



# YESOS OPTIMIZACIÓN DE PLASTIFICANTES PARA APLICACIONES DE YESO

# OPTIMIZACIÓN DE PLASTIFICANTES PARA APLICACIONES DE YESO

Tras su adopción en sistemas cementosos, los superplastificantes basados en policarboxilatos están incrementando su aplicación para yeso. La optimización de los aditivos específicos para aglomerantes produce plastificantes con una mayor capacidad de reducción de agua y, al mismo tiempo, tiempos de fraguado reducidos.

**Texto Dr. Christina Hampel<sub>1</sub>, Dr. Jörg Zimmermann<sub>1</sub>, Dr. Markus Müller<sub>2</sub>**

<sub>1</sub>Sika Technology AG, <sub>2</sub> Sika Services AG, Zurich/Switzerland



En los últimos años, los plastificantes a base de PCE no sólo se han utilizado en mezclas cementosas, sino que también se han usado cada vez más para una amplia gama de aplicaciones de yeso. En ese momento se hizo evidente que las distintas aplicaciones (placas de yeso, solados, etc.) y los diferentes aglomerantes, en particular, exigían propiedades muy diferentes de los plastificantes. Por lo tanto, se modificó la estructura de los plastificantes a base de PCE con el fin de que estos productos exhibieran su eficiencia en la reducción de agua en las fases de yeso puro, tales como alfa- y beta-hemihidrato o

anhidrita. Los sistemas heterogéneos de yeso generalmente se producen en función de la materia prima del yeso, el proceso de calcinación y las formulaciones del aglomerante.

Durante la producción de materiales de construcción a base de yeso, simultáneamente se dan una serie de fases de yeso. El yeso natural, además, contiene impurezas, como la dolomía, y los minerales de calcita y arcilla, que influyen en el sistema. La combinación sistemática de varios polímeros hace posible el aumento de una reducción eficiente de agua, un ajuste de los tiempos de trabajabilidad necesarios y una optimización de la insensibilidad a las fluctuaciones en la composición del yeso.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen cuatro familias diferentes de plastificantes utilizados como dispersantes en sistemas cementosos y de yeso: lignosulfonatos (LS), naftaleno (NFS), melanina sulfonada (MFS) y policarboxilatos (PCE). Los lignosulfonatos son robustos pero extremadamente ligeros en cuanto a la reducción del contenido de agua, mientras que los policarboxilatos son los plastificantes más eficaces. Los policarboxilatos tienen, hasta ahora, un uso principal en la industria del hormigón. El mecanismo de acción de los policarboxilatos en los sistemas cementosos será explicado en los apartados [1-2]. Sin embargo, la flexibilidad en la producción de plastificantes PCE con respecto a la variación de la longitud y el tipo de la cadena principal, y la variación de las cadenas laterales, permitiendo modificar las propiedades del polímero, no está limitado. El diseño sistemático de polímeros permite producir plastificantes específicos para la industria del yeso. Las correlaciones fundamentales entre la estructura del polímero y el mecanismo de acción de los plastificantes como reductores de agua en sistemas

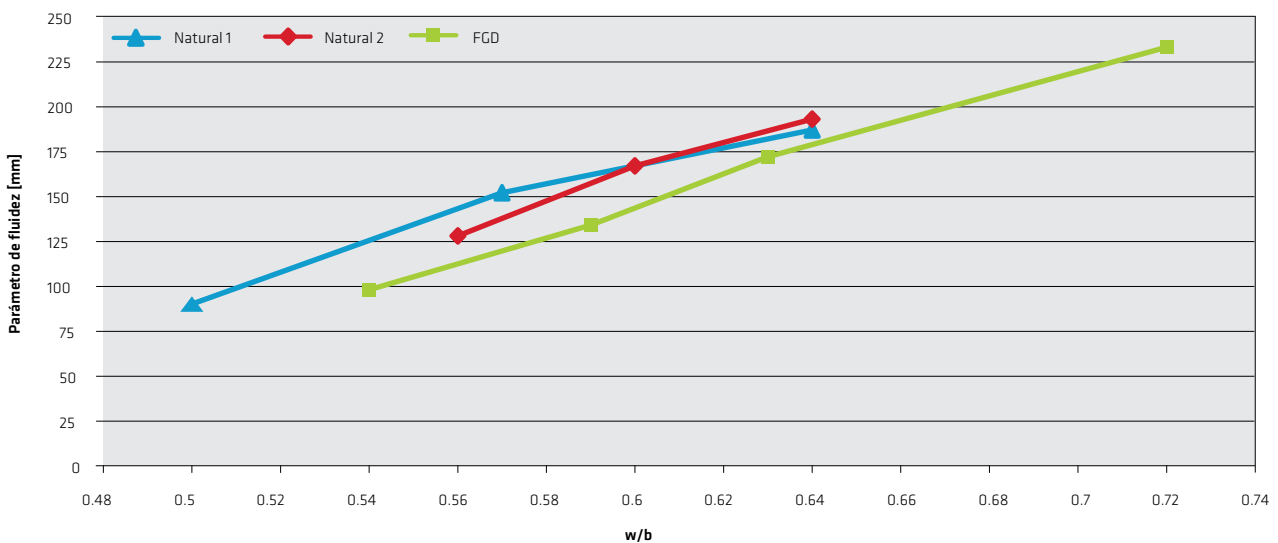
basados en beta-hemihidratos, han sido demostradas en diferentes estudios de policarboxilatos de diversas arquitecturas poliméricas [3-4]. Investigaciones en la acción de los plastificantes en varios plasters de yeso de origen diverso también revelaron una gran diversificación de comportamiento [5-6]. Factores con acciones complejas pueden ser normales debido a la diversa gama de impurezas que se encuentran, en particular, en los yesos naturales, debido a la diversidad de los métodos de producción utilizados y debido a procesos inducidos de envejecimiento. Es frecuente observar un retraso del fraguado en diferentes composiciones de yeso cuando se utilizan plastificantes PCE. Esto es una gran desventaja en la producción de "drywall" (panel de yeso), ya que en particular, el rendimiento de fraguado determina la velocidad (y por lo tanto el ritmo) de producción. La combinación sistemática de varios polímeros debería permitir aprovechar los efectos sinérgicos, y por lo tanto, producir aditivos de mayor rendimiento [7].

## 2 MÉTODOS Y MATERIALES

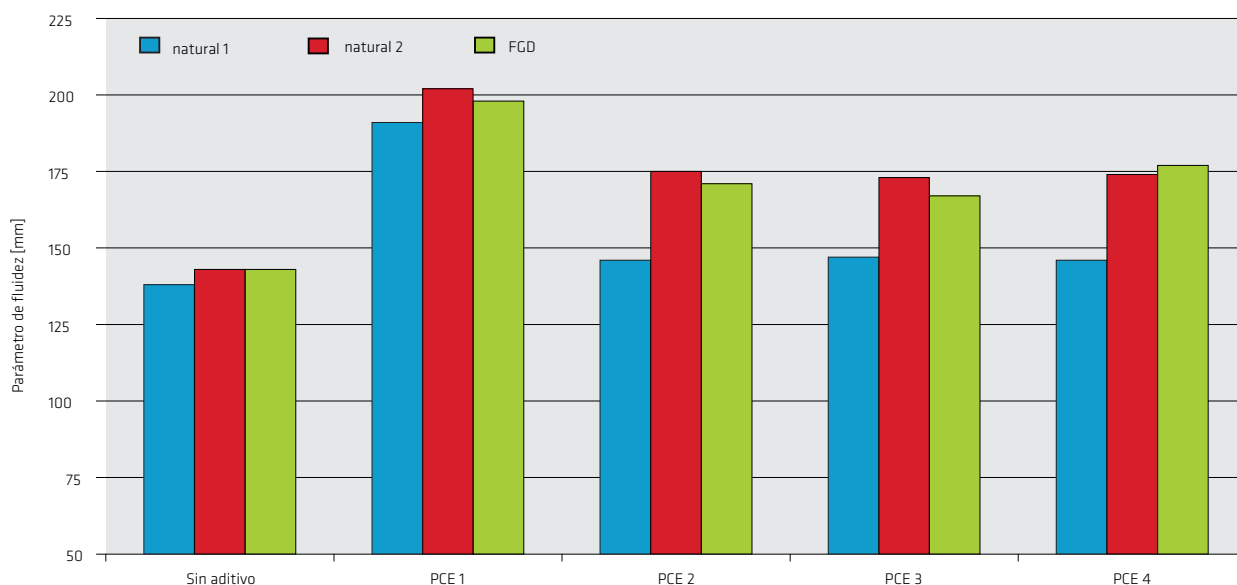
### 2.1 Determinación de la fluidez (Test de fluidez)

Para la determinación de la fluidez, se introduce primero en un vaso de precipitados agua que contiene la cantidad correspondiente de plastificante. El aglomerante, mezclado con el acelerante, es rociado en agua durante un período de 15 s, y la mezcla de yeso se deja en remojo durante otros 15 s. A continuación, estos componentes se agitan enérgicamente a mano utilizando un mezclador durante 30 s. Se coloca la mezcla en un minicono (50 x 50 mm)

1. Influencia de la relación agua-aglomerante en la fluidez de varios plasters de yeso



## 2. La influencia de varios PCEs (dosificación: 0.2 % en peso de aglomerante) en la reología de tres plasters



que se encuentra sobre una placa de vidrio. Después de otros 15 s (con un tiempo total de 75 s), el cono se eleva verticalmente. Se mide el diámetro de la "torta" producida que indica la fluidez.

### 2.2 Determinación del tiempo de fraguado

El período de trabajabilidad del slurry se caracteriza por dos variables específicas que son el inicio de fraguado (VB) y el final de fraguado (VE). Los procedimientos de medición ya ampliamente utilizados en la industria del yeso son el método de corte a cuchillo y el método de penetración del pulgar. La torta de yeso producida en la prueba de fluidez (véase más arriba) es usada para determinar el tiempo de fraguado.

Según la norma DIN EN 13279, parte 2, el inicio de fraguado es alcanzado si, después de cortar la torta de yeso con una cuchilla, los bordes ya cierran. El final del fraguado se produce cuando el agua ya no se escapa del yeso cuando se presiona con los dedos con una fuerza de aplicación aproximadamente de 50 N.

Una desventaja de este método es el elemento subjetivo en la valoración de los resultados de la prueba. Todas las mediciones

fueron realizadas por el mismo empleado del laboratorio, con el fin de asegurar una buena reproducibilidad.

### 2.3 Aglomerantes y aditivos

Para las pruebas se utilizaron tres mezclas de yeso diferentes: dos de yeso natural (1 y 2) y una de FGD. Se probaron cuatro policarboxilatos, dos lignosulfonatos y sus combinaciones. La dosis constante de plastificante fue de 0,2 % en peso de aglomerante. Como acelerante, se agregó el 0.1 % en peso de yeso finamente molido (referido al yeso) a cada mezcla, para aproximar las condiciones durante la producción de placas de yeso.

Tabla 1. Propiedades de los plasters de yeso utilizados

	w/g [-]	VB [min:s]	VE [min:s]
Plaster de yeso natural 1	0.55	02:20	07:30
Plaster de yeso natural 2	0.58	03:30	11:30
Plaster de yeso FGD US	0.60	02:30	07:15

La figura 1 muestra la influencia de la relación agua-aglomerante (a/y) sobre la fluidez del plaster. Existe una correlación lineal en el rango examinado, es decir, la fluidez del plaster aumenta con aumento del contenido de agua.

El valor a/y en el que la fluidez sin plastificante fue de 140 mm, se usó en ensayos posteriores para cada plaster. La Tabla 1 muestra los valores seleccionados de w/g para cada plaster y su tiempo de fraguado, cuando se añade un acelerante al 0,1 % en peso de aglomerante. Cabe destacar que el Plaster de Yeso Natural 2 se diferencia de las otras dos mezclas por su significativo comportamiento de retraso del fraguado.

### 3 COMBINACIÓN DE POLÍMEROS PARA UNA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO

Cuatro PCEs con diferencias definidas en su estructura polimérica fueron seleccionados como plastificantes. En una segunda serie de pruebas, los polímeros se combinaron en varias proporciones entre sí. La fluidez del plaster proporciona información sobre la acción fluidificante de los PCEs y de sus combinaciones. La determinación de inicio y final de fraguado es una medida de la acción retardante de los plastificantes.

Los cuatro diferentes policarboxilatos se probaron por separado en una serie inicial. Los polímeros difieren en cuanto a las longitudes de su cadena central y las laterales. Los resultados de reología de los PCEs en los tres plasters diferentes se resumen en la Figura 2. El plastificante PCE 1 presenta el mayor efecto fluidificante en comparación

con los demás polímeros. La fluidez de los tres plasters es aproximadamente de la misma magnitud en presencia de PCE 1.

Por otro lado, los plastificantes PCE 2-4 presentan un menor efecto fluidificante en los distintos plasters y, al mismo tiempo, un retardo de fraguado significativamente menor (Tabla 2).

La combinación del PCE 1 con uno de los otros tres plastificantes permite combinar las ventajas de fluidez del PCE 1 con el bajo retardo de fraguado de los otros polímeros [8]. Las siguientes combinaciones de PCE 1 y PCE 2 fueron seleccionadas y probadas:

Combinación 1: 90% PCE 1 + 10% PCE 2

Combinación 2: 70% PCE 1 + 30% PCE 2

Combinación 3: 50% PCE 1 + 50% PCE 2

La figura 3 muestra una fluidez de la combinación entre PCE1-PCE2 prácticamente idéntica a la de PCE 1. La reología en los dos plasters de yeso naturales es idéntica, mientras que el rendimiento retrocede ligeramente cuando el contenido de PCE 2 aumenta en el caso del plaster de yeso FGD. Por otro lado, el tiempo de fraguado se puede reducir combinando los dos PCEs (Tabla 3). En el caso del Plaster de Yeso Natural 1, el tiempo de fraguado se puede reducir considerablemente (de 14:30 min para PCE 1 a 10:40 min para Combinación 3), con una fluidez sólo ligeramente reducida mediante el uso de la combinación de plastificantes 3. Las diferencias son menos pronunciadas en el caso del Plaster de Yeso Natural 2 y el Plaster de Yeso FGD.

3. La influencia de la combinación de PCEs (dosificación: 0.2 %) en la reología de los tres plasters de yeso

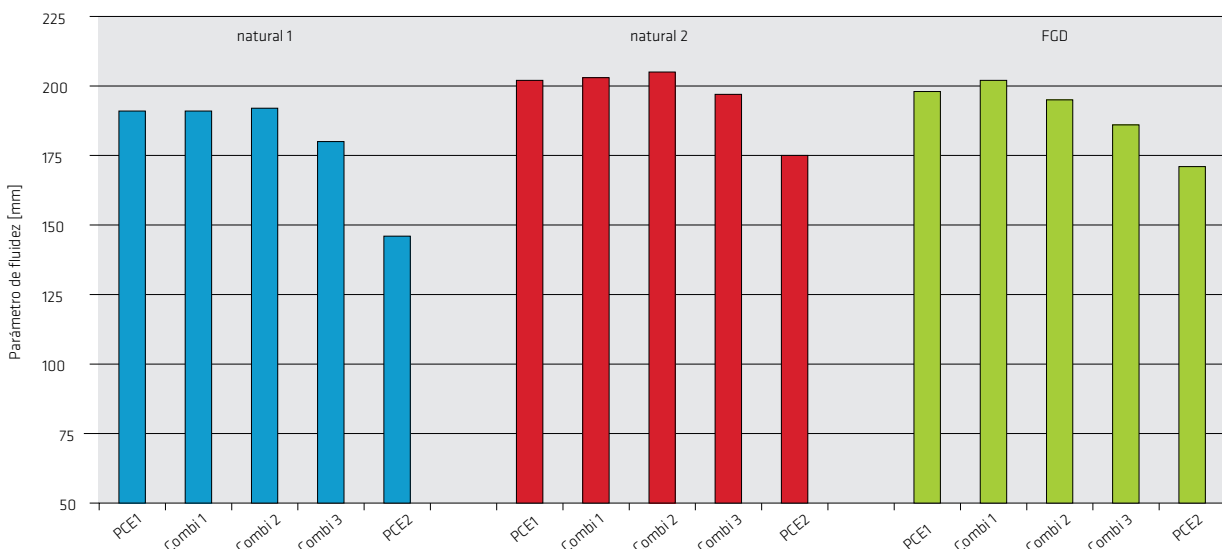


Tabla 2. La influencia de varios PCEs (dosificación: 0.2% en peso de aglomerantes) en los tiempos de fraguado (VB y VE) en los tres plasters de yeso

Plastificantes	Plaster Natural de Yeso 1		Plaster Natural de Yeso 2		Plaster de Yeso FGD	
	VB [min:s]	VE [min:s]	VB [min:s]	VE [min:s]	VB [min:s]	VE [min:s]
PCE 1	05:35	14:30	06:40	16:20	04:00	10:45
PCE 2	03:00	09:30	04:40	14:40	03:10	08:20
PCE 3	02:50	09:05	04:40	14:05	03:05	08:30
PCE 4	03:00	09:30	05:30	14:40	03:15	08:30

Cabe señalar que la optimización del plastificante es posible mediante la combinación sistemática de polímeros a base de PCE adaptados al aglomerante en cuestión. Los plastificantes formulados se caracterizan por una excelente acción fluidificante y un ligero efecto retardante a la vez.

#### 4 COMBINACIONES DE POLÍMEROS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL COSTE

Los PCE son superplastificantes. Su alto rendimiento requiere una baja fluctuación en los parámetros de proceso, como por ejemplo, la variación de las calidades de la materia prima del yeso. Mediante la combinación sistemática de polímeros, se logrará una mayor robustez de los plastificantes y, al mismo tiempo, una relación coste-beneficio optimizada.

El PCE 1 se mezcló con dos lignosulfatos diferentes (LS 1 y LS 2) en diferentes composiciones en una serie de experimentos adicionales, y se probó frente al plaster de yeso FGD. Un sulfonato naftaleno formaldehído (NFS), como el que se utiliza frecuentemente en la producción de placas de yeso, sirvió como control. Las combinaciones PCE-ligno tenían las siguientes composiciones:

Combinación 4: 50 % PCE 1 + 50 % LS 1

Combinación 5: 30 % PCE 1 + 70 % LS 1

Combinación 6: 50 % PCE 1 + 50 % LS 2

Combinación 7: 30 % PCE 1 + 70 % LS 2

Se estableció una fluidez constante de 170 a 175 mm mediante la variación de la entrada de plastificante, con el fin de comparar la eficiencia del coste. Además, en cuanto

a la relación agua-aglomerante de  $w/g = 0,60$ , todos los plastificantes también fueron probados para una capacidad de reducción de agua de 10 % ( $w/g = 0,54$ ).

Como puede verse en la Figura 4, la cantidad de entrada para todas las combinaciones de polímeros está en el mismo rango que la NFS con valores altos de relación de agua-aglomerante. Por otra parte, para una reducción del 10 % de agua, la cantidad de plastificante puede reducirse en más del 50 % en comparación con el NFS cuando se utilizan las combinaciones de PCE y lignosulfonato, con el fin de obtener una reología comparable. Los plastificantes basados en una combinación de PCE y lignosulfonato presentan por tanto el potencial necesario para reducir los costes de producción de las placas de yeso.

Tabla 3. Influencia de combinaciones de PCE (dosificación 0.2 % en peso de aglomerante) en el tiempo de fraguado en los tres plasters de yeso

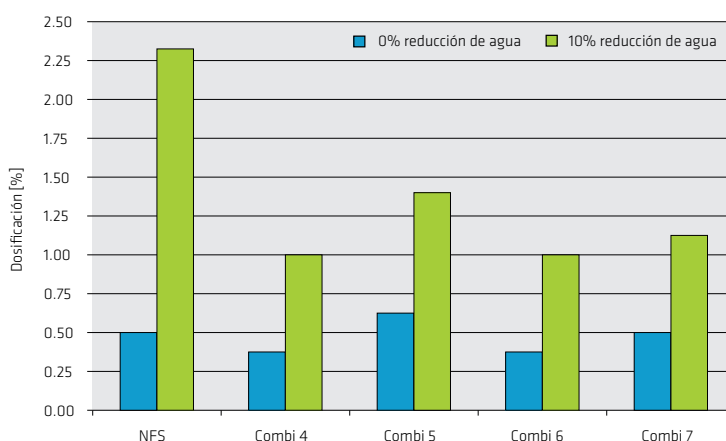
Plastificantes	Plaster Natural de Yeso 1		Plaster Natural de Yeso 2		Plaster de Yeso FGD	
	VB [min:s]	VE [min:s]	VB [min:s]	VE [min:s]	VB [min:s]	VE [min:s]
PCE 1	05:35	14:30	06:40	16:20	04:00	10:45
Combin. 1	04:30	12:35	06:40	16:50	03:20	09:30
Combin. 2	04:20	11:45	05:45	14:55	03:20	09:15
Combin. 3	03:40	10:40	05:10	14:55	03:10	10:05
PCE 2	03:00	09:30	04:40	14:40	03:10	08:20

No sólo se pueden reducir los costes de formulación, sino también se pueden alcanzar ahorros en el secado de placas de yeso. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las combinaciones de diferentes tecnologías de plastificantes deben seleccionarse sistemáticamente y sólo después de un exhaustivo estudio de su compatibilidad, a fin de eliminar la posibilidad de interacciones perjudiciales.

## 5 CONCLUSIONES

Tras su adopción en sistemas cementosos, los superplastificantes a base de policarboxilatos se utilizan cada vez más en aplicaciones de yeso. Las distintas aplicaciones y, en particular, los diferentes aglomerantes exigen propiedades muy diferentes de los plastificantes. La combinación sistemática de varios polímeros permite lograr una mayor insensibilidad a las fluctuaciones de calidad de los aglomerantes. Para optimización específica del aglomerante, los plastificantes se producen con una gran capacidad de reducción de agua y simultáneamente una menor influencia en los tiempos de fraguado del plaster. La combinación sistemática de varias tecnologías de plastificantes, es además, un método adecuado para reducir los costes en el producción de placas de yeso.

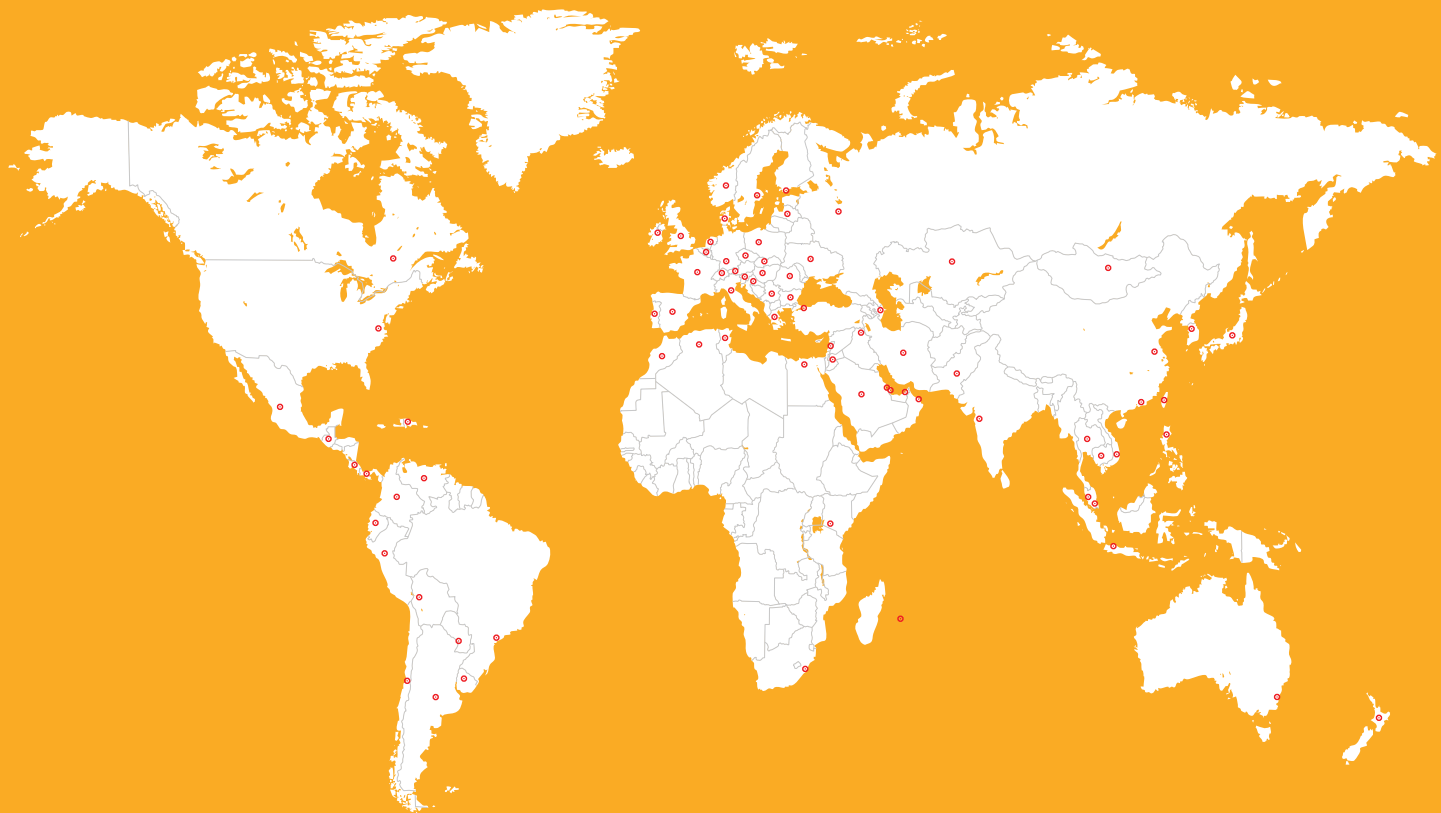
4. Entrada de plastificantes (solución 40 %) para una reducción de agua de 0 % y 10 % (para una fluidez constante de 170 a 175 mm)



## REFERENCIAS

- [1] Sakai, E.; Yamada, K.; Ohta, A. (2003): Molecular Structure and Dispersion-Adsorption Mechanisms of Comb-Type Superplasticizers Used in Japan, *J. Adv. Concr. Techn.*, 1(1), pp. 16–25
- [2] Yamada, K.; Takahashi, T.; Hanehara, S. and Matsu-hisa, M. (2000): Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizer, *Cem. Concr. Res.*, 30, pp. 197–207
- [3] Müller, M.; Hampel, C.: Tailor-made solutions for efficient water reduction in gypsum wallboard production, *Proceedings to 5th International Gypsum Conference, Kazan (RU), Sept. 2010*, pp. 272–278
- [4] Hampel, C.; Zimmermann, J.; Sulser, U.: Einfluss der Struktur von PCE-Verflüssigern auf das Abbinden von beta-Halbhydrat, *ibaasil Tagungsband 1, Weimar 2009*, pp. 1-0381-1-0386
- [5] Müller, M.; Hampel, C.: Influence of the gypsum raw material on the performance of PCE-based HRWRA during gypsum board production, *Proceedings to 10th Global Gypsum Conference, Paris (F), Oct 2010*, S. 11.1–11.6
- [6] Müller, M.; Hampel, C.: Influence of gypsum raw material on performance of polycarboxylate-ether high-range water-reducing additives, *Global Gypsum Magazine, Vol. May 2011*, pp. 14–21
- [7] Recalde Lummer, N.; Plank, J. (2012): Combination of lignosulfonate and AMPSP®-co-NNDMA water retention agent – An example for dual synergistic interaction between admixtures in cement. *Cem. Concr. Res.*, 42 (5), pp. 728–735
- [8] Hampel, C.; Zimmermann, J.; AlShemari, J.; Müller, M: Dispersant for gypsum plaster compositions, *Patent WO 2012/028668 A1*

# SIKA - UNA EMPRESA GLOBAL PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LA INDUSTRIA



## PARA MÁS INFORMACIÓN:



### QUIÉNES SOMOS

Sika es una compañía con presencia global que suministra especialidades químicas para la construcción – en edificación y obra civil – y la industria de producción (automoción, autobuses, camiones, ferrocarril, plantas solares y eólicas, fachadas). Sika es líder en materiales para sellado, pegado, aislamiento, refuerzo y protección de estructuras.

Las líneas de producto Sika ofrecen aditivos para hormigón de alta calidad, morteros especiales, selladores y adhesivos, materiales de aislamiento, sistemas de refuerzo estructural, pavimentos industriales, cubiertas y sistemas de impermeabilización.

Nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y suministro son de aplicación.

Se ruega consultar la versión última y actualizada de la Hoja de Datos de Producto previamente a cualquier uso.



Diseño y producción en instalaciones de Alcobendas (Madrid)



**RESPONSIBLE CARE**  
El Compromiso de la Industria Química con el Desarrollo Sostenible

**SIKA, S.A.U.**  
Ctra. Fuencarral, 72  
P.I. Alcobendas  
28108 Alcobendas (Madrid)  
España

Tels.: 916 57 23 75  
Fax: 916 62 19 38  
Dpto. Técnico: 902 105 107  
info@es.sika.com  
www.sika.es

**BUILDING TRUST**

