

# NICKEL REVISTA

LA REVISTA DEDICADA AL NÍQUEL Y SUS APLICACIONES

---

NICKEL, VOL. 35, NÚM. 1, 2020

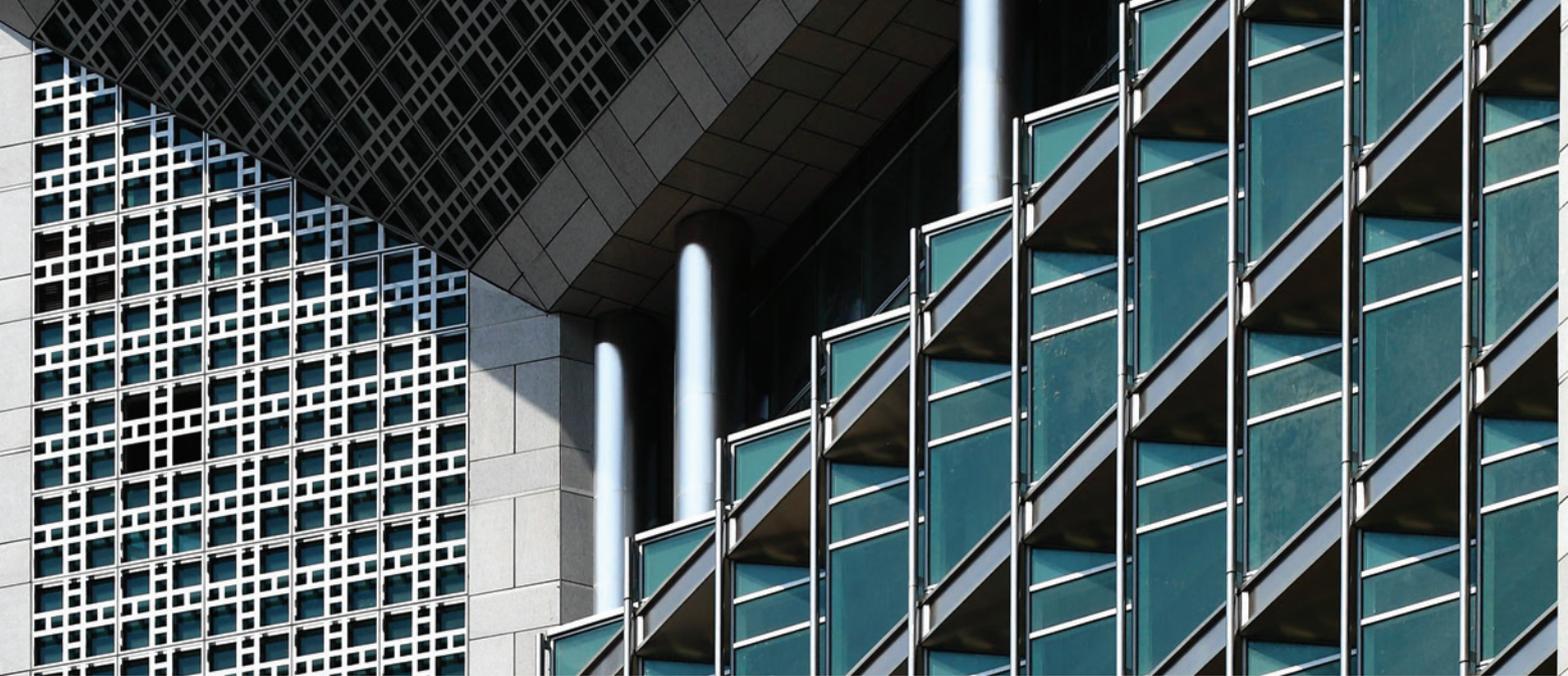
## Arquitectura, edificación y construcción El papel de apoyo del níquel

*Normas de diseño para  
el acero inoxidable estructural*

*Acero inoxidable  
para muros cortina*

*Wind Tree  
renacimiento de una escultura*





# ESTUDIO DE CASO 18

## BANK OF COMMUNICATIONS, SUZHOU



XIONG DUOKUI, ZHANG JUN, SUZHOU GOLD MANTIS CURTAIN WALL CO., LTD.

*Los diseñadores de este proyecto creen que entre todos los materiales utilizados en la construcción de los muros cortina, el acero inoxidable es el material decorativo con la vida útil más larga, el mayor valor y la mejor tasa de recuperación al final de la vida.*

*Los muros cortina proporcionan estabilidad externa y elegancia interna a los edificios. El edificio de la sucursal de Suzhou del Bank of Communications de China aprovecha al máximo las propiedades excepcionales del acero inoxidable, proporcionando valor a largo plazo en cuanto al costo y mantenimiento y un hermoso exterior que refleja la imagen de rigor, seguridad y fiabilidad que se espera de un banco.*

Los diseñadores e ingenieros del muro cortina del proyecto del Bank of Communications, Zhang Jun y Xiong Duokui de Suzhou Gold Mantis Curtain Wall Co., recurrieron a ejemplos como el Edificio Chrysler en los EE.UU. construido en 1930, la Torre Burj Khalifa en Dubái y el Centro Financiero Internacional Ping en China. Todos han utilizado acero inoxidable al níquel tipo 316L (UNS S31603) con gran efecto, sin desgaste ni reemplazo.

El acero inoxidable tipo 316L, seleccionado para un amplio uso en el edificio de 25 pisos, tiene una vida útil de diseño de más de 100 años. Un muro cortina de acero inoxidable se eleva a más 106 metros y en todos los sistemas de unidad de la fachada de la torre se usan tubos redondos decorativos de acero inoxidable con acabado de espejo, de 2 mm de grosor y 150 mm de

diámetro. Los revestimientos exteriores entre pisos están fabricados de acero inoxidable cepillado de 2 mm de grosor y el sistema de toldo está suspendido con cables de acero inoxidable. Las viguetas primarias y secundarias del toldo están revestidas con láminas de acero inoxidable de 1,5 mm, y la parte inferior del toldo está decorada con tubos rectangulares de acero inoxidable de 30 x 50 mm. Y las columnas revestidas de acero inoxidable de espejo de 1,5 mm de grosor utilizadas en los balcones del techo se elevan 3,3 m.

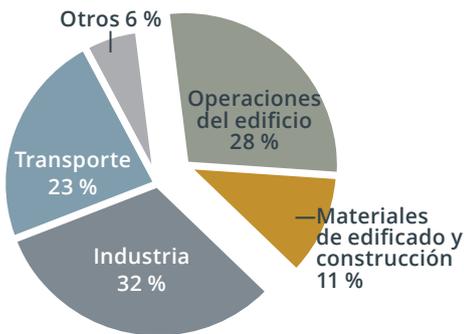
Inspirado en los jardines tradicionales de Suzhou, el concepto de la «puerta del jardín de Suzhou» está integrado en la disposición general del edificio. El resultado final es un edificio de oficinas inteligente y atractivo, y un sitio de interés importante en el Parque Industrial de Suzhou.



# EDITORIAL: FORMA Y FUNCIÓN

*Hermosas fachadas de acero inoxidable adornan los edificios de gran altura más emblemáticos del mundo, y lo han hecho durante más de 90 años. Pero subyacentes a los elegantes exteriores se encuentran una tecnología seria y las ventajas para mejorar la eficiencia, el aspecto y la sostenibilidad.*

## Emisiones de CO<sub>2</sub> globales por sector



Los edificios y su construcción generan el 36 % del uso energético mundial y casi el 40 % de las emisiones de gases de invernadero. Para la urbanización de gran parte de la población mundial se agregarán 230 000 millones de metros cuadrados de edificios (equivalente a todos los edificios ya existentes) para 2060.

La selección cuidadosa de los materiales y el diseño pueden marcar una enorme diferencia en la carga ambiental; e

incorporar fachadas funcionales como los muros cortina es un enfoque inteligente. Los muros cortina protegen el edificio y sus habitantes de las inclemencias del tiempo, del calor, el ruido, la luz y el resplandor, y tienen un gran impacto en la eficiencia energética. Como es lógico, su atractivo está aumentando.

Los arquitectos tienen opciones de materiales para los muros cortina. El acero inoxidable al níquel ofrece una baja conductividad térmica y es un material ideal para estructuras en entornos corrosivos o aplicaciones de acero estructural expuesto por motivos arquitectónicos. Y tiene un excelente historial de costo del ciclo de vida.

Esta edición de Nickel presenta bellos ejemplos de fachadas que complementan el catálogo de emblemáticos edificios revestidos de acero inoxidable. Piensen en el Edificio Chrysler, un elemento característico de la silueta urbana de Nueva York desde 1930. Esto demuestra que el acero inoxidable al níquel es más que una linda fachada.

Clare Richardson  
Editora, Revista *Nickel*



CATHERINE HOUSKA

A nivel mundial, construir edificios de alto rendimiento y realizar renovaciones importantes de los revestimientos de edificios existentes para mejorar la eficiencia energética, incluyendo los muros cortina, representan un enorme potencial de ahorro de energía. La Agencia Internacional de Energía estima que esto constituye más que toda la energía final consumida por los países del G20 en 2015, o alrededor de 330 EJ (un exajulio = 1018 julios) en ahorro acumulativo de energía hasta 2060.  
[www.iea.org/etp/](http://www.iea.org/etp/)

# ÍNDICE

- 02 **Estudio de caso n.º 18**  
*Bank of Communications, Suzhou*
- 03 **Editorial**  
*Forma y función*
- 04 **Actualidades de Nickel**
- 06 **Elaboración de normas**  
*para el acero inoxidable estructural*
- 08 **Transformación de fachadas**  
*con acero inoxidable*
- 11 **Wind Tree restaurado**  
*Acero inoxidable resistente a la corrosión*
- 12 **Ni-resist**  
*Aleaciones para aplicaciones especializadas*
- 14 **Preguntas y respuestas técnicas**  
*Bajo carbono y soldabilidad*
- 15 **Nuevas publicaciones**
- 15 **Detalles UNS**
- 16 **Vessel en Hudson Yards**  
*Nuevo lugar emblemático en Nueva York*

La revista Nickel es una publicación del Nickel Institute  
[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

Dr. Hudson Bates, Presidente  
Clare Richardson, Editora

[communications@nickelinstitute.org](mailto:communications@nickelinstitute.org)

Colaboradores: Nancy Baddoo, Gary Coates,  
Catherine Houska, Christine Li, Richard Matheson,  
Bruce McKean, Geir Moe, Kim Oakes, Odette Ziezold

Diseño: Constructive Communications

El material aquí contenido ha sido preparado para información general del lector y no deberá utilizarse ni tomarse como base para aplicaciones específicas sin antes obtener asesoramiento. Aunque se considera que el material es técnicamente correcto, el Nickel Institute, sus miembros, su personal y sus consultores no afirman ni garantizan que sea adecuado para ningún uso general o específico ni aceptan ningún tipo de obligación o responsabilidad respecto a la información aquí contenida.

ISSN 0829-8351

Impreso en papel reciclado en Canadá por Hayes Print Group

Créditos de imágenes de Stock:

Portada: ©David Churchill/arcaid.co.uk  
pág. 4 iStock@gchutka; pág. 9 iStock@dynasoar;  
pág.10 iStock©Vera Tikhonova; pág. 11. ID 123688539  
©Hoywaii | Dreamstime.com; pág. 12. iStock©MPKphoto

# NICKEL

ACTUALIDADES



## El cibercamión estelar de Tesla

El cibercamión eléctrico futurista de Tesla se parece más a un vehículo espacial que a un camión. El atractivo exoesqueleto está hecho de acero inoxidable ultraduro 30X laminado en frío para proporcionar una fuerza y resistencia superiores. El cibercamión –disponible en 2022– se fabricará con la misma aleación de acero inoxidable tipo 301 (UNS S30100) que está utilizando SpaceX, la otra empresa de Elon Musk, en su nave espacial Starship. Se eligió el tipo 301 por su costo y efectividad, y su capacidad para soportar y despedir calor elevado. Para circular por la Tierra, resiste las abolladuras, el daño y la corrosión a largo plazo mientras proporciona a los pasajeros máxima protección. La versión trimotor del camión puede acelerar hasta 60 mph (96,6 km/h) en 2,9 segundos. Además, puede arrastrar hasta 6500 kg.

TESLA



# Material de enfriamiento elastocalórico

La tecnología de enfriamiento utilizada en el sector de la refrigeración y la calefacción, ventilación y aire acondicionado, valorado en varios miles de millones al año, está a punto de dar un gran salto hacia adelante gracias al nuevo material de enfriamiento elastocalórico: una aleación con memoria de forma que es muy eficiente, ecológica y puede ampliarse fácilmente para ser utilizada en grandes dispositivos. Desarrollado por un equipo internacional dirigido por el Profesor Ichiro Takeuchi y la Universidad de Maryland, el nuevo material de enfriamiento es una aleación de níquel-titanio que fue esculpida utilizando una tecnología de aditivos (impresión tridimensional). Tiene el potencial de ser más eficiente que el enfriamiento por compresión de vapor, que ha dominado el mercado durante más de 150 años y usa refrigerantes químicos que afectan el calentamiento global. El nuevo material de enfriamiento es totalmente ecológico. El Profesor Takeuchi lleva cerca de una década trabajando en esta tecnología innovadora, que ahora está a punto de comercializarse.



ICHIRO TAKEUCHI, UNIVERSIDAD DE MARYLAND

## Combustible de hidrógeno más ecológico y barato



En un estudio publicado en *Nature Communications*, científicos en Australia demostraron que es posible utilizar solo agua, hierro y níquel para crear combustible de hidrógeno. Es menos caro y más ecológico que los métodos tradicionales de “disociación del agua”. El equipo de Swinburne University of Technology (UNSW) y Griffith University pudo disociar el hidrógeno del oxígeno en el agua, acelerar el proceso de reacción química necesitando menos energía para hacerlo. El Profesor de la Escuela de Química UNSW Chuan Zha comenta lo siguiente: «recubrimos los electrodos con nuestro catalizador para reducir el consumo de energía. En este catalizador, hay una diminuta interfaz a nanoescala donde se encuentran el hierro y el níquel a nivel atómico, que se convierte en un sitio activo para la disociación del agua. Aquí es donde el hidrógeno puede disociarse del oxígeno y capturarse como combustible, y el oxígeno puede liberarse como residuo ecológico».



MANSION YACHTS

## Novedad flotante

Es el primer yate del mundo fabricado totalmente de acero inoxidable. Llamado Mansion Yacht, su diseño de líneas definidas y su llamativo acabado de aleación despertó gran interés en la 60.ª Feria Internacional del Barco anual de Fort Lauderdale. El modelo base de 840m<sup>2</sup>, que mide 25,6m de largo y 12,2m de ancho, tiene cabida para 149 personas. Cuatro patas hidráulicas de 5,5m con capacidad de levantamiento de 500 000 kg cada una, permiten que se mantenga de pie en el agua y le proporcionan un aspecto de casa futurista sobre el agua. Setenta y dos paneles solares proporcionan energía ecológica. ¿Y la ventaja del acero inoxidable? «En realidad supone el 25 % del costo de mantenimiento que un barco de fibra de vidrio», comenta Bruno Edwards de Mansion Yachts.

# ELABORACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LAS NORMAS DE DISEÑO PARA EL ACERO INOXIDABLE ESTRUCTURAL



STANTON WILLIAMS CSE/LE

*Se están elaborando nuevas normas de diseño revisadas para ayudar a los ingenieros a aprovechar los beneficios del acero inoxidable estructural con confianza.*

*Los ingenieros usan normas de diseño para verificar la idoneidad de una estructura antes de su construcción, y por lo tanto demostrar el cumplimiento con las normas de construcción nacionales. A medida que crece el interés por el uso del acero inoxidable para estructuras, aumenta la necesidad de normas exhaustivas y económicas de diseño estructural, y este año se observa un aumento de la actividad sin precedentes en la redacción de normas de diseño internacionales. Las normas de diseño del acero inoxidable se ajustan estrechamente a las normas de diseño del acero al carbono existentes, que varían en todo el mundo en cuanto a la filosofía, modelos de diseño, organización y presentación.*

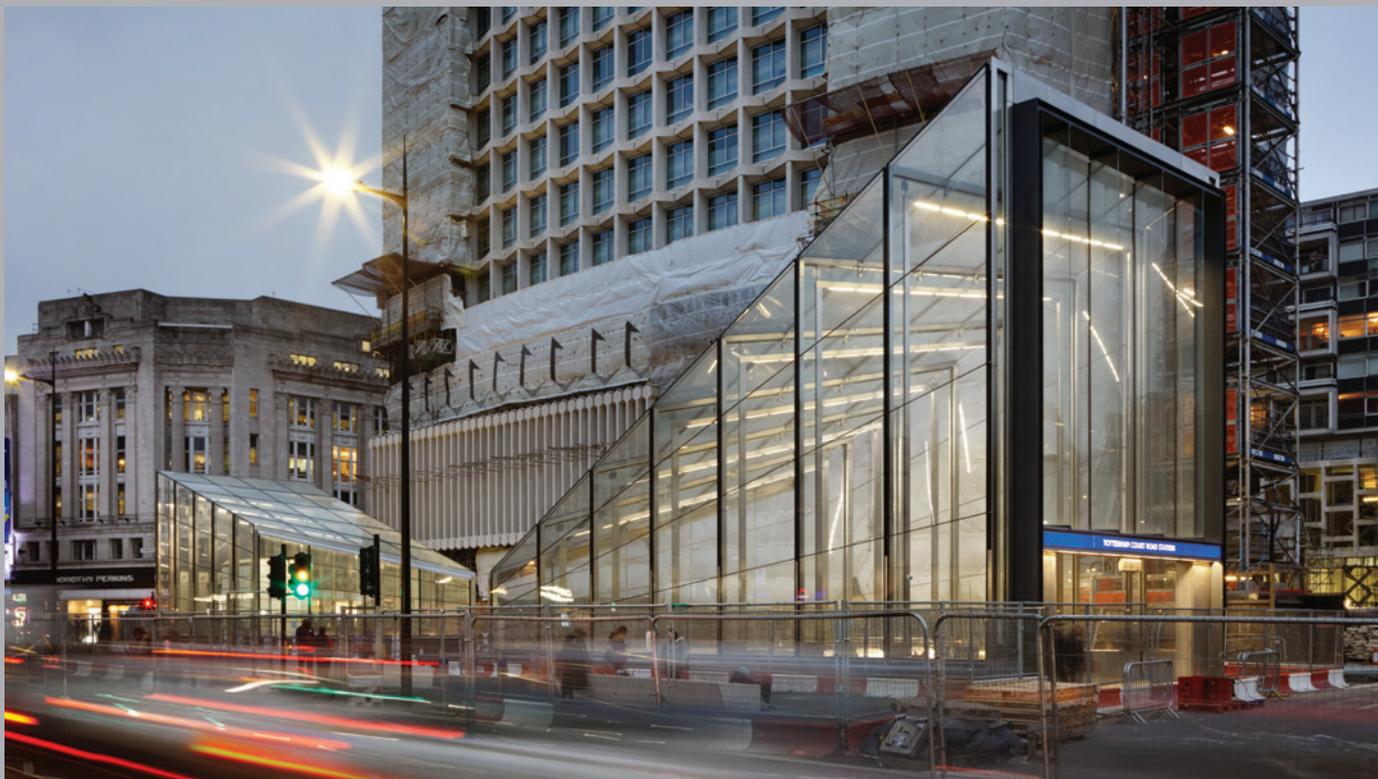
En Europa, toda la construcción debe cumplir con las normas de diseño de los Eurocódigos. Se está preparando la versión de segunda generación del Eurocódigo sobre acero inoxidable, que contendrá varios desarrollos importantes, incluidas las normas que explotan el beneficio del endurecimiento por deformación en frío y la introducción de dos clases de resistencia para simplificar el proceso de selección de los grados. Además, las normas de diseño para el acero inoxidable en incendios se han revisado completamente.

El Nickel Institute ha desempeñado un papel clave en el apoyo del trabajo de elaboración de normas para el acero inoxidable en los EE.UU. El Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC) decidió que el interés en el acero inoxidable estructural en los EE.UU. justificaba la preparación de una norma de diseño independiente; se está iniciando el trabajo sobre la AISC 370, Especificación para edificios de acero inoxidable estructural, cuya publicación se prevé para 2021. El Instituto de la

Construcción con Acero del Reino Unido ha sido responsable de preparar los borradores, basados en las contribuciones de investigadores y profesionales de Europa, China y EE.UU.

Al mismo tiempo, la norma ASCE 8-02 de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles: La especificación para el *Diseño de los elementos de construcción de acero inoxidable obtenido en frío* también se encuentra en proceso de revisión exhaustiva; se está ampliando el ámbito para incluir los aceros inoxidables dúplex y se están actualizando las normas de diseño. Se espera que la nueva versión se publique en 2021.

También se están realizando actividades para la redacción de normas en China: en 2015, se publicó la primera norma de diseño china para el acero inoxidable estructural, CECS 410. Actualmente se está llevando a cabo una revisión que se centra en la elaboración de normas de diseño más exhaustivas para uniones soldadas y atornilladas, y también normas de diseño antisísmico.



## Elevar el nivel en el metro de Londres

Un ejemplo de estructuras de acero inoxidable recientes es el de las dos entradas de vidrio de la nueva estación de metro Crossrail y la renovada Tottenham Court.

La entrada sur más grande tiene 15 metros de alto y se terminó en 2015, y la entrada norte de 9,5 metros de alto abrió dos años después. Los ingenieros estructurales, Expedition, trabajaron estrechamente con el contratista especializado en vidrio, Seele, para desarrollar el diseño con estructura principal de vidrio y con vigas y columnas de composite de acero inoxidable. Las estructuras incluyen 1100 m<sup>2</sup> de vidrio de seguridad laminado, soportado por secciones estructurales de acero inoxidable de 650 metros. Al seleccionar la aleación de acero inoxidable, las exigencias de resistencia de la estructura, la soldabilidad



y la capacidad para fabricar bordes de radio mínimo fueron consideraciones importantísimas. Se usó el dúplex tipo 2205 (UNS S32205) para los elementos de construcción en la entrada más alta debido a su resistencia superior, que es el doble de la del tipo 316L (S31603). Se utilizó el tipo 316L para la entrada norte porque su resistencia era suficiente para la carga aplicada y la fabricación es más fácil. Los tapajuntas de metal de ambas entradas eran del tipo 316L. NI



*Diseñadas por los arquitectos Stanton Williams, las estructuras de vidrio proyectan la luz solar en la estación ubicada debajo y están iluminadas por la noche, creando un entorno espectacular y seguro. Las estructuras de las dos entradas están separadas por una tira diagonal de cubierta de vidrio en el pavimento, que también permite que entre la luz natural y llegue al vestíbulo con taquillas ubicado debajo.*

# ACEROS INOXIDABLES QUE TRANSFORMAN LAS FACHADAS DE EDIFICIOS



*One Canada Square fue el primero en usar los acabados gofrados en la fachada de un edificio superalto.*

*Entre los materiales aplicados extensamente en las fachadas de edificios, el acero inoxidable es uno relativamente reciente. Los aceros inoxidables al níquel se han usado desde el principio –pensemos en el Edificio Chrysler en Nueva York (1930) que usa el tipo 302 (UNS S30200)– y han tenido un rendimiento excepcional desde entonces.*

Los arquitectos principales, Pelli Clarke Pelli Architects, Inc. (PCPA) llevan diseñando acero inoxidable en las fachadas de edificios durante los últimos 30 años. «Las fachadas de edificios de acero inoxidable tienen un gran impacto visual y agregan un brillo fascinante, permaneciendo como nuevas a lo largo del tiempo», explica el arquitecto Jie Zhang, que dirige la oficina de PCPA de Shanghái. «Sin embargo, la aplicación exitosa de acero inoxidable en las fachadas de edificios depende de la disponibilidad de un presupuesto adecuado, detalles y selección de especificaciones rigurosos, así como calidad de fabricación y construcción perfeccionada». Aquí se presenta una gama de proyectos de PCPA, en los que se han empleado distintas aplicaciones de acero inoxidable en las fachadas de edificios que reflejan las oportunidades y los retos que conlleva trabajar con acero inoxidable.

El primer rascacielos de Londres de 235 metros que constituye el elemento central de Canary Wharf, **One Canada Square**, se erige como un simple prisma cuadrado que termina en una cúspide piramidal. Terminada en 1992, esta torre tiene una forma clara y poderosa, y constituye el primer lugar emblemático de la nueva zona urbana que se ha

convertido en el nuevo centro financiero de Londres. El equipo de diseño seleccionó el acero inoxidable tipo 316L (S31603) con acabado tipo lino gofrado, conocido posteriormente como cámbrico. One Canada Square fue el primero en usar los acabados gofrados en un edificio superalto.

El cámbrico ha asegurado una planicidad, brillo y direccionalidad de reflexión muy estables de los paneles para reforzar el diseño arquitectónico. Además de los muros cortina, el acero inoxidable también se aplica al vestíbulo de la torre, los toldos, las ménsulas y otros espacios públicos. Actualmente, después de casi 30 años, la torre se ha convertido en uno de los edificios más famosos de Londres.

Las **Torres Petronas** en Kuala Lumpur, construidas en el mismo período, fueron en su día las torres gemelas más altas del mundo. Este edificio es el elemento principal del centro de la ciudad. Para crear un diseño excepcionalmente malayo, el equipo se inspiró en la cultura islámica, el clima de Kuala Lumpur y las artes tradicionales malayas. El plan de las torres gemelas se generó de dos cuadrados superpuestos que forman una estrella de ocho puntas, un diseño que se encuentra con frecuencia en la artesanía islámica.



*El diseño de las Torres Petronas en Kuala Lumpur rinde homenaje al estilo arquitectónico tradicional malayo.*

A medida que se elevan los edificios, retroceden seis veces, y en cada retroceso los muros se inclinan ligeramente hacia afuera. Esta técnica compleja se utiliza para rendir homenaje al estilo arquitectónico malayo tradicional. El diseño de la fachada tenía que mostrar tanto la modernidad como un encanto imperecedero. El cuerpo de las torres gemelas está revestido con muros cortina de vidrio y paneles y elementos de construcción de acero inoxidable tipo 316 (S31600), que reflejan suavemente la luz solar. Se utiliza acero inoxidable en los dispositivos de protección de la luz solar como parte del diseño sostenible para mitigar la gran

altura solar de la región. Además, el acero inoxidable se aplica en el panel de antepecho, como envolturas de columna estructural en la parte superior de la torre, proporcionando al edificio un brillo y una vitalidad perdurables.

El **Cheung Kong Center** terminado en 1999 ilustra un maravilloso diálogo entre la volumetría (configuración, forma y tamaño) y los detalles arquitectónicos. El edificio destaca entre los que le rodean, adoptando la forma sencilla de un alto prisma cuadrado bien proporcionado. El muro cortina es de vidrio reflectante modulado por una rejilla envolvente de acero inoxidable. Un diseño denso de



*De izquierda a derecha:*

*El Cheung Kong Centre: el muro cortina es de vidrio reflectante modulado por una rejilla envolvente de acero inoxidable.*

*La nueva sede central de Baowu Steel Group: revestida de paneles del tipo 316L con vidrio de alto rendimiento y protectores solares.*

*La Torre de Baodi Plaza: en las fachadas se usa ampliamente acero inoxidable pulido y gofrado para proporcionar brillo y gran durabilidad.*

accesorios de iluminación integrados en la fachada permite que el diseño de la rejilla de acero inoxidable brille suavemente por la noche, con cambios de color y dibujos durante las épocas de festividades. Se utilizaron tres acabados distintos de acero inoxidable tipo 316L: cámbrico, un n.º 4 fino y un chorreo de bolas de vidrio.

La nueva sede central de **Baowu Steel Group**, ubicada en el antiguo emplazamiento de la Exposición Mundial de Shanghái, es uno de los edificios más altos de la zona. El edificio desempeñó un papel clave en la reurbanización de esta zona y tenía que ilustrar las características corporativas de Baowu Steel Group. Los sistemas de envoltura para cada edificio cuentan con dos tipos de muros cortina. El borde exterior de todos los edificios está revestido de una “cubierta dura” de paneles de tipo 316L de lino con vidrio y protectores solares de alto rendimiento. Las características especiales, las instalaciones comunes y las esquinas redondeadas de los edificios tienen una “cubierta blanda” transparente de vidrio de alto rendimiento. La materia prima de acero inoxidable para los paneles fue producida por Baosteel en China, una primera aplicación arquitectónica para el Grupo.

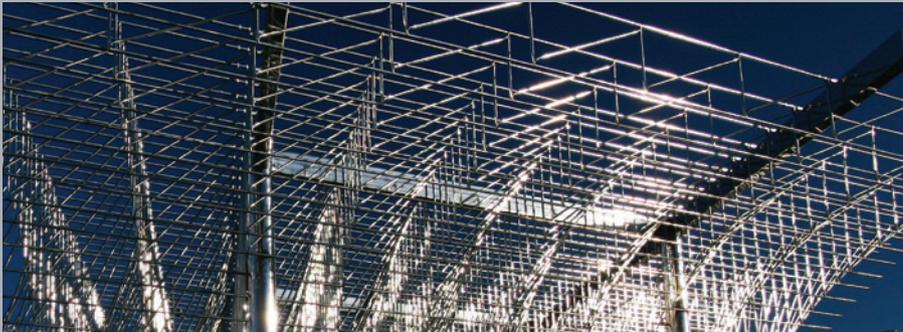
La torre de **Baodi Plaza** –la sede central de Baosteel en Guangzhou– enfatiza la simplicidad y la elegancia. Como con el edificio de su sede central en Shanghái, este proyecto cuenta con fachadas de

acero inoxidable tipo 316L, que reflejan el estatus de Baosteel como uno de los mayores productores de acero del mundo. Mediante el uso de un diseño de fachada diferente, se agrega diversidad en la expresión. En las fachadas se usa extensamente acero inoxidable pulido y gofrado para proporcionar brillo y gran durabilidad. La rejilla vertical y horizontal, los dos métodos de tratamiento de detalles y las fachadas planas y concisas constituyeron enormes retos para la producción y construcción de los paneles. El equipo de diseño trabajó estrechamente con el cliente, los proveedores y el contratista para desarrollar soluciones para los detalles como los matices en la direccionalidad del grano, el radio de empalme extremo en los pliegues y métodos de fijación usando viguetas de soporte.

PCPA cree que el gran diseño no debe estar limitado por un estilo distintivo, sino que debe originarse de la colaboración estrecha con el cliente, y un profundo respeto por el contenido ambiental, económico y social del proyecto. Jie Zhang agrega, «en la práctica de la aplicación de acero inoxidable al diseño de fachada de edificios, todas las etapas, desde el diseño conceptual hasta la implementación del material, se complementan entre sí para garantizar el éxito del proyecto. La arquitectura atemporal surge de una profunda comprensión del pasado combinada con una audaz aspiración para el futuro». Y los aceros inoxidables al níquel garantizan la larga vida útil del edificio.

# WIND TREE

## RENACIMIENTO DE UNA ESCULTURA



*Wind Tree de Michio Ihara fue instalada en Queen Elizabeth Park, en Auckland, Nueva Zelanda, en 1977 y fue trasladada a un nuevo hogar en Wynyard Quarter, junto al puerto de Auckland en 2011. Sus cerchas se balanceaban de nuevo con el viento mientras que la piscina debajo reflejaba la luz hacia arriba a través de la escultura.*

En 2014 una inspección mostró un problema de fisura por corrosión en varias de las uniones soldadas de las cerchas fabricadas con el tipo 316 (S31600).

Un examen más exhaustivo de la cara de la fractura corroída reveló la presencia de estrías de fatiga, daño por corrosión y termocoloración de la soldadura residual, que son factores asociados con la fatiga asistida por la corrosión. La ubicación de Wind Tree a orillas del mar se clasifica como un entorno marino severo, que proporcionó los iones de cloruro corrosivo que contribuyeron a la fatiga asistida por corrosión.

La fisura y corrosión de la soldadura eran importantes y se hicieron reparaciones de soldadura temporales en varias uniones de cerchas. El Ayuntamiento de Auckland decidió que se debería restaurar Wind Tree y garantizar la seguridad pública.

Se evaluaron varios diseños de uniones, y el diseño seleccionado fue revisado por el escultor Ihara para garantizar que no cambiara las características artísticas de la escultura. Las soldaduras TIG (en atmósfera inerte con electrodo de tungsteno) en el nuevo diseño de uniones fueron fabricadas para soldar la categoría FA en AS/NZS 1554:6:2012. Las soldaduras se limpiaron mediante un proceso químico para eliminar la termocoloración y se pulieron mecánicamente para un acabado de superficie con grano de tamaño 600.

La unión más gravemente dañada fue reemplazada en 2018 por el nuevo diseño fabricado con el tipo 316L (S31603). Después de seis meses de servicio, se examinó la unión rediseñada y no se observaron fisuras ni corrosión. Las 39 uniones restantes se reemplazaron en 2019. Ihara lo ha descrito como un «renacimiento de la escultura».



*En 1977 no era común usar el acero inoxidable tipo 316L con bajo contenido en carbono en estructuras. Los avances en la fabricación de acero han permitido que el acero inoxidable de grado "L" pueda obtenerse fácilmente. El tipo 316L asegurará igualmente que la obra de arte permanezca sólida y sin corrosión en el futuro.*

PATRICK REYNOLDS

Ni

# NI-RESIST

## RESISTENCIA SUPERIOR A LA CORROSIÓN PARA APLICACIONES ESPECIALIZADAS



*Solo el 9 % de la producción de níquel se utiliza en aceros aleados y piezas fundidas, pero estos materiales son importantes en la prestación de características específicas para aplicaciones especializadas y a menudo críticas.*

Uno de estos materiales consiste en fundiciones Ni-Resist, que tienen hasta el 36 % de níquel. Su resistencia a la corrosión y tenacidad superiores, en comparación con la fundición gris, lo convierten en un material importante en varios tipos de bombas, y su superior resistencia a la oxidación y a las altas temperaturas hace que sea un material ideal para insertos de aros de pistones.

El níquel es responsable de producir una microestructura austenítica estable como la del acero inoxidable austenítico.

La estructura austenítica proporciona propiedades mejoradas de resistencia al calor y a la corrosión en comparación con las fundiciones grises y dúctiles sin aleación y de baja aleación. Las características de colabilidad de las Ni-Resists son comparables a las de las fundiciones grises y dúctiles y pueden trabajarse a máquina y soldarse fácilmente. Estos beneficios se describen con más detalle en la *Tabla 1*. La familia está dividida en dos tipos: aleaciones con grafito laminar (GL) y aleaciones dúctiles de grafito esférico (GE). Ambos tipos son similares en

**Tabla 1: Propiedades beneficiosas de las aleaciones Ni-Resist**

<b>Resistencia a la corrosión</b>	En soluciones salinas, agua de mar, ácido suave, álcalis, y líquidos de yacimientos petrolíferos, tanto dulces como ácidos, las aleaciones Ni-Resist poseen una resistencia a la corrosión superior a la de las fundiciones férreas normales y de baja aleación.
<b>Resistencia al desgaste</b>	Las camisas de cilindros, los pistones, los anillos y manguitos de desgaste, los cojinetes, los casquillos y otras piezas de rozamiento entre metales están fundidas con aleaciones Ni-Resist. Su resistencia al gripado es excelente.
<b>Resistencia a la erosión</b>	Líquidos con sólidos en suspensión, como los lodos, son extremadamente erosivos para la mayoría de los metales. Las aleaciones Ni-Resist ofrecen una combinación de resistencia a la corrosión-erosión que es superior a la fundición gris, los hierros dúctiles y el acero.
<b>Tenacidad</b>	Las aleaciones Ni-Resist son muy superiores a la fundición gris, en particular a temperaturas bajas.
<b>Resistencia al calor</b>	Las aleaciones GE se usan hasta 1050 °C (1930 °F) debido a las propiedades elevadas superiores con relación a las aleaciones GL. Las aleaciones GL se usan rara vez por encima de 315 °C (600 °F). Todas las aleaciones Ni-Resist tienen tasas relativamente bajas de oxidación en el aire. Los óxidos resultantes se adhieren tenazmente, reduciendo aún más la oxidación con el tiempo.

**Tabla 2: Composición nominal de algunas aleaciones Ni-Resist notables**

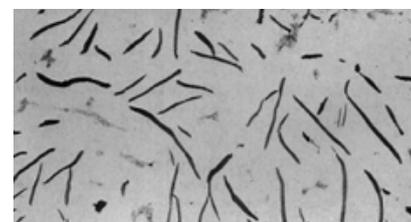
Tipo	UNS	Ni	Cr	Si	Cu	Mn	C máx.	Resistencia a la tracción MPa (ksi)	Resistencia a la compresión MPa (ksi)	% de alargamiento
<b>Aleaciones Ni-Resist de grafito laminar (ASTM A436)</b>										
1	F41000	15,5	2	2	6,5	1	3,0	170-210 (24-30)	700-840 (100-120)	2
2	F41002	20	2	2	0,5 máx.	1	3,0	170-210 (24-30)	700-840 (100-120)	2
5	F41006	35	0,1 máx.	2	0,5 máx.	1	3,0	120-180 (17-26)	560-700 (80-100)	2
Tipo	UNS	Ni	Cr	Si	Cu máx.	Mn	C máx.	Resistencia a la tracción MPa (ksi)	Límite elástico MPa (ksi)	% de alargamiento
<b>Aleaciones Ni-Resist de grafito esferoidal (ASTM A439)</b>										
D-2B	F43001	20	3	2	0,5	1	3,0	370-480 (53-69)	210-250 (30-36)	7-20
D-2M	-	21	0,1	2	0,5	4	2,6	440-480 (63-69)	210-240 (30-34)	13-18
D-5S	-	36	2	5,2	0,5	1,0 máx.	3,0	370-500 (53-71)	200-290 (29-41)	10-20

cuanto a la composición, excepto por una pequeña adición de magnesio, que convierte al grafito en forma esferoidal en las aleaciones GE, proporcionando propiedades de mayor resistencia y ductilidad y temperatura elevada. Sin embargo, los grados laminares con un costo inferior, menos problemas de fundición y mejor maquinabilidad siguen encontrando una

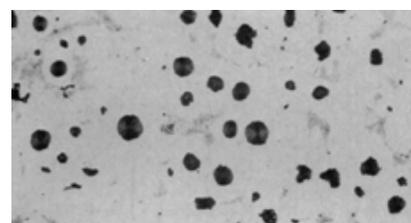
aplicación. Las microestructuras típicas se muestran en las Figuras 1 y 2.

La composición de algunos de los grados más notables se muestra en la Tabla 2 y las propiedades beneficiosas específicas se identifican en la Tabla 3.

Como sugiere su nombre, las aleaciones Ni-Resist tienen un rendimiento excelente en las aplicaciones más exigentes.



*Figura 1 Microestructura típica de las aleaciones Ni-Resist de grafito laminar*



*Figura 2 Microestructura típica de las aleaciones Ni-Resist de grafito esferoidal*

*Codo de descarga para evaporadores de triple efecto para la industria de la potasa fabricado de ASTM A436 Grado 2b (2900 kg)*



**Tabla 3: Aleaciones Ni-Resist notables**

<b>Ni-Resist 1</b>	Buena resistencia a la corrosión con buena temperatura moderada y resistencia al desgaste. Se usa en bombas, válvulas y en particular en insertos de aros de pistones y productos en los que se requiere resistencia al desgaste.
<b>Ni-Resist 2</b>	El mayor contenido de níquel hace que esta aleación sea más resistente a la corrosión en entornos alcalinos para aplicaciones en las que se maneje jabón, rayón y plásticos.
<b>Ni-Resist 5</b>	Menor coeficiente de expansión térmica de las aleaciones Ni-Resist. Proporciona estabilidad dimensional para piezas de máquinas herramientas, moldes de formación y juntas de dilatación.
<b>D-2B</b>	Buena resistencia a la corrosión, corrosión-erosión y desgaste por rozamiento y se usa a temperaturas de hasta 760 °C (1400 °F). Entre las aplicaciones se incluyen bombas, compresores, carcasas de turbocompresores y colectores de gases de escape.
<b>D-2M</b>	Mantiene las propiedades mecánicas de la temperatura ambiente hasta -170 °C (-275 °F). Esto se logra debido a la adición de manganeso. Los principales usos son para los equipos de refrigeración y criogénicos.
<b>D-5S</b>	Bajo coeficiente de expansión térmica con buena resistencia al choque térmico y excelente resistencia al crecimiento y resistencia a la oxidación hasta 1050 °C (1925 °F). Se usa en turbinas de gas, carcasas de turbocompresores y colectores de escape.

# PREGÚNTELE A UN EXPERTO

## PREGUNTAS MÁS FRECUENTES DE LA LÍNEA DE ASESORAMIENTO TÉCNICO DEL NICKEL INSTITUTE



El ingeniero Geir Moe es el coordinador del Servicio de Consultas Técnicas en el Nickel Institute. Junto con otros especialistas en materiales de todo el mundo, Geir ayuda a los usuarios finales y a los especificadores de materiales que contienen níquel que buscan asistencia técnica. El equipo está disponible para brindar asesoramiento técnico gratuito sobre una amplia gama de aplicaciones como el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y el niquelado para permitir el uso del níquel con confianza.

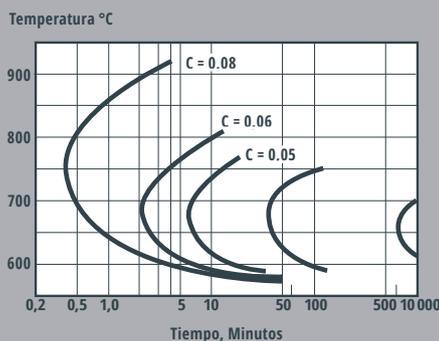


Figura 1: El tiempo necesario para formar cantidades perjudiciales de carburos de cromo es mucho mayor para los grados “L”, que contienen 0,03 % C.

**P:** ¿Mejora la soldabilidad el bajo carbono presente en los aceros inoxidables austeníticos de grado “L”, como el 304L o el 316L?

**R:** No, el bajo carbono en el grado “L” (<0,03 %) es para prevenir la formación de una cantidad perjudicial de carburos de cromo durante la soldadura. Estos carburos pueden fijar cantidades considerables de cromo, agotando así el cromo a lo largo de los límites del grano, afectando potencialmente la resistencia a la corrosión, que puede ocasionar corrosión intragranular (CIG), como se indica en la Figura 1. El bajo contenido de carbono es típico de los aceros inoxidables para el servicio resistente a la corrosión y por lo tanto la CIG del acero inoxidable, debido a la soldadura, se observa rara vez. El hecho de que el contenido de carbono sea superior o inferior a 0,03 % no afecta la soldabilidad.

En contraste, la soldabilidad del acero al carbono está influida por el contenido de carbono. El acero al carbono sufre un cambio microestructural con la temperatura. A temperaturas superiores a ~727 °C (1340 °F) la microestructura de equilibrio es austenítica, mientras que por debajo de esta temperatura la microestructura de equilibrio es ferrítica. Sin embargo, si la austenita se enfría rápidamente, se crea una microestructura menos dúctil llamada martensita. El contenido de carbono >0,30 % en los aceros al carbono es especialmente problemático y requiere precalentamiento para disminuir la tasa de enfriamiento y mitigar la formación de martensita. Es esta preocupación con la soldadura del acero al carbono la que

lleva al supuesto que el bajo contenido de carbono del grado “L” influye también en la soldabilidad del acero inoxidable austenítico al níquel. El níquel en los aceros inoxidables austeníticos estabiliza la microestructura a todas las temperaturas, por lo tanto, no se produce ningún cambio microestructural en la zona de soldadura como consecuencia de dicha soldadura.

Visite: [inquiries.nickelinstitute.org](http://inquiries.nickelinstitute.org)

Ni

# NICKEL

REVISTA DIGITAL

[WWW.NICKELINSTITUTE.ORG](http://WWW.NICKELINSTITUTE.ORG)

SUSCRÍBASE gratis a la revista *Nickel*. Recibirá un ejemplar impreso o un aviso por correo electrónico cada vez que se publique un nuevo número. [www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

LEA la revista digital *Nickel* en varios idiomas. [www.nickelinstitute.org/library/](http://www.nickelinstitute.org/library/)

CONSULTE LOS NÚMEROS ANTERIORES de la revista *Nickel*, desde julio de 2009, en nuestra hemeroteca digital. [www.nickelinstitute.org/library/](http://www.nickelinstitute.org/library/)

SÍGANOS en Twitter @Nickellnstitute



CONÉCTESE en LinkedIn: visite la página del Nickel Institute



VEA videos sobre el níquel en el canal del Nickel Institute en YouTube



[www.youtube.com/user/Nickellnstitute](http://www.youtube.com/user/Nickellnstitute)

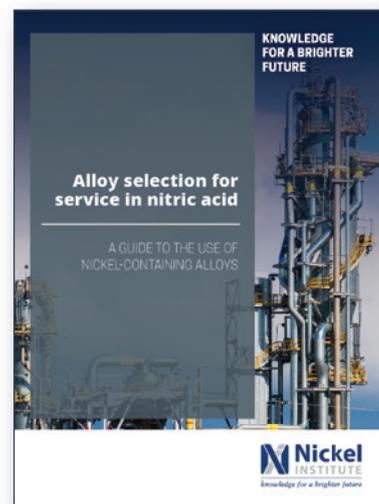
# NUEVAS PUBLICACIONES

**Alloy selection for service in nitric acid (Selección de aleaciones para el servicio en ácido nítrico) (10075)** examina el efecto corrosivo del ácido nítrico en todas las concentraciones. Trata los procesos más comunes de producción de ácido nítrico, la resistencia a la corrosión de varios metales que contienen níquel y otros metales con ácido nítrico, así como algunas aplicaciones industriales.

Aproximadamente el 75 % del ácido nítrico producido se utiliza en la producción de fertilizante a base de nitratos.

Esta publicación técnica del Nickel Institute totalmente revisada ofrece una guía útil para los ingenieros de materiales.

Puede descargarse gratuitamente desde [www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)



# PUBLICACIONES ACTUALIZADAS

**Publicaciones técnicas actualizadas**  
El Nickel Institute ha actualizado 30 publicaciones técnicas históricas importantes, producidas originalmente por INCO y el Instituto Americano del Hierro y el Acero (American Iron and Steel Institute, AISI). Títulos populares, como *The Corrosion Resistance of Nickel-Containing Alloys in Sulphuric Acid and Related Compounds* (La resistencia a la corrosión de aleaciones al níquel en compuestos de ácido sulfúrico y

relacionados) de INCO y *Design Guidelines for the Selection and Use of Stainless Steels* (Directrices de diseño para la selección y el uso de aceros inoxidable) del AISI proporcionan información técnica relevante para ingenieros y usuarios finales. La calidad digital de las guías se ha mejorado y todas las publicaciones son consultables. Pueden descargarse gratuitamente desde [www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)



## Detalles del UNS Composiciones químicas (en porcentaje en peso) de las aleaciones y los aceros inoxidables mencionados en este número de la revista Nickel.

UNS	C	Cr	Fe	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si
<b>S30100</b> pág. 4	0,15 máx.	16,0- 18,0	bal.	2,00 máx.	-	0,10 máx.	6,0- 8,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
<b>S30200</b> pág. 8	0,15 máx.	17,0- 19,0	bal.	2,00 máx.	-	0,10 máx.	8,0- 10,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
<b>S30403</b> pág. 14	0,03 máx.	18,0- 20,0	bal.	2,00 máx.	-	-	8,0- 12,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
<b>S31600</b> págs. 9, 11	0,08 máx.	16,0- 18,0	bal.	2,00 máx.	2,00- 3,00	-	10,0- 14,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
<b>S31603</b> págs. 2, 7, 8, 10, 11, 14, 16	0,03 máx.	16,0- 18,0	bal.	2,00 máx.	2,00- 3,00	-	10,0- 14,0	0,045 máx.	0,030 máx.	1,00 máx.
<b>S32205</b> págs. 7, 16	0,030 máx.	22,0- 23,0	bal.	2,00 máx.	3,00- 3,50	0,14- 0,20	4,50- 6,50	0,030 máx.	0,020 máx.	1,00 máx.



FOTOGRAFÍA POR MICHAEL MORAN PARA RELATED COMPANIES.



*The Vessel minimiza su huella al ser pequeña en la parte inferior. A medida que se eleva verticalmente, aumenta su anchura.*

## THE VESSEL EN HUDSON YARDS

*Hudson Yards en la ciudad de Nueva York es el desarrollo inmobiliario privado más grande de Estados Unidos. La primera fase abrió en 2019 con una espectacular escultura interactiva, the Vessel, como punto central. Diseñada por Thomas Heatherwick and Heatherwick Studio, esta nueva y extraordinaria escultura emblemática de 46 m (150 ft) de alto se creó con el propósito de ser escalada y ofrece fascinantes vistas de la ciudad. El aspecto de bronce rojizo del exterior se obtuvo aplicando un revestimiento de PVD hecho totalmente a la medida sobre 45 toneladas de acero inoxidable al níquel tipo 316L (S31603) con pulido de espejo.*

Si bien la apariencia del interior de la escultura recuerda a la continua escalera de M.C. Escher, los 154 tramos de escalones de The Vessel interconectados intrincadamente con 80 descansillos permiten a los visitantes alcanzar la parte superior. Era importante que la escalera mantuviera su belleza con el tiempo y que pareciera liviana cumpliendo al mismo tiempo con

las exigencias estructurales. Los balaustres huecos permiten una discreta iluminación nocturna y están hechos de aproximadamente 80 toneladas de acero inoxidable al níquel tipo 2205 (S32205) muy resistente con un acabado chorreado abrasivo. Para las personas con dificultades de movilidad, hay un ascensor curvilíneo de acero inoxidable y vidrio.

NI