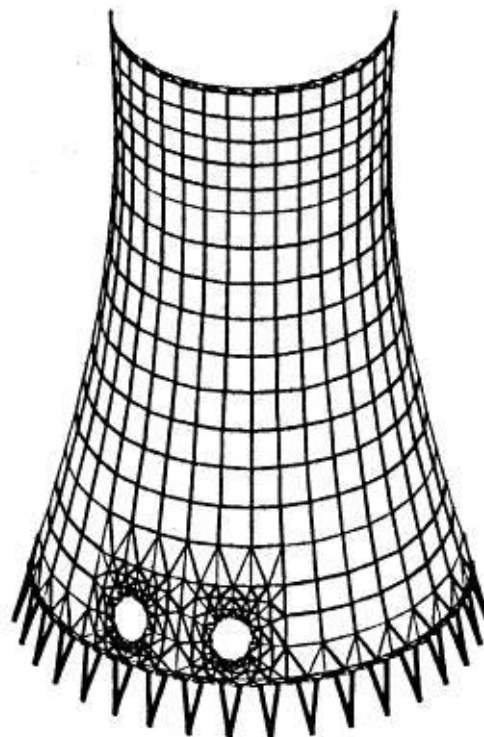


# Análisis del Ciclo de Vida Soluciones de Reparación y Mantenimiento para Torres de Refrigeración

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

## RESUMEN

Las rehabilitaciones de las torres de refrigeración en centrales eléctricas son complejas debido a su forma y la corta ventana de tiempo permitida para los trabajos de reparación. Este artículo compara diferentes sistemas de protección y reparación disponibles, en relación con la extensión de la vida útil estructural, y muestra cómo este sistema puede ayudar al proyectista y al contratista, en beneficio del cliente. Se lleva a cabo un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de diferentes soluciones y materiales basados en experiencias prácticas de la vida real, para evaluar y comparar sus impactos ambientales potenciales. El análisis muestra la estrategia óptima de reparación con la que se reduce la frecuencia de los ciclos de reparación, al tiempo que aumenta la vida útil de la estructura.



### 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

**BUILDING TRUST**



## 1. INTRODUCCIÓN

Las rehabilitaciones de las torres de refrigeración de las centrales eléctricas son complejas pues son estructuras difíciles de reparar. La forma, el enorme tamaño, difícil acceso, tiempo en el que las torres se pueden parar y las condiciones climáticas representan los más difíciles de los desafíos para la planificación y ejecución del trabajo. Este artículo compara cómo los diferentes sistemas de protección y reparación y preparación de la superficie pueden extender la vida útil del hormigón y muestra cómo productos especializados pueden ayudar al proyectista y el contratista, en beneficio del cliente.

De la experiencia, Engelfried ha mostrado que un buen revestimiento de protección, aplicado sobre hormigón que no haya sido debidamente preparado, durará sólo entre 7 a 10 años. En un entorno similar, pero con preparación de la superficie, Engelfried indica que una buena capa protectora durará al menos 20 años. Mozaryn ha demostrado la alta durabilidad de los revestimientos protectores aplicados en el caparazón interior y exterior de las torres a pesar de la agresividad del ambiente. Tanto la elección de la estrategia de reparación adecuada como la calidad del producto no sólo reducen significativamente la frecuencia de los ciclos de reparación, sino que tendrán un impacto positivo en la durabilidad de la estructura, y en el rendimiento desde el punto de vista económico general en la construcción.

Los principales indicadores de sostenibilidad en la rehabilitación están relacionados con los tres pilares de sostenibilidad (social, económica y ambiental), a través de los principales criterios: consumo de material, la eficiencia del tiempo, costes económicos e impactos ambientales. Para examinar esta última, en este artículo se comparan tres diferentes escenarios de rehabilitación para las torres de refrigeración y se comparan en cuanto a su impacto ambiental y durabilidad y cómo pueden ser influenciados por la preparación de la superficie

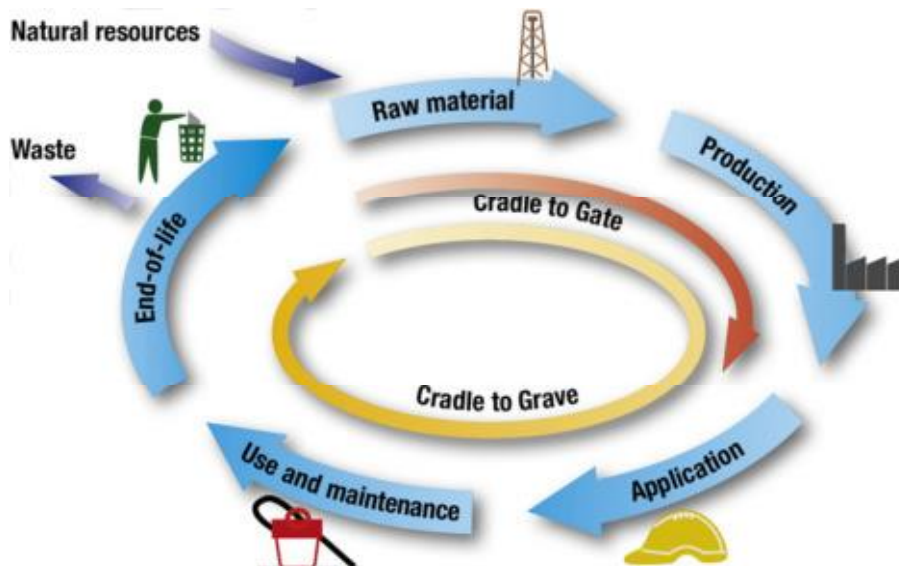


Fig.1: Esquema del Ciclo de Vida de un producto de construcción

**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

**BUILDING TRUST**



## 2. MÉTODO

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) proporciona un método para cuantificar y evaluar los posibles impactos ambientales durante el ciclo de la vida de un producto (Fig. 1). Se inicia con las materias primas, a través de la fase de producción hasta la colocación en obra, y posteriormente hasta la eliminación de los productos como residuos o reciclado. Esto se conoce comúnmente como por la cuna a la tumba.

Un ACV para un fabricante de materiales de construcción puede dar un perfil ambiental cuantitativo dentro de un marco. Esto puede ayudar a mejorar o diferenciar entre los productos y soluciones en términos de los potenciales beneficios ambientales.

Este ACV de productos y sistemas de rehabilitación se realiza por el Departamento de Sostenibilidad de Sika de acuerdo a la norma ISO-14040 y la norma EN 15804.

### 2.1. Alcance del Análisis

La unidad funcional tomada para el análisis es la reparación de una torre de refrigeración de 20.000 m<sup>2</sup> de superficie a lo largo de un período de vida de 20 años. Para realizar el ACV se necesita una toma de datos y procedimientos de cálculo para cuantificar los inputs y outputs relevantes de cada sistema de productos.

La recolección de datos de los productos se llevó a cabo por el fabricante y corresponde a los datos medidos o calificados, incluyendo la fórmula de los productos, el transporte, el envasado y la producción. El sistema se modeló en el software LCA GaBi 5.0, basado en estos datos recogidos y en conjuntos de datos de las bases comerciales, tales como ELCD (European Life Cycle referencia de base de datos), y PE International Ecoinvent. Se incluye el transporte hasta el lugar de instalación. Los procesos de aplicación incluyen la energía para el tratamiento previo de la superficie, aplicación del producto (con las emisiones estimadas de COV) y el transporte de residuos y tratamiento de los mismos. Para el desmantelamiento se incluye el transporte de residuos al final de su vida y tratamiento o reciclaje de los mismos. Se considera que todos los productos componentes del sistema se llevan a un vertedero, que es la forma de deshacerse de ellos.

La fase de evaluación de impacto asocia los datos de inventario con las categorías de impacto ambiental (calculado con el método CML 2001). Se consideran tres categorías de impacto como las más relevantes para este ejemplo, pues la síntesis de las tres representa perfectamente los parámetros de sostenibilidad en reparación y rehabilitación de estructuras de hormigón: la huella de carbono, la eficiencia de recursos (y energía), y las emisiones contaminantes (es decir, relacionadas con la salud y la seguridad de los trabajadores).

### **Potencial de Calentamiento Global (GWP de 100 años)**

El potencial de calentamiento mide la contribución potencial al cambio climático por el impacto de las emisiones humanas en la capacidad radiativa de la atmósfera. La mayor parte de las emisiones la incrementan, haciendo que la temperatura en la superficie de

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

Síguenos en:



**BUILDING TRUST**



la tierra se eleve (el llamado "efecto invernadero"). Se mide en kilogramos (o toneladas) de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalentes para un horizonte temporal de 100 años.

#### **Demanda Acumulada de Energía (CED)**

La Demanda Acumulada de Energía refleja la cantidad total de energía primaria a partir de recursos renovables y no renovables. Se mide en MJ.

#### **El Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico (PCOF)**

La creación de ozono fotoquímico, también conocido como smog de verano, es la formación de compuestos químicos reactivos, p.e. ozono, por la acción de la luz solar sobre ciertos contaminantes del aire primario, que puede ser perjudicial para la salud humana, los ecosistemas y los cultivos. Se mide en kg de equivalentes de eteno (también conocido como etileno). Las sustancias que contribuyen mayormente a esta categoría son los compuestos orgánicos volátiles (COV).

### **3. ESCENARIOS DE REPARACIÓN ANALIZADOS**

En este ejemplo, los diferentes sistemas se calcularán sobre un período de 60 años en base a una superficie arbitraria de 20.000 m<sup>2</sup>. Los escenarios y los productos se describen a continuación.

#### **3.1. Descripción de los escenarios**

Hay tres escenarios diferentes seleccionados para la comparación (Fig. 2). El primer escenario es no tener ningún sistema de protección aplicado sobre el hormigón después de la fase de construcción. 20 años más tarde, el hormigón está muy dañado y requiere rehabilitación completa. Después de la reparación, se coloca un material de recubrimiento sobre la superficie de hormigón mal preparada. Debido a la inadecuada preparación de la superficie y el producto de mala calidad, el proceso debe repetirse cada 10 años.

Del mismo modo, en el segundo escenario también sin capa protectora aplicada después de la construcción. 20 años más tarde, se requiere rehabilitación completa, obviamente como en el caso anterior. Después se realiza una reparación del hormigón adecuada, con un sistema de protección de mejor calidad aplicado sobre una superficie preparada de forma correcta (con reperfilado previo). Debido a la buena prestación de la capa protectora de alto rendimiento aplicada sobre una superficie libre de defectos, la reparación se supone que es duradera y entonces sólo se necesita una capa de renovación que se aplica cada 20 años.

El tercer escenario conlleva una capa protectora aplicada sobre el hormigón en el momento de la construcción (incluido el material de reperfilado y tapaporos). En este caso, debido a la adecuada protección, sólo se necesita una capa de renovación cada 20 años, (suponiendo que no hay necesidad de reparaciones de hormigón sustanciales).

#### **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

**BUILDING TRUST**



10 años	20 años	30 años	40 años	50 años	60 años
<b>Escenario 1: sistema orientado a coste</b>					
Nueva construcción: <b>Sin protección</b>	Reparación	Reparación	Reparación	Reparación	Reparación
<b>Escenario 2: reparación con sistema de alta durabilidad</b>					
Nueva construcción: <b>Sin Protección</b>	Reparación		Capa de renovación		
<b>Escenario 3: sistema orientado a durabilidad</b>					
Nueva construcción: <b>Protección total</b>	Reparación		Capa de renovación		

Fig.: 2. Los 3 escenarios con los tiempos

### 3.2. Información detallada de la aplicación

Los distintos Escenarios quedan definidos en las siguientes Tablas

Tabla 1: Descripción del Escenario 1

<b>Escenario 1</b>				
<i>Item</i>	<i>Descripción</i>			<i>Tiempo</i>
Nueva construcción	Sin protección			0 – 20 años
Reparación	Mortero de reparación Sin tapaporos ni reperfilado Cara interna de la torre: epoxi en base solvente acabado con PU Cara externa de la torre: revestimiento acrílico en base solvente (protección UV)			Cada 10 años
<b>Detalles del Escenario 1: Etapas de Reparación</b>				
<i>Etapas</i>	<i>Acción</i>	<i>Proceso / producto</i>	<i>Cantidades</i>	<i>Superficie considerada</i>
Reparación	SPT*	Demolición de hormigón suelto	-	2.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Mortero de reparación	200 ton.	
	SPT*	Chorro de la armadura expuesta	-	100 m <sup>2</sup>
	PA**	Protección contra la	2,5 ton	

#### Sika, S.A.U.

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

Síguenos en:



**BUILDING TRUST**



		corrosión		
	SPT*	Chorro de agua a alta presión	-	20.000 m <sup>2</sup>
Protección del interior	SPT*	Chorro de agua a baja presión	-	20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Imprimación genérica	6 ton	
	PA**	Capa intermedia genérica	18 ton	
	PA**	Capa de protección UV	4,5 ton	5.000 m <sup>2</sup>
Protección del exterior	PA**	Revestimiento genérico	12 ton	20.000 m <sup>2</sup>

Tabla 2: Descripción del Escenario 2

Escenario 2				
Item	Descripción			Tiempo
Nueva construcción	Sin protección			0 – 20 años
Reparación	Mortero de reparación Cara interna de la torre: tapaporos con mortero epoxi-cemento, epoxi en base solvente de alta calidad, acabado con PU (protección UV) Cara externa de la torre: revestimiento con imprimación de silanos y acabado con revestimineto acrílico con capacidad de puenteo de fisuras			A los 20 años
Capa de renovación	Cara interna de la torre: 1 capa del mismo revestimiento epoxi y PU Cara externa de la torre: 1 capa de revestimiento acrílico en base agua			Después de 40 años
Detalles del Escenario 2: Etapas de Reparación				
Etapas	Acción	Proceso / producto	Cantidades	Superficie considerada
Reparación	SPT*	Demolición de hormigón suelto	-	2.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Mortero de reparación	200 ton.	
	SPT*	Chorro de la armadura expuesta	-	100 m <sup>2</sup>
	PA**	Protección contra la corrosión	2,5 ton	
	SPT*	Chorro de agua a alta presión	-	20.000 m <sup>2</sup>
Protección del interior	SPT*	Reperfilado y tapaporos	100 ton	20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Chorro de agua a baja presión	-	
	PA**	Imprimación genérica	4 ton	

**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

**BUILDING TRUST**

	PA**	Capa intermedia genérica	16 ton	
	PA**	Capa de protección UV	4 ton	5.000 m <sup>2</sup>
Protección del exterior	SPT*	Chorro de agua a baja presión		20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Capa de hidrofugante con silano	3 ton	
	PA**	Revestimiento de protección	9 ton	
Capa de renovación del interior	SPT*	Chorro de agua a baja presión		
	PA**	Revestimiento epoxi	6 ton	15.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Capa de PU	2 ton	5.000 m <sup>2</sup>
Capa de renovación del exterior	SPT*	Chorro de agua a baja presión		20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Revestimiento de protección	4,5 ton	

Tabla 3: Descripción del Escenario 3

Escenario 3				
Item	Descripción			Tiempo
Nueva construcción	Cara interna de la torre: tapaporos con mortero epoxi-cemento, epoxi en base solvente de alta calidad, acabado con PU (protección UV) Cara externa de la torre: revestimiento con imprimación de silanos y acabado con revestimineto acrílico con capacidad de puenteo de fisuras			0 – 20 años
Capa de renovación	Cara interna de la torre: 1 capa del mismo revestimiento epoxi y PU Cara externa de la torre: 1 capa de revestimiento acrílico en base agua			Cada 20 años
Detalles del Escenario 3: Etapas de Reparación				
Etapas	Acción	Proceso / producto	Cantidades	Superficie considerada
Durante la etapa de construcción				
Tapaporos y reperfilado	SPT*	Chorro de agua a alta presión	-	20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Tapaporos y reperfilado	100 ton.	
Protección del interior	SPT*	Reperfilado y tapaporos	100 ton	20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Chorro de agua a baja presión	-	
	PA**	Imprimación epoxi	4 ton	
	PA**	Revestimiento epoxi intermedio	16 ton	

**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

**BUILDING TRUST**



	PA**	Capa de protección UV	4 ton	5.000 m <sup>2</sup>
Protección del exterior	SPT*	Chorro de agua a baja presión		20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Capa de hidrofugante con silano	3 ton	
	PA**	Revestimiento de protección	9 ton	
Después de 20 años y cada 20 años – capa de renovación				
Capa de renovación del interior	SPT*	Chorro de agua a baja presión		
	PA**	Revestimiento epoxi	6 ton	15.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Capa de PU	2 ton	5.000 m <sup>2</sup>
Capa de renovación del exterior	SPT*	Chorro de agua a baja presión		20.000 m <sup>2</sup>
	PA**	Revestimiento de protección	4,5 ton	

SPT: pretratamiento superficial (PMR = alta presión de agua, LWP = baja presión de agua)

\*\* PA: Aplicación del producto (h = por lado, ws = rocío de agua, como = pulverización sin aire)

### 3.3. Descripción de los productos

Los productos a que se hace referencia en el punto anterior se describen en la siguiente Tabla.

Tabla 4: Productos de reparación que se utilizaron

Tipo de producto	Descripción
<b>Escenario 1</b>	
Mortero de reparación	Mortero de reparación de 1 componente, sin polímeros (CC), tipo R4 de acuerdo a EN-1504-3
Protección contra la corrosión	Lechada cementosa de 1 componente, para protección contra la corrosión de acuerdo a EN-1504-7
Imprimación epoxi	Imprimación epoxi con disolventes
Revestimiento epoxi	Revestimiento epoxi con disolventes
Revestimiento PU	Revestimiento de PU con disolventes
Revestimiento de protección	Revestimiento de protección con disolventes
<b>Escenarios 2 &amp; 3</b>	
Mortero de reparación (sólo Escenario 2)	Mortero de reparación de 1 componente, sin polímeros (CC), tipo R4 de acuerdo a EN-1504-3
Protección contra la corrosión (sólo Escenario 2)	Lechada cementosa de 1 componente, para protección contra la corrosión de acuerdo a EN-1504-7
Mortero de reperfilado y tapaporos	Micro-mortero epoxi-cemento de 3 componentes, que cumple con la EN-1504-2 y -3
Imprimación epoxi	Imprimación epoxi que cumple con la guía de VGB

#### 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

**BUILDING TRUST**





Revestimiento epoxi	Revestimiento epoxi que cumple con la guía de VGB y EN-1504-2
Revestimiento PU	Revestimiento de PU que cumple con EN-1504-2, resistente a UV
Impregnación de silano	Silano en base agua, con alto contenido en materia activa, que cumple con EN-1504-2
Revestimiento de protección	Revestimiento de protección en base agua, que cumple con la EN-1504-2

#### 4. RESULTADOS DEL ACV

El análisis real del Ciclo de Vida es complejo. Para simplificar los gráficos ilustrados representan un resumen de una parte del estudio, que muestra los impactos por cada paso de la reparación (consultar la Fig. 3, 4 y 5). En la lectura de los gráficos, la "reparación" se refiere a productos analizados de „la cuna a la puerta“. Esto significa que es la parte del ciclo de vida del producto hasta la aplicación.

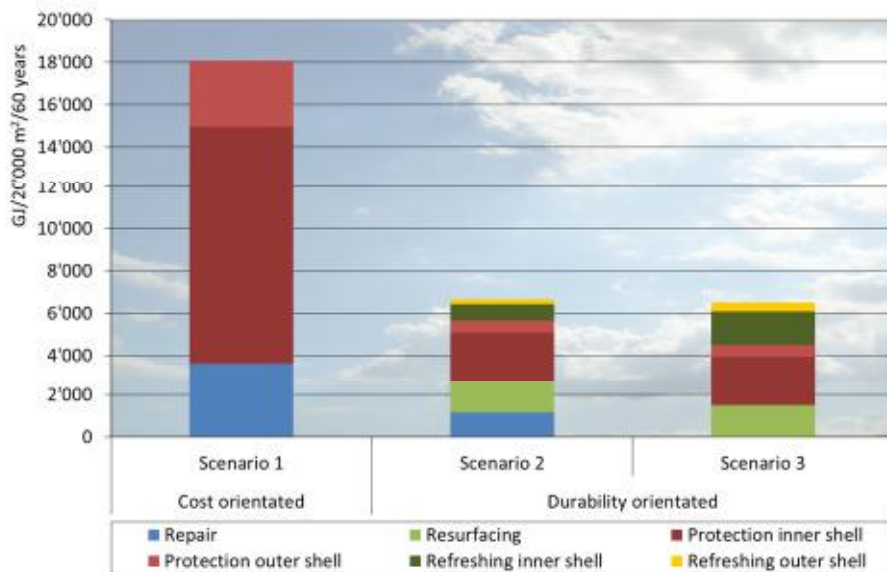


Fig. 3: Demand Acumulada de Energía para 60 años, por etapa de reparación, de la „cuna a la tumba“

#### 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

**BUILDING TRUST**



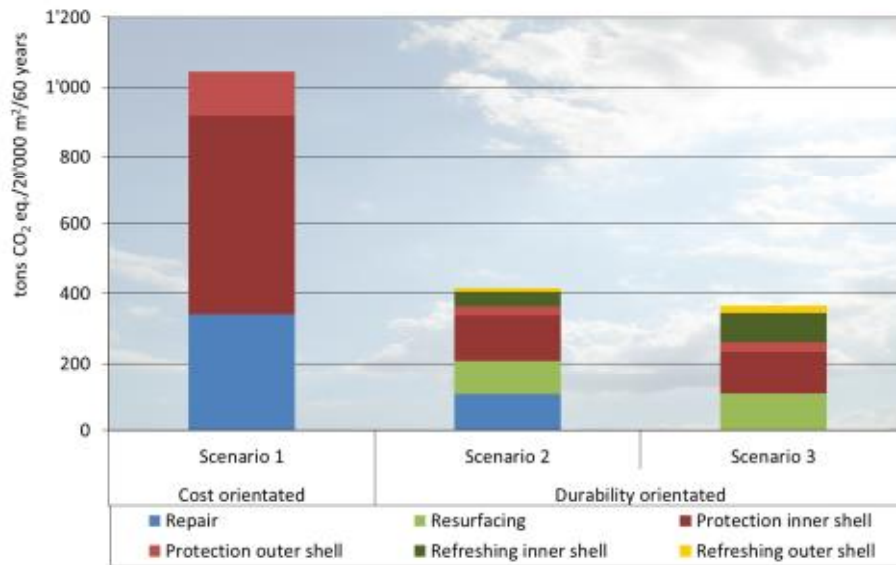


Fig. 4: Potencial de Calentamiento Global para 60 años, por etapa de reparación, de la „cuna a la tumba“

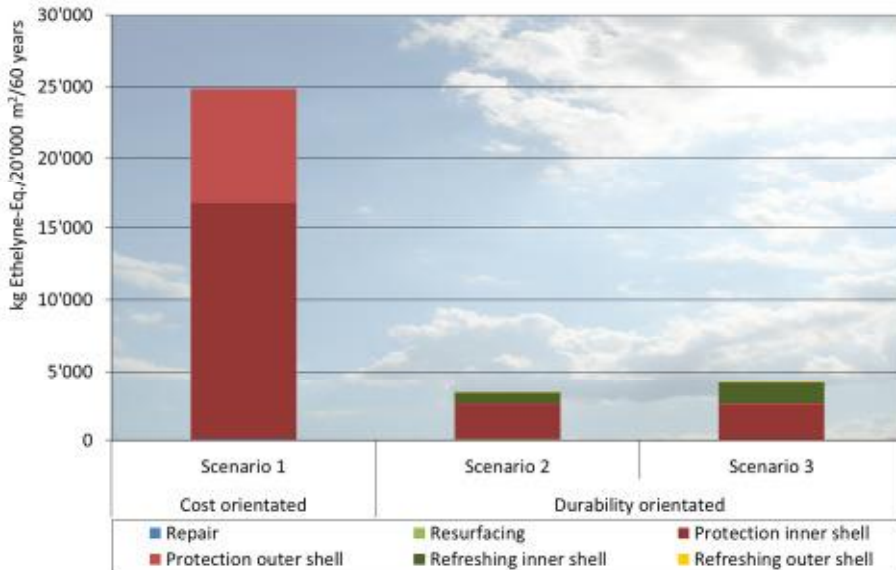


Fig. 5: Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico, por etapa de reparación, de la „cuna a la tumba“

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

Síguenos en:



**BUILDING TRUST**





Fig. 6: Inadecuado material de reparación desprendiéndose pocos años después de la reparación.

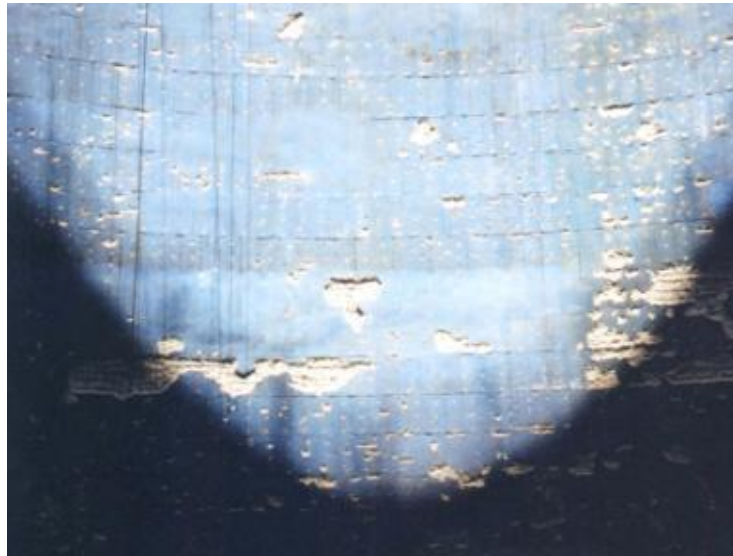


Fig. 7: Resultados de la cara interna con un revestimiento de PU cuando se aplica sobre una superficie de hormigón congelada y no reparada

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

Síguenos en:



**BUILDING TRUST**





Fig. 8: Capa de revestimiento de protección colocada sobre hormigón no bien preparado

## 5. RESULTADOS

Es claro ver a partir de los resultados del ACV que el Escenario 1 conlleva impactos ambientales más altos. Esto viene de la cantidad de veces, y los tipos de materiales que se necesitan aplicar a la envolvente interior/exterior y para la reparación del hormigón.

El ACV mostró que aproximadamente el 95% de los impactos del sistema de reparación se originan en la selección de productos, es decir, materias primas, el transporte y la fabricación (de la cuna a la puerta). Esta es la principal razón de resumir este ACV en relación con los diferentes pasos de la reparación (ver tabla 5).

Engelfried pone de relieve la necesidad de la preparación correcta de la superficie si se espera durabilidad a largo plazo. Menciona también que si la reparación se realiza sin sistema dectapaporos previo (que conlleva mucho consumo de tiempo), la durabilidad tendrá una expectativa de vida de corta a meda, alrededor de 10 años (incluso si se está utilizando material de revestimiento de buena calidad).

### Sika, S.A.U.

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

Síguenos en:



**BUILDING TRUST**



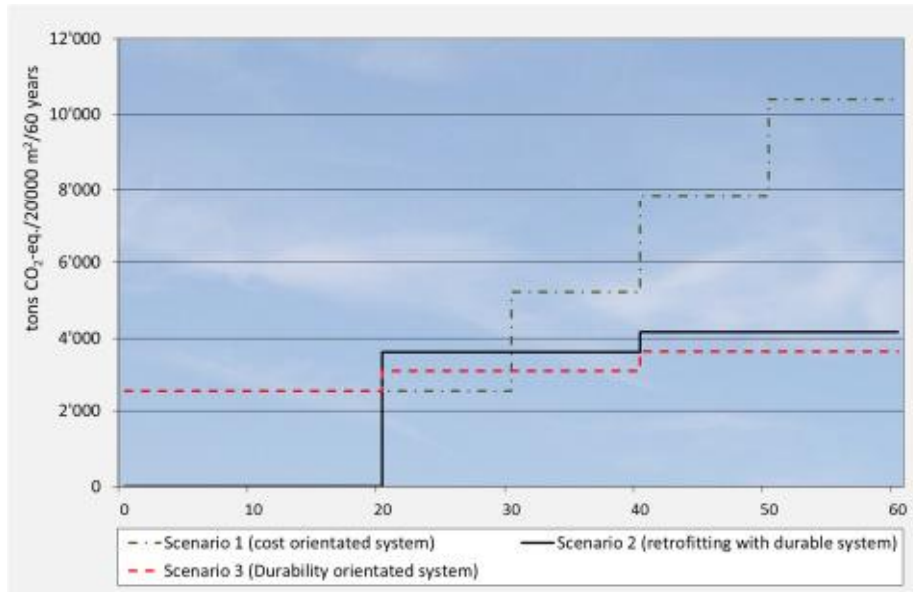


Fig.9: Evolución en el tiempo del Potencial de Calentamiento Global (GWP), durante el tiempo de vida de la estructura, de la „cuna a la tumba“.

La Fig. 8 muestra una superficie inadecuadamente preparada con una expectativa de durabilidad corta.

El Escenario 2 presenta las ventajas de utilizar un sistema adecuado de preparación de la superficie. Sin embargo, los períodos de parada permisibles dependen en gran medida de varios factores y en algunas ocasiones pueden ser demasiado cortos.

Como se requiere para una buena protección química, después de la limpieza de agua a alta presión, la cara interna de la estructura se revistió con un mortero modificado con epoxi. Este tipo de producto tiene la ventaja de no requerir ningún curado y permite un revestimiento más rápido usando una resina reactiva protectora.

Si se usara un mortero a base de únicamente cemento para igualar la superficie, entonces requeriría un curado demasiado largo para el tiempo de cierre permitido. Esto puede conducir a una aplicación de revestimiento incorrecta y, por lo tanto, no se alcanzará la durabilidad. Desgraciadamente, la consideración económica a menudo pesa más que la idoneidad técnica del recubrimiento.

Dado que la aplicación del material de revestimiento superficial se aplica durante la etapa de construcción (en un momento en que el tiempo no es tan crítico), el Escenario 3 tendrá una mayor posibilidad de alcanzar su durabilidad objetivo que el Escenario 2, aunque se utilicen productos y sistemas similares.

La etapa del proceso de construcción y la etapa final de la vida juegan generalmente un rol menor. Sin embargo, la etapa del proceso de construcción puede llegar a ser muy relevante en términos de POCP (smog de verano) debido a las emisiones de COV de los

#### 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

**BUILDING TRUST**



productos que contienen disolventes, que se supone que ocurrirán durante la aplicación del producto. Este es el caso del Escenario 1, en el que se utilizan grandes cantidades de revestimientos de protección tradicionales basados en disolventes (ver Fig. 5). Mientras que en el Escenario 1 se requieren 162.000 kg de revestimientos basados en disolventes tradicionales, los Escenarios 2 y 3 requieren sólo 32.000 y 40.000 kg de capas de base solvente Sika y 16.500 y 21.000 kg de recubrimientos a base de agua, respectivamente. Los Escenarios 2 y 3 generan menos de una quinta parte de las emisiones de COV en comparación con el Escenario 1. Debido a las grandes cantidades de productos basados en disolventes, esta es una diferencia significativa (más del 80%) en términos de POCP.

La Fig. 3 muestra la Demanda Energética Acumulativa (CED) para los tres escenarios. El principal impacto en el Escenario 1 provino de la repetición de la aplicación de revestimientos protectores basados en disolventes. Su cantidad para los Escenarios 2 y 3 es mucho menor comparativamente con el Escenario 1. Hay poca diferencia entre los Escenarios 2 y 3 en términos de CED, ya que la cantidad de revestimiento protector para ambos escenarios permanece igual.

La Fig. 4 muestra el potencial de calentamiento global (GWP) para los tres escenarios. En esta categoría, para el Escenario 1, el impacto de los materiales de reparación es significativo, mientras que el recubrimiento protector sigue siendo el principal contribuyente. El Escenario 2 tiene un impacto ligeramente más alto que el Escenario 3 debido a la cantidad de material utilizado para la adaptación posterior.

La Fig. 5 muestra la Formación Fotoquímica de Ozono (PCOF) para los tres escenarios. Los Escenarios 2 y 3 reducen significativamente el impacto de PCOF pues utilizan una cantidad mucho menor de productos que contienen disolventes.

La Fig. 9 muestra la evolución temporal del Potencial de Calentamiento Global (gráficos similares se obtienen para las otras dos categorías analizadas en el artículo). El Escenario 3 tiene un impacto mucho mayor durante los primeros 20 años que los otros dos Escenarios en los que el hormigón no se considera protegido. Debido a ello, el impacto del Escenario 1 es mayor debido a la repetición de las reparaciones a lo largo del tiempo, mientras que los Escenarios 2 y 3 muestran mejores prestaciones en ese tiempo.

## 6.- CONCLUSIÓN

La elección de productos basada únicamente en sus costes bajos en la reparación de torres de refrigeración ha demostrado que sus prestaciones son peores a largo plazo dando lugar a trabajos de reparación repetitivos a lo largo del tiempo (consultar la Fig. 6 y 7). Se puede demostrar mediante la sustitución de sistemas de reparación orientados únicamente a costes por sistemas de mayor calidad, durabilidad y que mejoran las prestaciones medioambientales.

Los sistemas de reparación orientados a la durabilidad pueden evitar potencialmente dos reparaciones completas (Escenario 1), siendo sólo necesaria una reparación

### Sika, S.A.U.

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

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

Síguenos en:



**BUILDING TRUST**



completa seguida de un programa de mantenimiento de menor intensidad (sin necesidad de reparación de hormigón importante); o evitando la necesidad de reparaciones mayores de hormigón durante toda la duración de la vida (Escenario 3).

Los sistemas orientados a la durabilidad reducen la frecuencia y la intensidad de las reparaciones y conllevan mucho ahorro de tiempo y costes, para el propietario, mediante la reducción de la necesidad de flujos de materiales y el número de paradas de planta. De esta forma, las estrategias de reparación orientadas a la durabilidad llegan al equilibrio de costes (break-even) después de 20-30 años y demuestran ser más eficaces que un sistema tradicional.

En conclusión y en comparación con una solución de reparación orientada al coste, los que se logra con los sistemas orientados a la durabilidad de las torres de refrigeración, durante una vida útil de 60 años se pueden resumir de la siguiente manera:

- Mayor rendimiento = menor frecuencia e intensidad de reparación = beneficios ambientales, ahorro de materiales, tiempo y costes
- Ahorro de energía (equivalente a ~ 274.000 litros de petróleo)
- Ahorro de generación de dióxido de carbono (equivalente a transportar 15 toneladas por camión más de 730.000 kilómetros)
- Reducción de emisiones de COV (equivalente a ahorrar el uso de 193.000 kg de pinturas de base disolvente)

#### PERFIL CORPORATIVO DEL GRUPO SIKA

El Grupo Sika 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 presencia local en 97 países con 190 fábricas y aproximadamente 17.000 empleados en todo el mundo han generado unas ventas anuales en 2016 de 5.75 billones 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:



**BUILDING TRUST**

