR HORMIGONES MÁS DURABLES, ECONÓMICOS Y QUE GENEREN MENOR IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE.

Considerando la evolución que han tenido en el tiempo las estructuras, sistemas constructivos, equipos de construcción, exigencias de desempeño y políticas ambientales, se hace necesario actualizar los conceptos de diseño de mezclas y refrescar ciertos conocimientos de tecnología de hormigón que fueron dados a conocer hace casi un siglo y que aún hoy presentan diferencias en su interpretación.

INTRODUCCIÓN

El hormigón sigue fabricándose hoy con las mismas materias primas básicas (cemento, agregados y agua); sin embargo componentes como las adiciones, aditivos químicos y fibras son cada vez más usados permitiendo el desarrollo de nuevos tipos de mezclas que presentan mejores características que el hormigón tradicional; ya que permiten la fabricación de un material más durable, económico y que busca contribuir con las exigencias actuales de sustentabilidad.

El cemento junto con el agua conforman una pasta líquida que envuelve los agregados para no permitir que se toquen entre ellos, brindando así una trabajabilidad a la mezcla; en esta etapa inicial conseguimos entonces un material de una consistencia determinada que admitirá su colocación dentro de moldajes para tomar diferentes formas. Pasado cierto tiempo, el aglomerante se vuelve más viscoso hasta llegar a un estado en el cual no es posible acomodar o vibrar el material sin arruinarlo; poco tiempo después se presenta un estado de rigidez total de la mezcla que denominamos el fraguado final; este nos indica que el hormigón inicia su proceso de ganancia de resistencia mecánica, la cual evaluamos a diferentes edades para verificar que tanto el diseño de mezclas así como la elaboración de los especímenes y el curado fueron adecuados para cumplir con los requerimientos especificados para el material.



PROPIEDADES DEL HORMIGÓN

Las principales propiedades del hormigón evaluadas son la trabajabilidad en estado fresco y el desarrollo de resistencias en estado endurecido. Estas son propiedades que se evalúan sin falta en toda producción de hormigón con el fin de controlar la calidad de las estructuras fabricadas con este material; sin embargo en ocasiones no profundizamos en las variables que inciden en cada una de estas propiedades para así poder tener más argumentos en la toma de decisiones.

TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad del hormigón se define como la característica física de la mezcla en estado fresco que determina la facilidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado y consolidado para ser terminado en una condición homogénea.

Normalmente se malinterpreta la trabajabilidad del hormigón al confundirla con la consistencia o fluidez de la mezcla, la cual solo se refiere al grado de humedad de la misma y la define como seca (dura) o fluida (blanda). Dentro de ciertos límites las mezclas fluidas son más trabajables que las mezclas secas; no obstante, dos hormigones que tengan la misma consistencia pueden no ser igualmente trabajables. Esto sugiere entonces que la trabajabilidad del hormigón es un concepto más global dentro del cual se encuentra la fluidez; sin embargo, no es la única variable que se debe estudiar y analizar para definir la trabajabilidad de un hormigón.

A pesar de esto, la determinación de la fluidez del hormigón a través de la prueba de asentamiento de cono en la que se mide la caída o escurrimiento de la mezcla bajo su propio peso, sigue siendo el ensayo más utilizado para el control del hormigón en estado fresco, dado que se entiende que inspeccionando la fluidez de una mezcla que fue diseñada adecuadamente se puede garantizar un hormigón trabajable.

La fluidez de una mezcla de hormigón está influenciada única y exclusivamente por la pasta o material aglomerante, de acuerdo a las siguientes variables:

- Contenido de pasta en el metro cúbico de hormigón.
- Viscosidad de la pasta usada en la fabricación del hormigón.

El volumen de pasta en el hormigón rige la fluidez de este, de tal forma que para tener mezclas de distintos asentamientos manteniendo las demás características en resistencias mecánicas, solo basta con aumentar o reducir el volumen de pasta en el respectivo diseño de mezclas. El gráfico 1 nos permite observar cómo a través de la modificación del contenido

de pasta dentro del hormigón se logra variar el asentamiento del mismo.

Por otro lado es claro que cuando se utilizan pastas menos viscosas el resultado es un hormigón de mayor asentamiento para iguales contenidos de pasta. De acuerdo a lo anterior se puede lograr una pasta más fluida a través del uso de una mayor relación A/C, lo cual generará cambios en la resistencia del material; o también se puede hacer a través del uso de aditivos plastificantes y superplastificantes con los cuales no se cambian las propiedades de resistencia del hormigón.

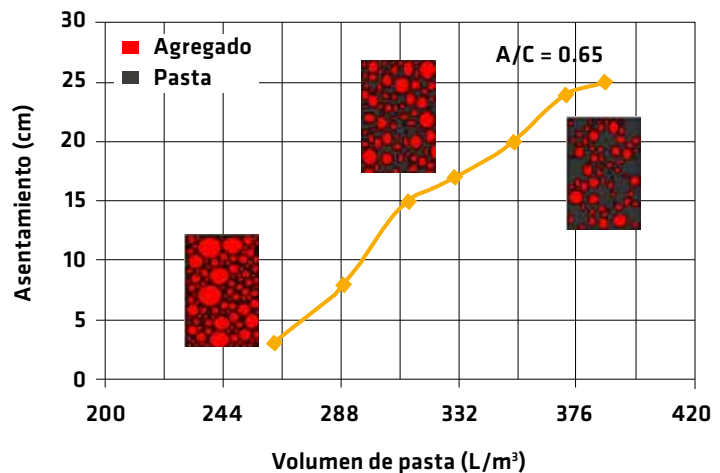


Gráfico 1. Influencia del contenido de pasta en el asentamiento del hormigón.

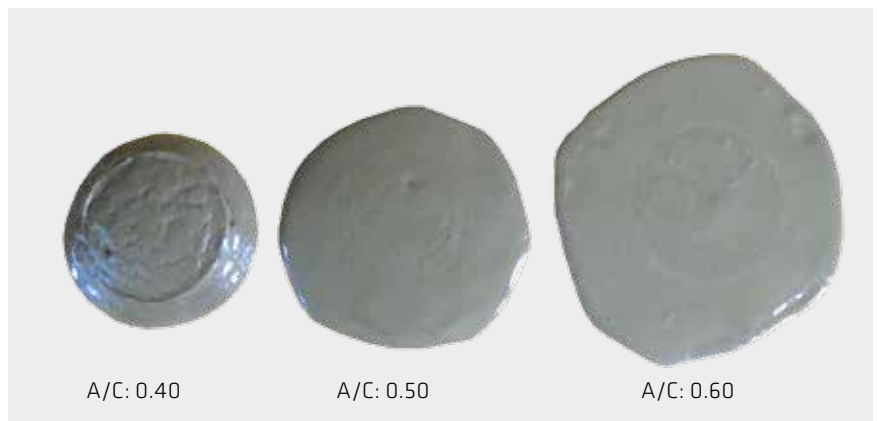


Foto 1. Viscosidad de pastas de diferente A/C.



Es por esto que cuando queremos recuperar el asentamiento de un hormigón es común que se le adicione una mayor cantidad de agua, lo que hace que la pasta sea más fluida y la mezcla presente un mayor asentamiento, pero de esta forma estamos alterando el comportamiento en estado endurecido del material, haciendo hormigones menos resistentes, más porosos y con menor durabilidad.

RESISTENCIAS MECÁNICAS

La ley de Duff Abrams que data del año 1918 y que fue producto de un extenso trabajo experimental, establece que para determinados materiales e iguales condiciones de ensayo, la resistencia mecánica del hormigón depende principalmente de la relación Agua/Cemento que se use para la fabricación del mismo.

Actualmente podemos hacer evaluaciones experimentales y observar una relación inversa entre la variable A/C y la resistencia del hormigón, lo cual fue establecido por Abrams hace cerca de 100 años.

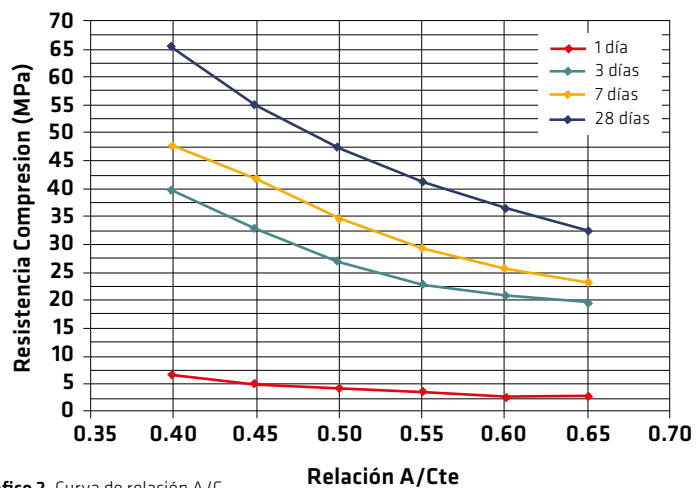


Gráfico 2. Curva de relación A/C.

Como sabemos que la resistencia del hormigón se da por el proceso de hidratación del cemento, lo que hace que se genere una matriz dura que se adhiere a los agregados; generalmente asociamos que la resistencia del hormigón se aumenta únicamente incrementando el contenido de cemento; pero si analizamos la ley de Abrams, podemos entender que lo que se logra al aumentar la cantidad de cemento es reducir la relación A/C, lo cual también se puede alcanzar vía

reducción de la cantidad de agua usada en la fabricación de la mezcla.

Sin embargo como hablamos anteriormente, la disminución de la cantidad de agua para la fabricación de la mezcla lleva consigo que la pasta sea menos fluida, por lo cual es necesario entonces el uso de aditivos superplastificantes que proporcionan fluidez a la pasta sin que se presente pérdida en el asentamiento del hormigón.

HORMIGONES DURABLES, ECONÓMICOS Y SUSTENTABLES

El continuo desarrollo en la tecnología de aditivos químicos para hormigón nos permite en la actualidad cambiar los conceptos de diseño de mezclas y así poder obtener productos más fáciles de manipular, más durables, a un menor costo y con criterios de sustentabilidad.

En muchos casos se diseñan hormigones con altos contenidos de pasta simplemente para poder cumplir con una fluidez adecuada de colocación, especialmente cuando debemos trabajar con bajas relaciones A/C; sin embargo en la actualidad los aditivos químicos para hormigón permiten lograr mezclas de bajas relaciones A/C altamente fluidas, con volúmenes de pasta significativamente menores.

Actualmente son cada vez más cuestionadas las especificaciones de hormigón que establecen cuantías mínimas de cemento, dado que en muchas ocasiones dichos límites exceden la cantidad requerida para alcanzar el desempeño, trabajabilidad, resistencia y durabilidad del material, lo cual resulta en aumento de costos y un incremento en el indicador de huella de carbono de la industria del hormigón; e incluso en ciertos casos altos niveles de contenido de cementante pueden implicar un bajo desempeño del material.

Nuevos conceptos de diseño de mezclas han surgido, los cuales buscan determinar el mínimo contenido de pasta que permita llenar los espacios entre los agregados de tal forma que garantice la lubricación y adherencia entre ellos. Estas nuevas metodologías aprueban la optimización de los diseños de mezclas a través de la utilización de mínimas cuantías de pasta.

DURABILIDAD

La especificación de cuantías mínimas de cemento en muchas ocasiones está determinada por el concepto de brindar una mayor durabilidad a las estructuras de hormigón; sin embargo en ciertos casos altos contenidos de cemento por el contrario pueden generar un incremento en la permeabilidad al agua, permeabilidad a ion cloruro y cambios de longitud debido a la retracción por secado del hormigón.



La reducción del volumen de pasta manteniendo las mismas características de relación A/C, permite que existan menos accesos a través de la matriz del hormigón por los cuales se transportan los agentes agresores desde el medio ambiente hacia el interior del hormigón armado; con lo cual se puede obtener un material con mejor desempeño desde el punto de vista de durabilidad. En la tabla 1 se muestran resultados de permeabilidad al agua y penetración al ion cloruro de mezclas con diferentes volúmenes de pasta de igual calidad.

Por otra parte el hormigón actual ha incorporado el uso de adiciones como la ceniza volante o puzolana que permiten hacer un reemplazo parcial del contenido de cemento y brindar beneficios en el desempeño del material debido a que las propiedades puzolánicas de este tipo de adiciones logran refinar la matriz de poros de la pasta disminuyendo la permeabilidad del hormigón y dificultando el ingreso de agentes agresores al interior del mismo, lo que representa una mejora en la durabilidad del material.

En este caso los aditivos químicos vuelven a jugar un papel muy importante, dado que estos permitirán garantizar un mismo desempeño del hormigón a pesar de tener un cementante distinto con fraguados más largos y desarrollo de resistencias más lento, lo cual es solucionado a través del uso de diferentes tecnologías de aditivos.

Aditivo	Dosis (%)	Agua (l/m ³)	Cto (kg/m ³)	A/C	Volumen Pasta (l/m ³)	Asent. (cm)				Permeabilidad al Ion Cloruro (coulombs)		Permeabilidad al Agua (mm)	
						0	1 d	7 d	28 d	Carga a 28d	Calificación	Permeabilidad Máxima	Calificación
---	---	210	420	0.50	345	13.0	7.7	29.1	39.1	6947.5	Alta	93.5	Alta
Sikaplast®	0.28	180	360	0.50	297	13.0	8.4	32.5	41.1	5665.0	Alta	71.5	Alta

Tabla 1. Resultados de Permeabilidad en hormigones de diferente contenido de pasta.

ECONOMIA

Desde los inicios de la fabricación del hormigón, los agregados fueron utilizados como relleno que mejoraba el comportamiento de la mezcla; pero también porque permitían disminuir notoriamente los costos del material. Hoy en día las cosas no han cambiado y la pasta continúa siendo el componente de mayor costo en la fabricación del hormigón, por lo cual la posibilidad de disminuir los volúmenes de pasta por metro cúbico de hormigón y reemplazar dicho volumen con agregados permite además hacer reducciones importantes en el valor del metro cúbico de hormigón.

Como se mencionó anteriormente el volumen de pasta en el diseño de mezcla busca dar la trabajabilidad adecuada al hormigón; es por eso que en la actualidad, el uso de los aditivos superplastificantes de última generación se hace más relevante al permitir mantener la misma trabajabilidad requerida para la mezcla con cuantías mucho menores de pasta y manteniendo similares características de desarrollo de resistencias mecánicas, como se puede apreciar en la tabla 2.

La fabricación de un hormigón diseñado por desempeño permite una optimización de costos importante en la producción de hormigón, la cual puede alcanzar ahorros superiores al 4% del costo total de los materiales usados por metro cúbico. Así mismo otra alternativa para reducir el costo de la pasta es la sustitución parcial del cemento por adiciones como la ceniza volante cuyo valor es menor; para de esta forma hacer una optimización en el costo de material cementante reduciendo por ende el costo del metro cúbico de hormigón.

SUSTENTABILIDAD

El impacto climático asociado a los procesos productivos de desarrollo de la humanidad han llevado a que diferentes industrias tomen medidas para disminuir la huella de carbono. La industria de la construcción no es ajena a esta problemática y es por esto que debemos diseñar los hormigones teniendo en cuenta dichas consideraciones ambientales.

La producción de cemento es una de las industrias de mayores emisiones de dióxido de carbono (CO₂), por lo cual lograr una mayor eficiencia del material cementante es una necesidad para contribuir en la reducción del impacto al medio ambiente que genera la construcción. La eficiencia del material cementante se puede establecer como la cantidad de material que se utilizó para alcanzar determinada resistencia del hormigón, por lo cual cuando disminuyo la cantidad de pasta en el diseño de mezclas logro aumentar dicha eficiencia optimizando el consumo de este material.

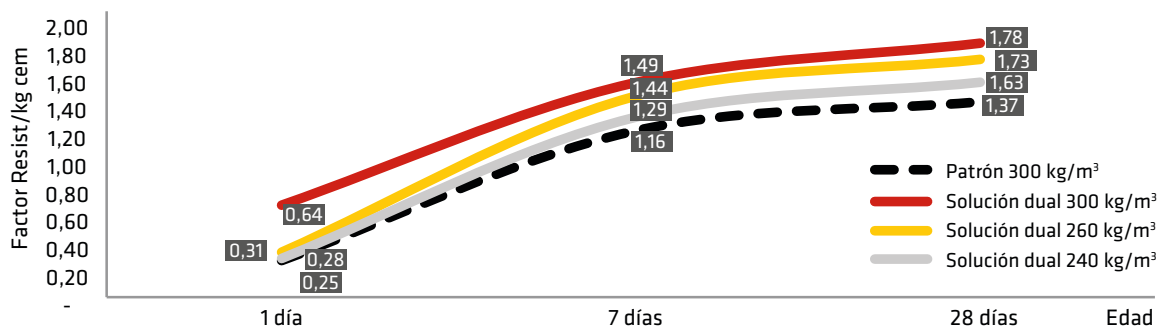
Cuando se reduce el contenido de pasta en el hormigón no solo se disminuye el cemento, también se disminuye la cantidad de agua requerida para la fabricación del hormigón, permitiendo que este preciado líquido cada vez más escaso sea aprovechado para el consumo humano. En una industria como la de nuestro país de más de 9 millones de metros cúbicos de hormigón producidos al año, la aplicación del concepto de reducción de pasta en los diseños de mezclas permite un ahorro de la industria en el consumo de agua superior a 350.000 metros cúbicos al año, lo que corresponde al consumo necesario de cerca de 1.600 familias en el mismo periodo de tiempo.

Solución	Cemento (kg/m ³)	Agu Libre (l/m ³)	Vol. Pasta (l/m ³)	Asentamiento (cm)			Resistencia (MPa)		
				0 min	60 min	120 min	R1	R7	R28
Patrón	300	171	271	10,0	8,0	6,5	7,6	34,7	41
Solución Dual	300	146	246	9,5	10,5	11,0	19,3	44,8	53,3
	260	154	241	10,5	11,5	12,0	8,1	37,5	45,1
	240	154	234	11,0	12,5	12,5	6,6	31	39,2

Tabla 2. Resultados de resistencia en hormigones de diferente contenido de pasta.

Relación resistencia - Dosis de cemento a distintas edades

(rendimiento del kg de cemento por kgf/cm²)



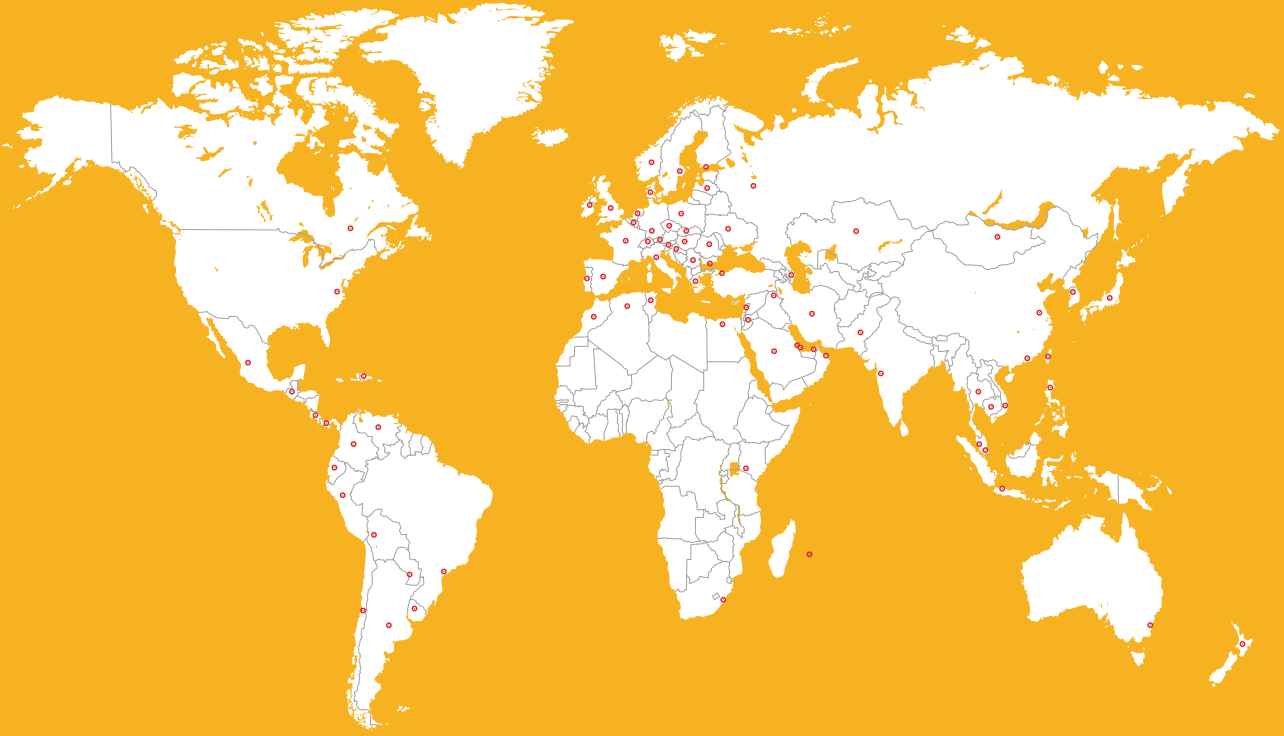
EL ENFOQUE SIKA DE HORMIGÓN SUSTENTABLE EFICIENCIA - DESEMPEÑO

LAS TECNOLOGÍAS DE SIKA® CONTRIBUYEN A QUE EL HORMIGÓN SEA CONSIDERADO UN MATERIAL SUSTENTABLE, A TRAVÉS DE UNA DISMINUCIÓN DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA SU FABRICACIÓN, UN AUMENTO EN SU VIDA ÚTIL, OPTIMIZACIÓN EN EL USO DE RECURSOS Y EN APLICACIONES MÁS AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE.



EL HORMIGÓN DE HOY PERMITE UN DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA SOCIEDAD; SIMPLEMENTE DEBEMOS PENSAR DE UNA MANERA DIFERENTE Y SER CONSCIENTES QUE ES UN COMPROMISO DE TODOS APORTAR PARA BRINDAR UN MEJOR FUTURO A LAS NUEVAS GENERACIONES.

SOLUCIONES SIKA PARA CHILE Y EL MUNDO



PARA MÁS INFORMACIÓN:



QUIÉNES SOMOS

Sika® es una compañía globalmente activa especializada en soluciones químicas para la construcción, la industria y la minería. Tiene subsidiarias con manufactura, ventas y soporte técnico en más de 94 países, líder global en tecnologías de impermeabilización, sellado, pegado, revestimiento, refuerzo y protección de estructuras de edificios y obras de ingeniería. Sika® tiene alrededor de 17.000 empleados en el mundo, por lo cual está idealmente posicionada para contribuir al éxito de sus clientes.

Nuestras condiciones generales de venta y suministro vigentes, serán aplicadas a todas las transacciones. Por favor consultar la última versión actualizada de la ficha técnica del producto, antes de utilizar.

SIKA S.A. CHILE
PLANTA SANTIAGO
CASA CENTRAL
Avda. Pdte. Salvador Allende 85
San Joaquín

Cod. postal 8941077
Tel.: +56 2 2510 6510
atencion.clientes@cl.sika.com

BUILDING TRUST

