

## Evaluación del funcionamiento a largo plazo de los sistemas de protección de hormigón en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (E.D.A.R.)

*Ramón Martínez*  
**Director Técnico. Sika, S.A.U.**

Artículo técnico



*Vista aérea de la planta E.D.A.R. Altenrhein en Sant Gallen (Suiza)*

**Sika, S.A.U.**  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



## Contenido

### Resumen

1. Introducción
2. Vista general de la E.D.A.R.
3. Ensayos in-situ
4. Inspección y ensayos
  - 4.1. Sistemas probados – Evolución de los productos
  - 4.2. Inspección in situ
  - 4.3. Ensayos y análisis de laboratorio
  - 4.4. Definición de terminología
  - 4.5. Investigación en 2008
5. Medidas y resultados
  - 5.1. Resistencia a tracción del hormigón
  - 5.2. Resumen de las zona y condiciones de inspección
  - 5.3. Concentración de agentes agresivos
6. Evaluación y conclusiones
7. Situación actual

**Sika, S.A.U.**  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



## Resumen

Las estructuras de hormigón en plantas de tratamiento y conducción de aguas residuales sufren un severo ataque debido a las aguas agresivas y gases ácidos producidos en este tipo de situaciones

Este estudio se ha llevado a cabo in-situ, a lo largo de un período de 17 años, nos permite la diferenciación de los sistemas de reparación y protección de hormigón de acuerdo a su durabilidad esperada.

En resumen, se puede mostrar que en este ambiente particular: los productos a base de cemento (puro o modificado con resinas) tienen una expectativa de vida relativamente corta (<7,5 años); los productos a base de epoxi-cemento tienen una expectativa de vida media (aprox. 10 años) mientras que los sistemas que son combinación de tapaporos a base de epoxi-cemento y resinas epoxi reactivas tiene una expectativa de vida larga (>17 años).

### 1. Introducción

Las estaciones de depuración de aguas residuales (E.D.A.R.) reciben aguas sucias y contaminadas desde los sistemas de alcantarillado, además de aguas pluviales procedentes de los sistemas de drenaje. Todas estas aguas van a través de una serie de complejos sistemas de depuración antes de poder volver a ser utilizadas o vertidas a cauces naturales.

Durante muchos de estos procesos, el agua es contenida y tratada en diferentes tanques y estructuras, que normalmente son de hormigón armado. Este hormigón está por tanto sujeto a diversos grados de ataque, dependiendo de las etapas y grado de agresividad del agua.

Las paredes y muros de estas estructuras se revisten generalmente con diferentes sistemas de protección de características y prestaciones variables, por lo que su durabilidad puede ser muy variable.

En 1991 la propiedad de la E.D.A.R. de Altenrhein permitió a Sika Suiza llevar a cabo una serie de ensayos in-situ de los diferentes tipos de materiales, mediante la aplicación de diversos sistemas de protección de hormigón en los tanques de aireación. Se han llevado a cabo diferentes inspecciones desde entonces (en 1999, 2001 y finalmente en 2008), para comprobar el estado de esos sistemas.

Sika, S.A.U.  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



## 2. Vista general de la E.D.A.R.

La E.D.A.R. Altenrhein en Sant Gallen (Suiza) es una de las más grandes de Europa. Entró en servicio en 1.975, con posteriores expansiones en años siguientes. La última expansión fue entre 1.996 y 2.000.

Los afluentes de aguas residuales vienen de Sant Gallen y alto Rin. Después del tratamiento, el agua limpia se vierte en el Lago Constanza, que es fuente de agua potable para muchas poblaciones del Sudoeste de Alemania.

La producción anual de biogás es de aprox. 1,4 millones de m<sup>3</sup>. El afluente de agua sucia durante la estación seca es de aprox. 400 l/seg, mientras que durante épocas lluviosas puede aumentar hasta 3.000 l/seg

## 3. Ensayos in-situ

En el interior de los tanques de aireación, se realizó la preparación superficial del hormigón por medios mecánicos, y posteriormente se aplicaron los diferentes sistemas de protección. Esto se llevó a cabo en Septiembre de 1991 por el Departamento Técnico de Sika Suiza. Algunas de las partes revestidas estarán normalmente sumergidas en el agua sucia, otras en la zona del nivel del agua, y otras más en la zona que no está nunca sumergida.

## 4. Inspección y ensayos

Este documento contiene un resumen de los informes de inspección y pruebas llevadas a cabo por H. Baenzinger en 1.999, y en 2001 por el Sika Diagnostic Center (Informe B 02-0241 por M. Dietrich & F. Marty) y en 2.008 por el Sika Diagnostic Center (Informe B 08-1231 por M. Dietrich & O. Haase).

### 4.1. Sistemas probados – Evolución de los productos

Nº	Producto / Sistema (nombre cuando se aplicó en 1991)	Nombre actual	Ensayo en 2008
1	Sikadur 31	Sin cambio	Sí
2	Sika Top Seal 107	Sin cambio	Sí
3	Sika 101 A	Sika 101 HD	Sí
4	Sika Top Armatec 110 EpoCem	Sin cambio	Sí
5	Sika Top 121	Sin cambio	No
6	Sika Monotop 620	Sin cambio	Sí
7	Sika Top 123 / Sikafloor 89	No disponibles ya	No
8	Sika Top 123	No disponible ya	No
9	Sikagard 75 EpoCem	Sikagard 720 EpoCem	Sí
10	Sikagard 75 EpoCem / Poxitar F	Sikagard 720 EpoCem / Poxitar F	Sí
11	Sikagard 75 EpoCem / Sikagard 64	Sikagard 720 EpoCem / Sikagard 64	No
12	Sikagard 75 EpoCem / Sikagard 63	Sikagard 720 EpoCem / Sikagard 63 N	Sí
13	Sikagard 75 EpoCem / Sikagard 62	Sikagard 75 EpoCem / Sikagard 62	No

Sika, S.A.U.

Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938

[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



## 4.2. Inspección in situ

En diciembre de 2.008 se llevaron a cabo las siguientes inspecciones:

- Inspección visual (fotografías tomadas de los daños típicos)
- Toma de testigos (50 mm de diámetro)
- Tapado de los agujeros donde se tomaron testigos

## 4.3. Ensayos y análisis de laboratorio

Se llevaron a cabo los siguientes ensayos sobre los testigos tomados in situ:

- Adherencia a tracción según ensayo de Procedimiento DafStb, parte 3 (German Committee for Structural Concrete)
  - 50 mm de diámetro
  - Adhesivo Sikadur 31
  - Ligerito lijado de la superficie
- Análisis microscópico
- Análisis de contenido de iones cloruros, nitritos y sulfatos por cromatografía después de extracción por agua caliente.

## 4.4. Definición de terminología

Para evitar malentendidos y asegurar una clara definición de la terminología, se dan a continuación las definiciones:

- *Sin daños visibles*: la superficie está intacta, sin burbujas, despegues o rigidizaciones
- *Mortero reblandecido*: La resistencia del mortero ha, de alguna forma, disminuido, y se puede eliminar manualmente con una barra de acero, ejerciendo considerable fuerza
- *Mortero fácilmente arrancable*: La resistencia del mortero ha, de alguna forma, disminuido, y se puede eliminar manualmente con una barra de acero, ejerciendo una fuerza normal.
- *Mortero fácilmente arrancable (con poca fuerza)*: La resistencia del mortero ha disminuido de tal manera que se puede eliminar manualmente con una barra de acero, ejerciendo una fuerza muy ligera.
- *Mortero fácilmente arrancable (sin fuerza)*: La resistencia del mortero ha disminuido de tal manera que se puede eliminar manualmente con una barra de acero, sin ejercer fuerza.
- *Matriz totalmente destruida / completamente debilitada*: El mortero ha perdido toda su resistencia, y se elimina el revestimiento al lavar con agua limpia.

Sika, S.A.U.  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



- *Superficie pulverulenta (cemento) / fragilización de la superficie (resina polimérica):* Sólo está afectada la matriz, puede que capa inferiores conserven la resistencia

#### 4.5. Investigación en 2008

Las áreas de hormigón que no fueron tratadas muestran señales típicas de ataque químico, con exposición de los áridos por pérdida de ligante, debida al ataque y disolución de la pasta de cemento.

Se tomaron también muestras de sales agresivas / contaminantes que estaban presentes.



Vista general de las zonas de ensayo en 2008



Vista cercana de las zonas de hormigón no tratadas

## 5. Medidas y resultados

### 5.1. Resistencia a tracción del hormigón

Los ensayos de adherencia se llevaron a cabo de acuerdo a la Guía DAfStb, parte 3. Se hicieron en testigos de 20 mm de longitud. Se lijó ligeramente la superficie.

Nº	Tratamientos de protección	Resist. tracción (N/mm <sup>2</sup> )		Modo de fallo 2008 (rotura de hormigón, adherencia o revestimiento)
		2002	2008	
1	Sikadur 31	5,2	2,5	40% horm. / 60% revestim.
		3,0	1,8	80% horm. / 20% revestim.
	<b>Valor medio</b>	<b>4,1</b>	<b>2,2</b>	
10	Sikagard 75 EC + Poxitar F	2,0	3,2	Hormigón
		3,1	3,4	Hormigón
	<b>Valor medio</b>	<b>2,6</b>	<b>3,3</b>	
12	Sikagard 75 EC+	1,7	3,5	Hormigón
12	Sikagard 63	1,3	1,7	Hormigón
	<b>Valor medio</b>	<b>1,5</b>	<b>2,6</b>	
-	Material desconocido	2,8	2,5	50% horm. / 50% revestim.
		4,5	4,0	30% horm. / 70% revestim.
	<b>Valor medio</b>	<b>3,7</b>	<b>3,3</b>	

Sika, S.A.U.  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



## 5.2. Resumen de las zona y condiciones de inspección

	Cond. después 7 años	Cond. después 10 años	Cond. después 17 años
1	<b>Sikadur 31 – Sistema de 1 capa</b>		
	Ok, con algunas pequeñas burbujas osmóticas	Burbujas en el fondo, sin mayores daños	Siguen las mismas burbujas, sin mayores daños. Intacto después de ensayo de abrasión
2	<b>Sika Top Seal 107 – Sistema de 1 capa</b>		
	El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero, reblandecido	Sin daños visibles. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero. Formación de polvo en la superficie	El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero, sin usar fuerza. Totalmente reblandecido
3	<b>Sika 101 A – Sistema de 1 capa</b>		
	El mortero se puede arrancar con una barra de acero, reblandecido	Mucha formación de polvo. Se ha desprendido del fondo. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero.	La matriz está totalmente destruida
4	<b>Sika Top Armatec 110 EpoCem – Sistema de 2 capas con brocha</b>		
	Sin daños visibles	Sin daños visibles. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero. Formación de polvo	Sin daños visibles. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero con poca fuerza. Matriz débil
5	<b>Sika Top 121 – Sistema de 1 capa</b>		
	El mortero se puede arrancar con una barra de acero, reblandecido	Mucha formación de polvo. Se ha desprendido del fondo. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero.	No se realizó el ensayo en 2008
6	<b>Sika Monotop 620 – Sistema de 1 capa</b>		
	El mortero se puede arrancar con una barra de acero, reblandecido	Mucha formación de polvo. Se ha desprendido del fondo. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero.	La matriz está totalmente destruida
7	<b>Sika Top 123 (1 capa) + Sikafloor 89 (2 capas)</b>		
	Sin daños visibles. Algunas burbujas osmóticas.	Sin daños visibles. Algunas burbujas osmóticas de 2 mm	No se realizó el ensayo en 2008
8	<b>Sika Top 123 – Sistema de 1 capa</b>		
	El mortero se puede arrancar con una barra de acero, reblandecido	Mucha formación de polvo. Se ha desprendido del fondo. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero.	No se realizó el ensayo en 2008
9	<b>Sikagard 75 EpoCem – Sistema de 2 capas</b>		
	Sin daños visibles	Sin daños visibles. El mortero se puede arrancar con una barra de acero. Formación de polvo en la superficie	Sin daños visibles. El mortero se puede arrancar fácilmente con una barra de acero. Matriz reblandecida
10	<b>Sikagard 75 EpoCem (2 capas) + Poxitar F (2 capas)</b>		
	Sin daños visibles Sin daños visibles	Sin daños visibles Sin daños visibles	Sin daños visibles Intacto después de ensayo de abrasión
11	<b>Sikagard 75 EpoCem (2 capas) + Sikagard 64 (2 capas)</b>		
	Sin daños visibles. 2 ó 3 burbujas osmóticas	Sin daños visibles. 2 ó 3 burbujas osmóticas	No se realizó el ensayo en 2008
12	<b>Sikagard 75 EpoCem (2 capas) + Sikagard 63 N (2 capas)</b>		
	Sin daños visibles Sin daños visibles	Sin daños visibles Aprox. 30 burbujas osmóticas de 5-10 mm en la zona de transición.	Sin daños visibles Cientos de burbujas osmóticas en toda la zona. Intacto después de ensayo de abrasión
13	<b>Sikagard 75 EpoCem (2 capas) + Sikagard 62 (2 capas)</b>		
	Sin daños visibles. Delaminación en la parte inferior (posible defecto de aplicación, soporte muy húmedo)	Sin daños visibles. El revestimiento se desprende cuando se golpea con un cincel.	No se realizó el ensayo en 2008

### 5.3. Concentración de agentes agresivos

El contenido de elementos agresivos detectado en el análisis dao como porcentaje sobre el peso del cemento.

El cálculo se basa en las siguientes asunciones:

- Densidad del hormigón: 2,4 kg/l; contenido de cemento de la mezcla original: 300 kg/m<sup>3</sup>
- Cada uno de los sistemas de protección fue eliminado previamente al análisis

Como % sobre el peso de cemento				
Nº	Componente	0 – 10 mm	10 – 20 mm	20 – 30 mm
<b>Contenido en cloruros</b>				
0	Testigo de control 1	0,17	0,19	0,16
0	Testigo de control 2	0,14	0,18	0,18
9	Sikagard 75 EpoCem	0,15	0,15	0,13
10	Sikagard 75 EC + Poxitar LS	0,12	0,14	0,14
12	Sikagard 75 EC + Sikagard 63	0,12	0,13	0,14
<b>Contenido en sulfatos</b>				
0	Testigo de control 1	3,06	1,14	0,98
0	Testigo de control 2	2,70	1,14	1,22
9	Sikagard 75 EpoCem	2,82	1,10	1,22
10	Sikagard 75 EC + Poxitar LS	2,20	1,16	1,14
12	Sikagard 75 EC + Sikagard 63	2,30	1,10	1,04
<b>Contenido en nitritos</b>				
0	Testigo de control 1	No encontrados	No encontrados	No encontrados
0	Testigo de control 2	“	“	“
9	Sikagard 75 EpoCem	“	“	“
10	Sikagard 75 EC + Poxitar LS	“	“	“
12	Sikagard 75 EC + Sikagard 63	“	“	“
<b>Contenido en nitratos</b>				
0	Testigo de control 1	0,25	0,23	0,19
0	Testigo de control 2	0,23	0,22	0,21
9	Sikagard 75 EpoCem	0,15	0,15	0,13
10	Sikagard 75 EC + Poxitar LS	0,12	0,14	0,14
12	Sikagard 75 EC + Sikagard 63	0,12	0,13	0,14

### 6. Evaluación y conclusiones

Tanto los revestimientos a base de productos cementosos puros, como los cementosos modificados con polímeros (Sika Top Seal 107 (nº 2), Sika 101<sup>a</sup> (nº 3) y Sika Monotop 620 (nº 6)) se han reblandecido después de 7,5 años, se han desprendido en algunas zonas después de 10 años y su matriz cementosa está prácticamente destruida después de 17 años. Su expectativa de vida en estas condiciones debe ser inferior a 7,5 años.

Los dos productos a base de una combinación de epoxi y cemento (Sika Top Armatec 110 EpoCem y Sikagard 75 EpoCem) son más resistentes que los basados en cemento o modificados con resinas. Su matriz cementosa se ha reblandecido a los 10 años y su superficies se habían vuelto ligeramente pulverulentas.



Después de 17 años estos productos prácticamente no tenían resistencias mecánicas ya. Su expectativa de vida en servicio se puede considerar por lo tanto en alrededor de 10 años.

Los productos basados en resinas epoxi (Sikadur 31, Poxitar F y Sikagard 63) son todavía suficientemente resistentes después de 17 años de exposición continua a aguas residuales, y presentan poco desgaste. Sikagard 63 tiene algunas burbujas de origen osmótico, probablemente debidas a unas condiciones del soporte o ambientales inadecuadas en el momento de la aplicación. La vida en servicio de estos productos por lo tanto se puede considerar en más de 17 años.

La zona del nivel del agua (alternativas de humedad-sequedad) también se investigó en una pequeña área de ensayo. Una breve inspección visual mostraba que todos los productos habían sido atacados de una u otra forma. No se pudo analizar más en detalle por problemas de acceso a la zona.

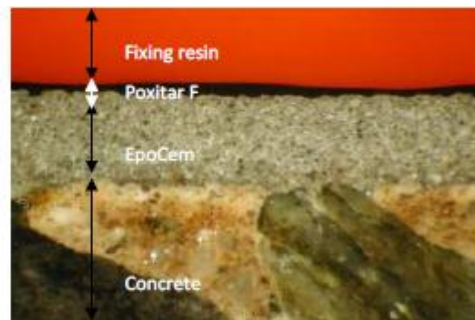
El análisis de los agentes agresivos no dio más detalles o conclusiones:

- El contenido de iones cloruro era prácticamente el mismo en todos los testigos, lo que parece indicar que la contaminación por cloruros es muy baja en esta planta en particular.
- No se detectaron en absoluto contaminantes a base de nitritos.
- El contenido de sulfatos es el mismo hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm, con un nivel de alrededor del 1,1%. Los primeros niveles presentaban algunas acumulaciones de sulfatos, que eran ligeramente menores en las zonas revestidas con sistemas de resina epoxi. Debido a que los sulfatos se acumulan principalmente en los primeros 5 mm, pero el nivel de medida es 10 mm, la capacidad protectora de los revestimientos no se pueden demostrar con este tipo de resultados.
- El contenido de nitratos es de aproximadamente 0,25% para el hormigón sin revestir, 0,15% para el revestido con Sikagard 75 EpoCem y 0,12% para el revestido con resinas epoxi.

La tendencia mostrada en estas series es que las áreas revestidas con sistemas a base de cemento tiene poca capacidad de protección contra nitratos y las áreas revestidas con resinas epoxi dan mayor protección.



Revestimiento a base de producto cementoso



Revestimiento epoxi y de Tecnología EpoCem

## 7. Situación actual

Desde que se aplicaron los materiales originales en 1-991, Sika ha ido mejorando continuamente su gama de productos a través de un significativo trabajo de I+D, y mediante la adopción de nuevas materias primas y tecnologías que actualmente están disponibles.

Basado en esta inspección y evaluación, se ha incrementado nuestra experiencia y conocimiento de los sistemas de protección de E.D.A.R. y otras estructuras en contacto con aguas residuales y agresivas. A continuación se indica la gama actual para estos usos.

Estructuras de Tratamiento Primario (filtros, desarenadores, rejillas, etc)					
Imprimación		Revestimiento de acabado			Expectativa de vida en servicio
Tipo de producto	Nombre de producto	Tipo de producto	Nombre de producto	Propiedades	15 - 20 años
Resina epoxi	Sikafloor 156	Resina epoxi	Sikaguard 62	Rígido, proyectable	15 - 20 años
Resina epoxi	Sikafloor 156	Poliurea	SikaLastic 840	Puenteo de fisuras	20 - 205años
Estructuras de Tratamiento Secundario (limpieza biológica, decantadores, etc)					
Resina epoxi	Sikafloor 156	Brea-epoxi	Poxitar LS	Ligeramente flexible	15 - 20 años
Resina epoxi	Sikafloor 156	Poliuretano	SikaLastic 353	Flexible	15 - 20 años
Resina epoxi	Sikafloor 156	Resina epoxi	Sikaguard 62	Rígido, proyectable	15 - 20 años
Instalaciones de Tratamiento de Fangos					
Resina epoxi	Sikafloor 156	Resina epoxi	Sika Permacor 3326	Rígido, proyectable	20 - 25 años
Resina epoxi	Sikafloor 156	Poliurea	SikaLastic 844 XT	Puenteo de fisuras	25 - 30 años

Con todos los sistemas destinados a proteger las superficies de hormigón contra los ataques químicos, el soporte debe ser adecuadamente limpiado, preparado, reparado y nivelado según los requerimientos, con objeto de proveer una superficie sana, limpia, con textura abierta, libres de poros, agujeros y otros defectos.

Sika, S.A.U.  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



Cuando haya disposición de tiempo, recomendamos el uso de morteros cementosos mejorados con polímeros, para nivelación y tapaporos, dejando posteriormente unos 10 días para el endurecimiento y secado antes de aplicar el revestimiento con resinas epoxi.

Para reducir esos tiempos de espera, recomendamos la utilización de productos a base de epoxi-cemento (como Sikaguard 720 EpoCem), con un espesor mínimo de 3 mm. Este tipo de material permite la aplicación de los revestimientos a base de resinas reactivas (epoxi y poliureas) en un tiempo mucho menor, en cuanto hayan secado por debajo del 4% de h.r. (normalmente a las 24 horas).

# Artículo técnico

## **Perfil Corporativo de Sika**

*El Grupo Sika, con sede en Baar, Suiza, es una compañía multinacional especializada en productos químicos. Sika es suministrador en los sectores de construcción - en edificación y obra civil - e industria (transporte, automoción, plantas de energía solar y eólica, fachadas). Sika es líder en la fabricación de materiales empleados en sellado, pegado, impermeabilización, reparación y refuerzo y protección de estructuras. La gama de productos Sika incluye aditivos para hormigón de alta calidad, morteros especiales, selladores y adhesivos, materiales para la humedad, sistemas de refuerzo estructural, pavimentos industriales y membranas impermeabilizantes. La presencia local en 80 países y aproximadamente 15.200 empleados en todo el mundo, ponen en contacto directo a Sika con sus clientes y garantizan el éxito en todas sus relaciones comerciales, generando unas ventas anuales en 2012 de 4.829 millones de Francos Suizos*

**Sika, S.A.U.**  
Carretera de Fuencarral, 72. 28108 – Alcobendas. Madrid  
Telf. 916572375 Fax: 916621938  
[www.sika.es](http://www.sika.es)

Síguenos en:



@SikaSpain



Sika España



SikaESP