

02 | 2016

Revista Internacional  
[www.ateg.es](http://www.ateg.es)

# GALVANIZACIÓN



# Editorial

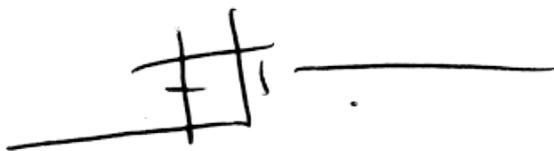
---

Acaba de dar inicio el verano. Quedan atrás seis meses de enorme incertidumbre para quienes nos manejamos en este sector, tan ramificado y con tantas actuaciones en otros sectores productivos dispares. Pero seguimos depositando una enorme confianza en el futuro y, desde ATEG, seguimos dialogando con los profesionales del mundo de la ingeniería y de la arquitectura.

De este diálogo continuado presentamos en este número de nuestro magazine dos ejemplos muy interesantes. El primero habla de un paseo en bicicleta a orillas del Mediterráneo. El segundo, del esfuerzo por comunicar poblaciones aisladas en África. Pero hay más, ya fuera de nuestras fronteras. De ahí que seguramente encuentren buenas ideas en el Crossrail Place (Londres) de Foster+Partners. O en la moderna y joven-císima ciudad holandesa de Almere. O en la centenaria presencia de una humilde cabaña ferroviaria en Baviera.

Este número del magazine aborda también las buenas características del acero galvanizado de refuerzo para hormigón y su versatilidad en las fachadas arquitectónicas. Y no dejen de leer lo referido a nuestro "Delite" porque hallarán una historia de renuncias, ofensas y reconciliaciones.

Disfruten del verano.



Javier Sabadell  
ATEG





# Complejidad Nodal

Crossrail Place, Londres

**En 2008, Foster + Partners fueron designados para diseñar un esquema de uso mixto que abarcara los elementos de suelo de la nueva estación en Canary Wharf, Londres, que estará operativa a partir de 2018. El nuevo recinto unifica la estación e incluye locales comerciales y un parque.**

El edificio está culminado en un techo distintivo que se envuelve alrededor como una concha protectora. Esta estructura de celosía de madera de 300 metros de largo se abre en el centro para obtener luz y lluvia para el riego natural. La madera tiene una gran historia náutica y arquitectónica, y este edificio posee una ubicación única dentro de las aguas del West India Dock.



El diseño del enrejado del techo es una fusión de arquitectura e ingeniería. A pesar de la suave curva de la caja, sólo hay cuatro vigas de madera curvas en toda la estructura. Para conectar a la perfección las vigas rectas, que rotan sucesivamente a lo largo de las diagonales, el equipo de diseño ha desarrollado un innovador sistema de nodos de acero, que resuelve el giro. La simplicidad visual de la red de madera oculta la complejidad geométrica de la estructura, que se compone de 1.418 vigas y 564 nodos, 364 de los cuales son únicos.

Los nodos de conexión están todos galvanizado. Juntos, nodos y vigas soportan grandes cojinetes triangulares fabricados en ETFE (etileno tetrafluoroetileno). Geométricamente, los nodos son el componente más complejo de la cubierta. La galvanización general de todos ellos supuso una elección acertada al poderse llevar a cabo como un proceso por lotes

externo al lugar del proyecto: aplicar pintura hubiera encarecido mucho el coste debido a la mucha mano de obra que se hubiese visto involucrada.

El eje de cada viga diagonal gira alrededor del techo, y este giro se recoge en los nudos. Además, como la geometría del edificio acelera hacia fuera sobre el voladizo, los ángulos entrantes son sucesivamente más agudos y asimétricos. Los nudos varían en tamaño para acomodar este hecho constructivo. En la sección central de la cubierta, la configuración de aberturas en forma de diamante implica que los nudos con dos, tres, cuatro, o cinco vigas de conexión se colocan junto a los nudos típicos con seis conexiones. Para gestionar la complejidad, los nudos se modelaron de forma paramétrica y generaron a partir de la misma lógica geométrica. Cada nodo se conecta a una placa de viga fijado al extremo a través de tornillos de madera. Una de las ventajas de la utilización de acero galvanizado fue la uniformidad de la capa protectora, que podría aplicarse en un tiempo mucho más corto.



El diseño de los nudos fue desarrollado por Foster + Partners en colaboración con Wiehag, que realimenta datos sobre las limitaciones de análisis estructural y fabricación. Para lograr el alto nivel de precisión exigido por la estructura de ETFE, la geometría de los nudos tenía que ser muy precisa y se desarrollaron herramientas especiales de construcción. Una de las ventajas clave de los nudos galvanizados fue ofrecer la forma más versátil y rentable de proteger el acero a largo plazo y la facilidad de inspección durante las revisiones de mantenimiento. Los nudos galvanizados se entregaron listos para su uso, sin comprometer el calendario de las obras.

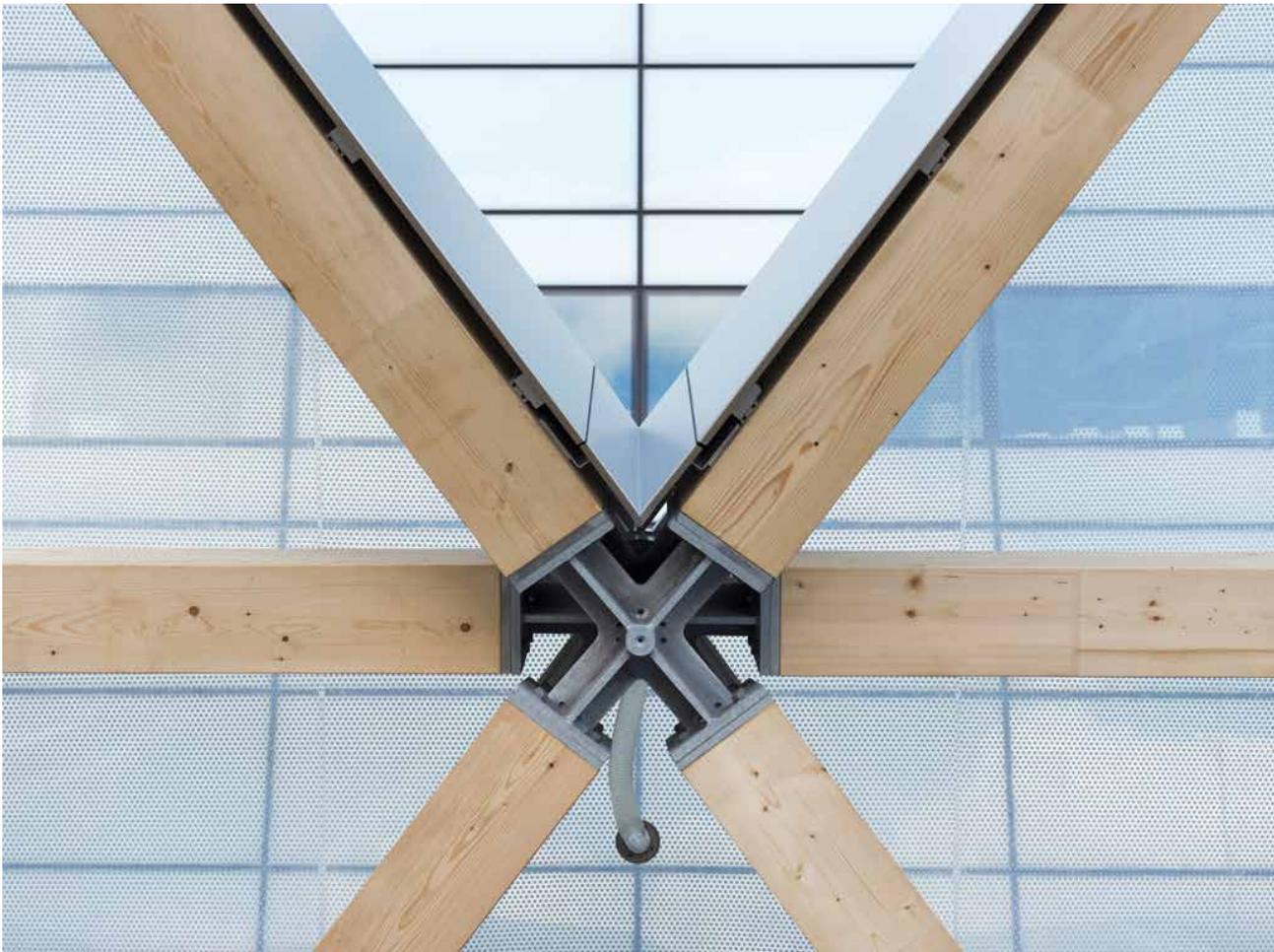
**Arquitecto** | *Foster + Partners*

**Fotos** | *Nigel Young /*

*Foster + Partners*

Fotos del proyecto









# En pie tras

118 años

Cabaña restaurada, estación de Santa Otilia, Baviera

El 30 de junio de 1898, la Real Compañía de Ferrocarriles del Estado de Baviera encargó la construcción de la sección Mering-Schondorf de la línea de ferrocarril Ammersee, conjuntamente con la estación de Santa Otilia. El edificio de la estación era una pequeña cabaña de acero galvanizado corrugado que servía tanto de taquilla como de sala de personal.



Con la construcción de un nuevo edificio en 1914, la cabaña de metal corrugado se volvió obsoleta, pero se mantuvo como un anexo en los terrenos de la estación. A partir de 1925 fue abandonada, rodeada de maleza, y usada como refugio para una estación de servicio que operó hasta la década de los 80. En 2001, la cabaña fue restaurada por los monjes de la Archiabadía de Santa Otilia. La restauración consistió principalmente en la limpieza de la chapa y la cabaña está ahora reinstalada en la propia estación de Santa Otilia, cerca de los andenes.



Una inspección de la cabaña, llevada a cabo por el Institut Feuerverzinken en 2016, tras 118 años de servicio, demostró que el acero galvanizado de láminas onduladas permanecía en gran parte intacta, mostrándose solo una pequeña cantidad de corrosión. El espesor de revestimiento de zinc se encontraba entre las 90 y las 144 micras, e incluso la lentejuela de zinc era todavía parcialmente visible. Sólo la superficie exterior de las hojas de metal corrugado del techo mostraban signos severos de corrosión.

**Fotos |** *Flummi (2),  
Hildebrandt (3)*

Fotos del proyecto





# Reinventando el pasado

## Los orígenes de las fachadas galvanizadas

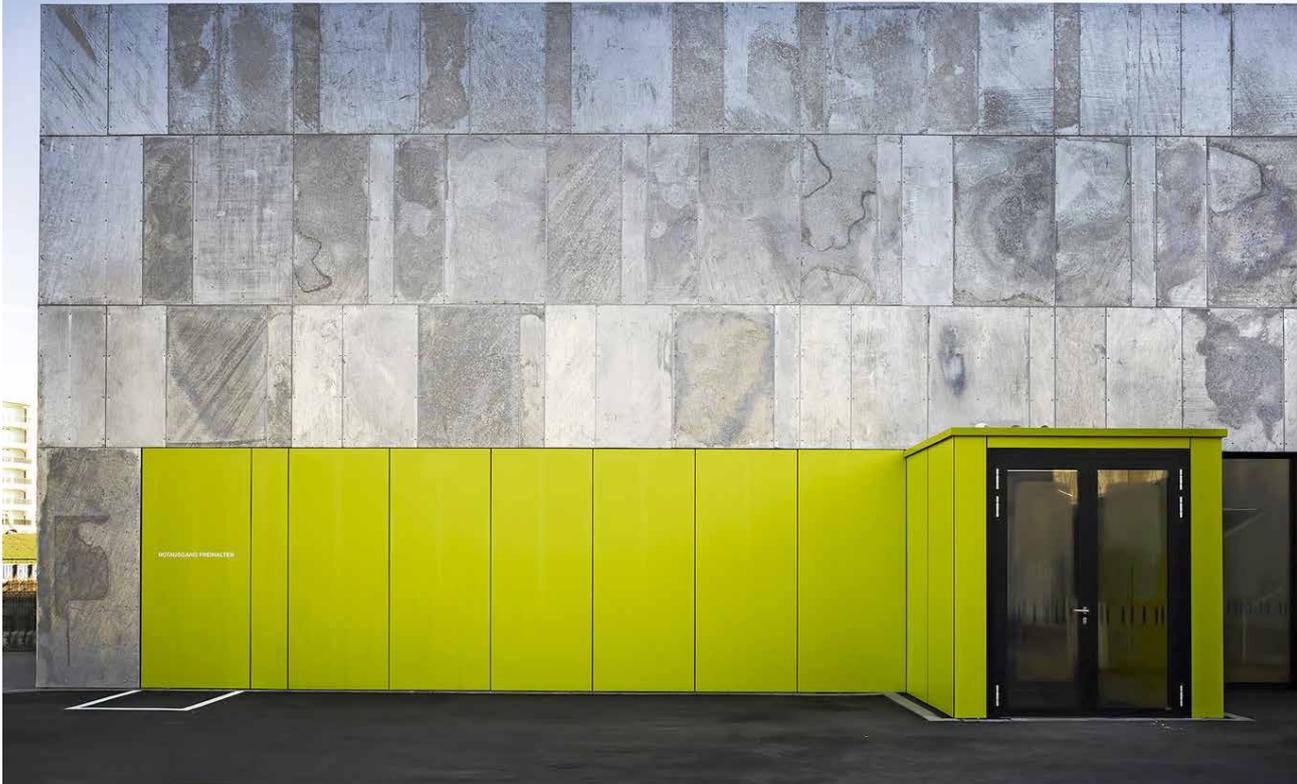
Industrial, fuerte, resistente, durable... son sólo algunos de los adjetivos que se han utilizado para describir el galvanizado general. El uso de este recubrimiento contiene una muy larga historia. Su reciente popularidad como acabado en paneles de fachada, especialmente en Alemania y Escandinavia, es testimonio de sus características y beneficios inherentes.

El vínculo de la galvanización con el entorno construido se remonta a la utilización de chapas onduladas galvanizadas como material de cubierta en la década de 1850. El primer edificio que usó hierro corrugado fue el Turpentine Shed durante la expansión de los muelles de Londres en 1830. Las ondulaciones hacían la lámina más rígida de modo que se requería menos encuadre como material de cubierta. Fue elogiado por su elegancia, simplicidad y economía.



Pronto se advirtió que el hierro se corroía rápidamente, problema que se resolvió mediante la introducción de láminas onduladas galvanizadas. Aunque incierto, se cree que el primer uso de chapa ondulada galvanizada fue la de los muelles de Pembroke, Gales, para la Royal Navy, en 1844. La chapa ondulada galvanizada también fue utilizado por el ingeniero inglés Isambard Kingdom Brunel (conocido en Reino Unido por ser el creador de la línea de ferrocarril Great Western) en la estación central de New Grand, Birmingham, y en la estación de Paddington en 1854.

Fotos del proyecto



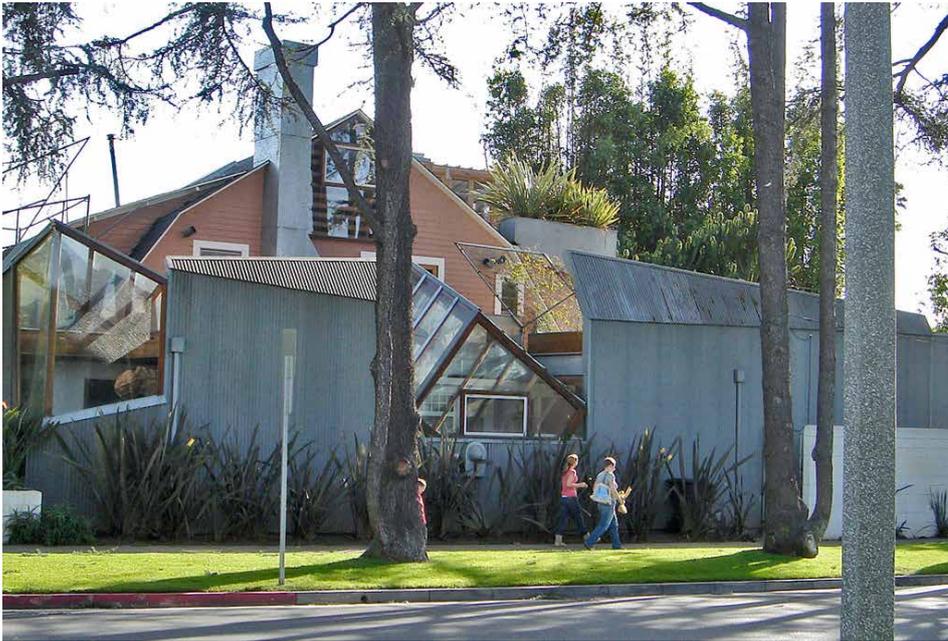


A lo largo del tiempo, el hierro ha sido sustituido por el acero como material de construcción y el uso de la galvanización ha ido evolucionando de manera acorde. Todavía existe interés en el uso de chapa ondulada como material de fachada. Frank Gehry utilizó metal corrugado galvanizado como revestimiento de fachada en la casa y estudio del artista Ron Davies, así como para su propia casa, un bungalow de 1920, que reconfiguró en 1977.



Más recientemente se ha empleado la galvanización en de un sistema de fachada de una manera totalmente diferente. EL estudio de arquitectura HSD ha usado paneles de acero galvanizado de 3 mm para crear una estética audaz y contemporánea para uno de sus proyectos más recientes en Karlsruhe.

El estudio de arquitectura de Sarah Wigglesworth empleó paneles galvanizados para el James Leal Centre, con un enfoque y un resultado final diferentes. Se han usado paneles galvanizados macizos y perforados para crear un poderoso diálogo con otros materiales y el entorno natural del edificio.



**Fotos |** *h.s.d architekten (1),  
Mark Hadden  
Photography (2),  
Rocor (3),  
IK's World Trip (4)*

Fotos del proyecto









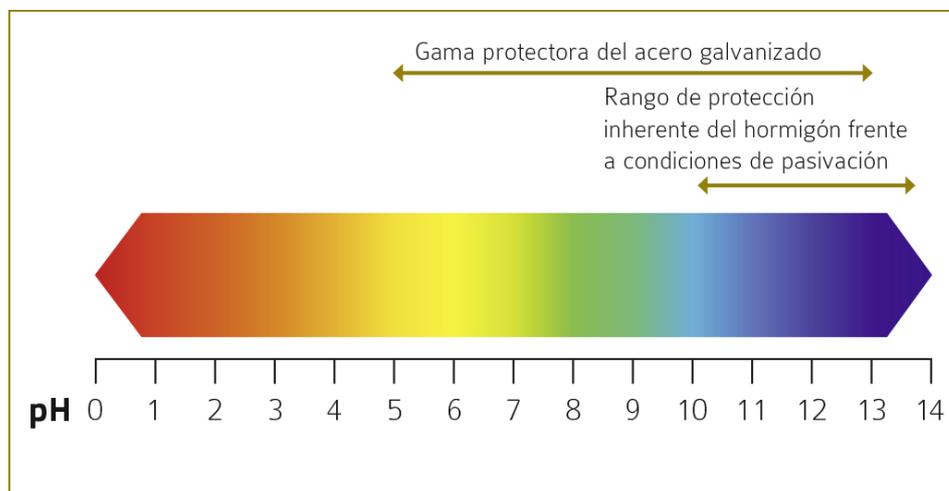


# La protección del hormigón

## Refuerzos galvanizados

El hormigón armado es un material ampliamente utilizado en construcción con una atractiva gama de propiedades y características. Se puede utilizar en una gran variedad de condiciones de exposición. Sin embargo, debe prestarse atención a la corrosión, que suele producir tinción, agrietamiento y desprendimiento del hormigón circundante. La naturaleza porosa del hormigón permite que elementos como el agua, los cloruros y el oxígeno viajen a través del hormigón hasta, finalmente, llegar al refuerzo.

El hormigón armado se utiliza, por ejemplo, en aparcamientos multinivel que han de lidiar con condiciones nada evidentes. La humedad se incrementa de forma regular a través de los vehículos, que transportan lluvia y nieve, hasta el aparcamiento. Mezclados con los contaminantes depositados en los coches o las sales de deshielo en el invierno, el ambiente corrosivo que se forma es de muy elevada intensidad.



## Carbonatación

En condiciones normales, el acero de refuerzo está protegido de la corrosión por la alcalinidad del hormigón. Esta pasivación inherente existe para valores de pH entre 10 y 13,8. Sin embargo, con la introducción de la humedad y el dióxido de carbono, la alcalinidad se reduce con el tiempo y se produce despasivación. Este proceso se denomina carbonatación. Como resultado, se produce la corrosión de la armadura y graves daños al componente. La prevención a largo plazo de la carbonatación la proporciona la galvanización a través de una amplia gama de valores de pH (Fig. 2). El uso de refuerzo galvanizado previene la corrosión inducida por la carbonatación y es aconsejable para clases de exposición XC1 a XC4 (Tabla 1).

## Exposición a cloruros

El acero de refuerzo galvanizado ofrece también protección en entornos donde se espera exposición a cloruros. Esta protección ha de sumarse a la baja solubilidad en zinc de los cloruros alcalinos, haciéndolos inofensivos. Se recomienda la aplicación de refuerzo con acero galvanizado en estructuras cerca de agua salada, puentes de hormigón, aparcamientos y tramos prefabricados de. Los aparcamientos son considerados como clase de exposición XD3 (Tabla 2) de acuerdo al Eurocódigo 2 (EN 1992).

La corrosión no sólo es un problema importante para los operadores de aparcamientos en cuanto a cuestiones estructurales. Además del costo innecesario, la rehabilitación y el mantenimiento estructural viene acompañado de interrupciones en el servicio y pérdida de ingresos. Además, se

desmoronan las superficies de hormigón causando preocupaciones estéticas. El goteo de agua oxidada de los coches aparcados también puede causar daños costosos a la pintura. Esto es particularmente pertinente para aparcamientos donde se dejan los vehículos durante largos períodos de tiempo, por ejemplo, en los aeropuertos.

Tabla 1: Clase de exposición XC de acuerdo al Eurocódigo 2 (EN 1992)		
Clase de exposición	Condiciones ambientales	Ejemplos informativos para clasificación según anexo de la norma DIN EN-1992-1-1/NA[2011-01]
<b>XC: Corrosión del acero de refuerzo inducida por carbonatación</b>		
XC1	Seco o permanentemente húmeda	Estructura de interior con humedad normal del aire (cocina, cuarto de baño, o similar)
XC2	Húmedo, raramente seco	Partes de vasija, elementos de cimentación
XC3	Moderadamente húmedo	Estructuras con exposición frecuente o constante de aire exterior (grandes salas abiertas), habitaciones interiores con alta humedad (piscinas, cuartos húmedos y establos para ganado)
XC4	Humedad y secado cíclicos	Estructura exterior con contacto directo, estructuras en zonas de contacto cíclico

Tabla 2: Clases de exposición XD y XS de acuerdo al Eurocódigo 2 (EN 1992)		
Clase de exposición	Condiciones ambientales	Ejemplos informativos para clasificación según anexo de la norma DIN EN-1992-1-1/NA[2011-01]
<b>XD: Corrosión del acero de refuerzo inducida por cloruros (no por agua de mar)</b>		
XD1	Moderadamente húmedo	Estructuras expuestas a rociado de la calzada
XD2	Seco, raramente húmedo	Piscinas, estructuras expuestas a aguas residuales industriales que contienen cloruros
XD3	Humedad y secado cíclicos	Partes de puentes, pavimentos, cubiertas de aparcamientos
<b>XS: Corrosión del acero de refuerzo inducida por cloruros (agua de mar)</b>		
XS1	Sal en el aire, sin contacto directo con el agua de mar	Estructuras costeras
XS2	Sumergida	Estructuras en dársenas portuarias sumergidas de forma permanente
XS3	Mareas, salpicaduras y zonas de rociado	Paredes de los muelles en puertos

 En todos estos casos, se recomienda la galvanización



# Un paseo por el aire

## Carril Bici en Santa Pola

La Sierra de Santa Pola es un enclave de alto valor ecológico y geológico. Hasta la fecha, las únicas actuaciones que las autoridades habían efectuado en la zona consistían en reparación de caminos y podas vegetales. El proyecto de crear un carril bici rompió esta dinámica proponiendo una acción integral para este paraje natural.

En los últimos años la sierra había experimentado un gran aumento del uso deportivo y turístico que era necesario regular y ordenar. Por este motivo, en lugar de proyectar un Carril Bici convencional con un solo vial de hormigón se planteó una red de itinerarios que unían los dos núcleos urbanos de la zona (el casco urbano de Santa Pola y las urbanizaciones de Gran Alacant) mediante una gran infraestructura “blanda”.



La sierra se asienta sobre el cabo de Santa Pola, un gran arrecife fósil que le da una silueta redonda muy característica a la costa, con caídas de más de 100 metros en sus bordes. Aprovechando este accidente geográfico se planteó un mirador que toma la forma de un paseo por el aire que suavemente discurre entre la cornisa del cabo, adaptando sus curvas a la topografía para generar un elemento visible pero sutil, y a la vez un punto desde el que observar el paisaje. La topografía abrupta da la posibilidad de mantener un equilibrio entre avanzar sobre el aire, “salir, entrar, asomar”. Y la posibilidad estructural se acotó en un fino equilibrio entre la economía de materiales y el impacto visual de la pasarela. Los perfiles del mirador remiten a la ondulación de las olas del mar mediterráneo frente al que se encuentra.



Por el ambiente corrosivo marino, el ajustado presupuesto del proyecto, y la larga durabilidad sin mantenimiento, el material escogido para esta actuación no pudo ser otro que el acero galvanizado.

**Arquitectos** | *RAS architects*

**Fotos** | *David Frutos*

Fotos del proyecto









# Mínima intervención

Almere Windhinders, Amsterdam

Una serie de estructuras adoseladas tejen su camino a través del centro de la ciudad de Almere, en las afueras de Ámsterdam. El dosel, junto con un puesto de flores, forma una serie de obstáculos contra el viento, críticos para el éxito comercial de la ciudad.

Almere es la ciudad más joven de Holanda. Su primera construcción data del año 1976. Está situada junto al lago IJsselmeer y se eleva por encima del nivel del suelo circundante. Debido a su ubicación y a la concentración de edificios altos, el efecto túnel de viento resultante disuadía a residentes y clientes de acudir al principal centro comercial.

Los doseles fueron diseñados por DunnettCraven conjuntamente con Techniker, y desarrollados y optimizados a partir de estudios en túnel de viento por Peutz. Los elementos que se integran en el paisaje urbano se trataron como muebles detallados y diseñados para ser discretos y de fácil mantenimiento. Todas las formas trataban de reducir el impacto aparente sobre el entorno.



El centro de la ciudad fue modelada en túnel de viento y calibrado frente a condiciones existentes. Las diversas intervenciones fueron analizadas y sintonizadas para mitigar el viento racheado. Cada elemento se consideró cuidadosamente en términos de forma, tamaño y ubicación. Esto llevó a reducciones de las ráfagas en un 50% en áreas críticas. “El proyecto fue una gran oportunidad para crear una forma estructural estrechamente relacionado con el contexto y la función”, dice Matthew Wells, de Techniker.

## Condiciones de lugar

---

Los edificios que rodean las nuevas marquesinas son de uso comercial en los pisos inferiores y residencial en los niveles superiores. Un plano de suelo variable caracteriza las zonas en las que estos toldos se han erigido, a los que solo se puede llegar por vías peatonales.

Además una plaza de aparcamiento subterráneo de dos plantas se extiende por debajo del lugar, incluyendo rutas de transporte público. La estructura de rejilla existente dictó el ajuste de las columnas con la conexión geométrica entre superestructura y aparcamiento. La cúpula principal tiene 82 metros de largo y 24 metros en su punto más ancho.

Una cuadrícula de componentes primarios y secundarios se desarrolló sobre la base de las capacidades del vidrio templado térmicamente. La forma resuelve las redes de conexión de las superestructuras circundantes y los niveles del aparcamiento, e incluye grandes aberturas para jardinería.

En ambas marquesinas la superficie de vidrio superior no forma una superficie continua. A pesar de que el techo no estaba destinado a servir de refugio, no podía gotear tras una tormenta y por tanto se integró en el diseño un sistema de drenaje. El principio general fue dirigir la lluvia recogida por la superficie del vidrio a lo largo de miembros de acero hacia las columnas de acero huecas. Las columnas cónicas son bajantes. El techo de la escofrería tuvo que ser atado en el sistema de drenaje existente a nivel del suelo.

Todas las fijaciones, las vigas fabricadas, los canalones y las secciones de viga están galvanizados y pintados, incluyendo las carcasas de las columnas. El resultado son toldos o marquesinas cuidadosamente detalladas, de solución elegante.

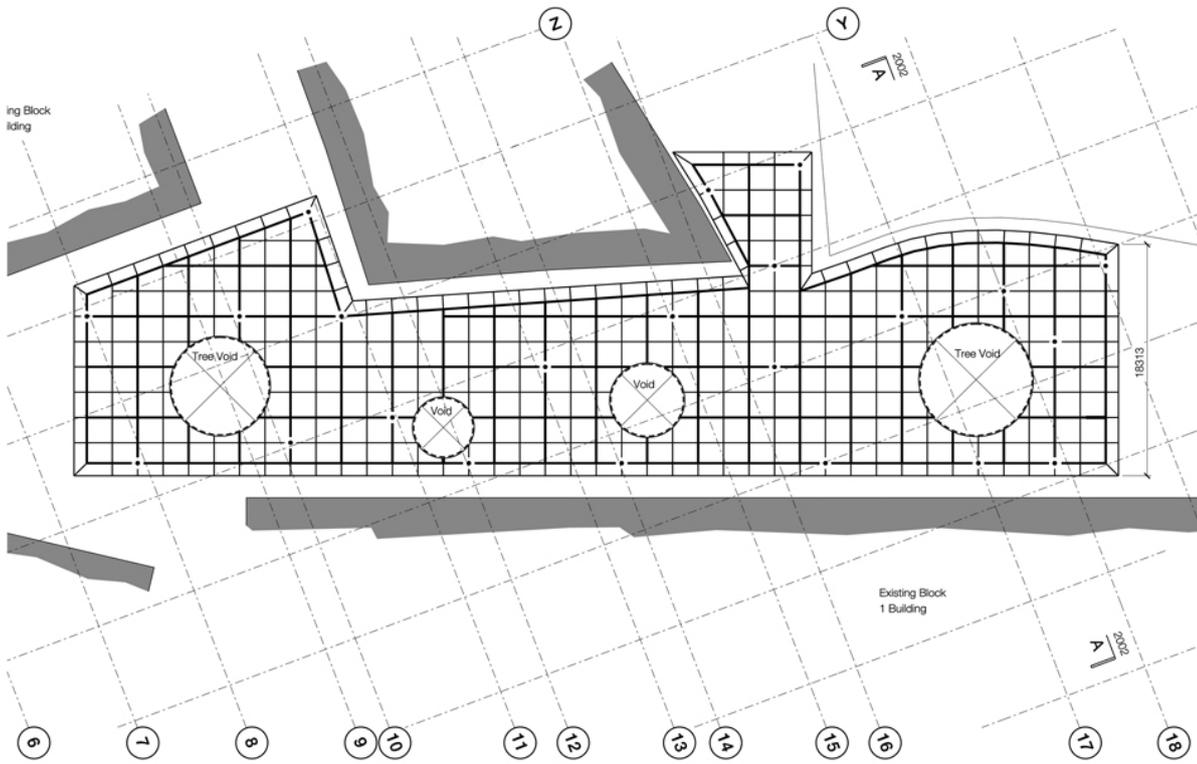
**Ingeniería** | *Techniker*

**Arquitecto** | *DunnettCraven*

**Fotos** | *James Newton (1),  
Alejandro Menendez (2)*

Fotos del proyecto







# Un esfuerzo de integración en África

## Puentes en Gabón

Las empresas Acciona Infraestructuras y Acciona Ingeniería del Grupo Acciona fueron contratadas para realizar el contrato de diseño y sustitución de ochenta puentes forestales en Gabón durante el año 2008. El proyecto generó la necesidad de desarrollar una solución de tipo modular que fuese apta para diferentes luces de puentes. Factores muy importantes de diseño fueron las cargas (de tipo forestal, "grumiers") y la previsible ausencia de mantenimiento de las infraestructuras a lo largo de su vida útil.

El proyecto debía ejecutarse sobre dos rutas forestales del país africano: la ruta Lambarènè, donde habrían de sustituirse 42 puentes, y la ruta Kelle – Akièni, con sustitución de 38 puentes.

Acciona eligió construir los puentes en acero galvanizado debido que, siendo un ambiente tropical, con elevadas temperaturas y alta humedad, la ausencia de mantenimiento y la protección contra la corrosión se aseguraban con este material. Asimismo, dada la importancia que se le concedía a la resistencia a la corrosión y la durabilidad sobre las consideraciones estéticas, se optó por prescribir acero con valores de silicio y fósforo óptimos (rango Sebisty).



En la fase de fabricación, se efectuó por series de elementos, conservando tolerancias estrictas y asegurando la intercambiabilidad de los elementos, para lo cual hubo que adiestrar al personal de cara a la ejecución de la obra y realizar pruebas de carga y comprobaciones de intercambiabilidad rigurosas. Los puentes a sustituir se encontraban en todos los casos alejados de núcleos habitados. El traslado de los materiales hubo de realizarse en contenedores hasta el lugar elegido mediante empleo de medios sencillos. Debido a que los puentes eran de luces variables y desconocidas “a priori”, hubo de procederse a adiestrar mano de obra local. La puesta en servicio de los puentes mejoró las condiciones de transporte y la seguridad de los habitantes de cada zona, reforzando así la integración de las comunidades de población.

**Architects + Photos |***Acciona Infrastructures,  
Acciona Engineering, S.A*



# Deleite

## Galvanización

El 12 de mayo de 1965, tras superar no pocas dificultades dentro y fuera de los canales diplomáticos oficiales, se produjo el restablecimiento de las relaciones diplomáticas entre la República Federal de Alemania y el Estado de Israel. La Lendler Exhibition Architecture ha desarrollado una exposición itinerante por diez ciudades alemanas para festejar el evento, y una versión idéntica en hebreo ha sido dispuesta igualmente por todo Israel. La relación germano-israelí se ha ido desarrollando a lo largo de los años hasta permitir que ambos países reconciasen las terribles consecuencias del Holocausto.

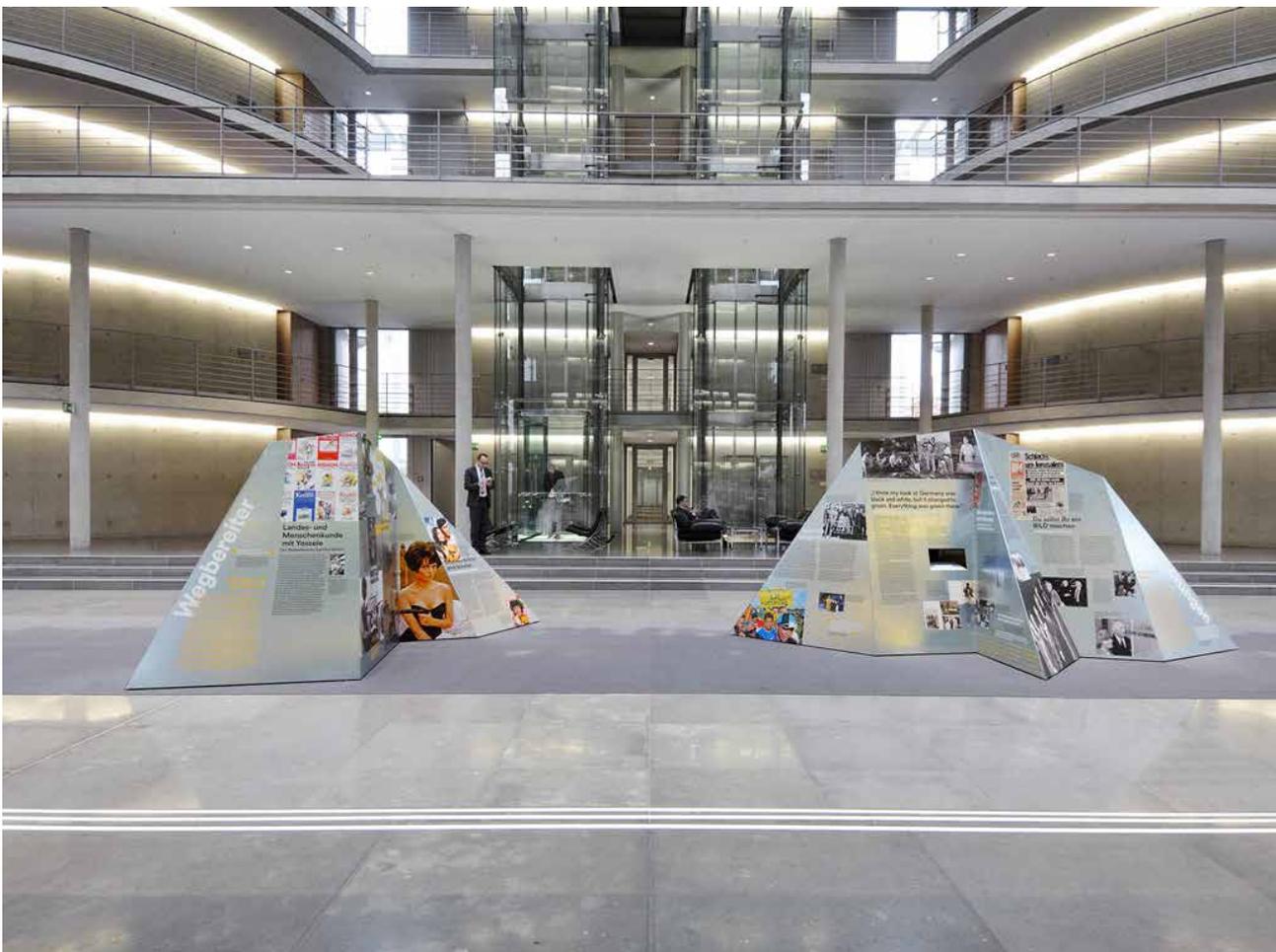
Los materiales de exhibición han sido producidos con paneles de acero galvanizado en los que las imágenes y el texto fueron impresos digitalmente sobre la superficie, creando con ello una materialidad cambiante según las condiciones de iluminación.

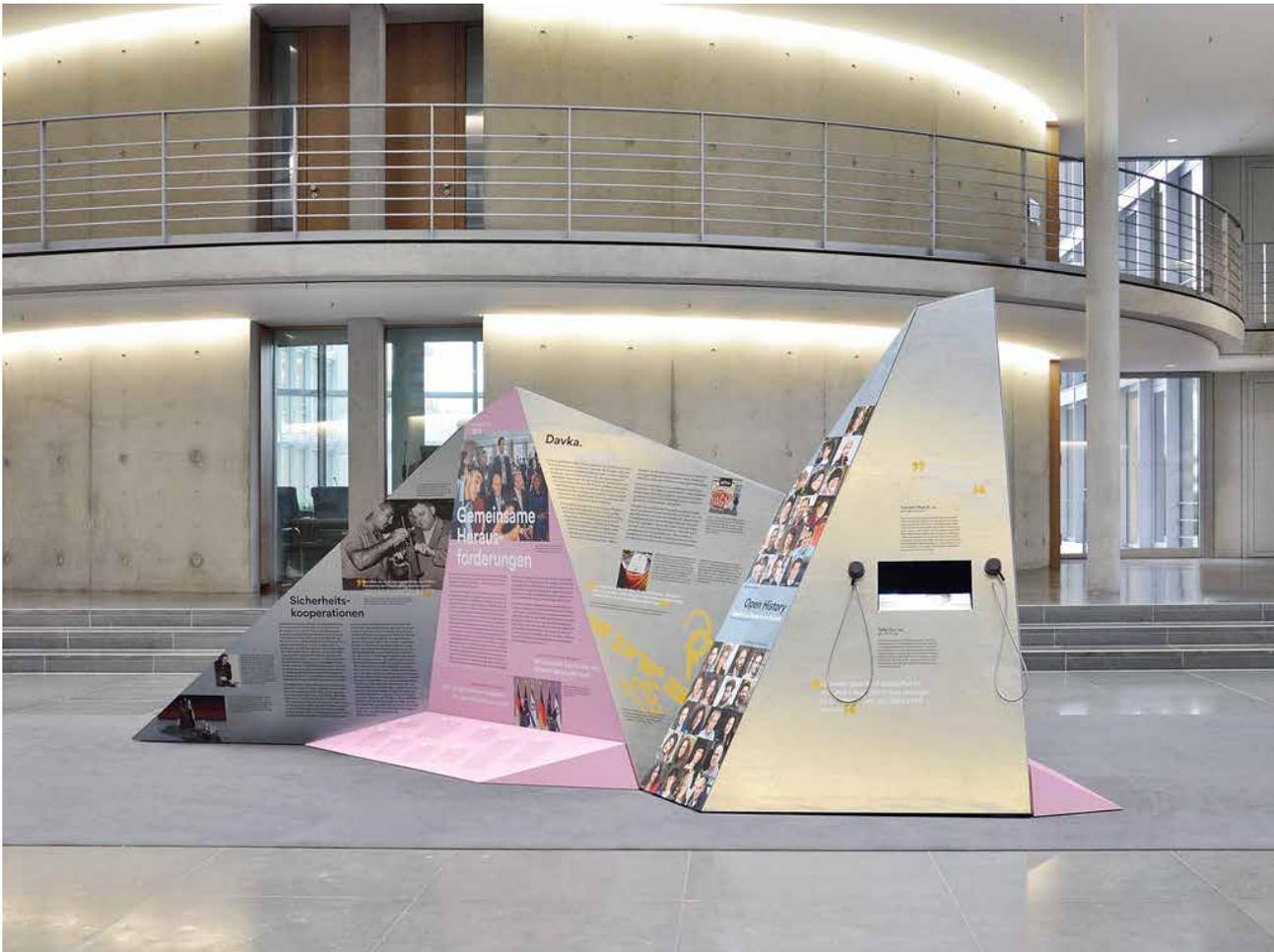
Más información en [www.israelis-und-deutsche.de](http://www.israelis-und-deutsche.de)

Fotos | *Lendler Exhibition  
Architecture, Berlin*

Fotos del proyecto







# Pie de imprenta

---

**Galvanización**

Revista internacional sobre las aplicaciones del acero galvanizado.

Se publica en español, alemán e inglés.

**Redacción:**

H. Glinde (Redactor Jefe)

I. Johal, J. Sabadell

**Publicación, Distribución:**

© 2016 ATEG, Asociación Técnica Española de Galvanización,

Paseo de la Castellana 143, Madrid 28046

Teléfono: (34) 91 571 4765, Fax: (34) 91 571 45 62,

E-Mail: galvanizacion@ateg.es,

Web: <http://www.ateg.es>

**Director de la publicación de la edición española:**

J. Sabadell

**Publicado por:**

ATEG, Asociación Técnica Española de Galvanización

Ningún artículo o fotografía de esta revista puede ser copiado o reproducido sin autorización escrita del editor.

**Diseño, Producción:**

PMR Werbeagentur GmbH

<http://www.pmr-werbung.de>

**Foto de portada** | *Nigel Young*