

## Caso de Estudio 05 Barandales y Exteriores de Edificios en Hong Kong

### Contaminación Urbana Alta

### Exposición Alta a Moderada a Sal de la Costa

El Centro Cheung Kong de 63 pisos en Hong Kong, fue terminado en 1999. El exterior es de vidrio y acero inoxidable tipo 316 (UNS S31600, EN 1.4401, SUS 316). El acero inoxidable tipo 316 contiene 2% de molibdeno, lo cual mejora la resistencia a la corrosión causada por la contaminación y la sal. **(Figuras A y B)** La construcción está a menos de 1.6 km (1 milla) pero a más de 30 m (100 pies) del puerto. Está expuesta a sal de mar contenida en el aire y a lluvia pero no a rocío de sal. Tanto un acabado de Cambray HyClad® acuíado y un acabado fino No. 4 fueron usados en el exterior. La limpieza mediante la lluvia y el mantenimiento regular remueven los contaminantes corrosivos y la suciedad de estos acabados lisos. El Centro Cheung Kong fue diseñado en colaboración por las firmas arquitectónicas Cesar Pelli, Leo A. Daly, y Hsin-Yieh y ha mantenido su atractiva apariencia original.



**Figuras A y B** El Centro Cheung Kong es la construcción más alta en el primer plano de la Figura A. La entrada y otros detalles son visibles en la Figura B. El acero inoxidable tipo 316 con acabado terso de la superficie fue una excelente selección debido a su exposición a la contaminación y a la sal de la costa. Los mecanismos de limpieza para las ventanas fueron construidos dentro del edificio para la fácil limpieza. Como se muestra en la Figura A, éste se encuentra en una cercana proximidad al puerto. (Fotografías Cortesía de Outokumpu)



La construcción posterior del Centro de Convenciones de Hong Kong fue terminada en 1997. Éste está ubicado en la península artificial en el puerto mostrado en la Figura A. El Centro de Convenciones está rodeado por un parque de jardines con un barandal de acero inoxidable tipo 316 a lo largo del perímetro. El barandal está expuesto a rocío de agua de mar y a salpicaduras ocasionales. Además, los niveles de sal en el aire son altos. El acero inoxidable tipo 316 experimentará manchas de corrosión cuando sea expuesto al rocío de mar a menos que se especifique un acabado superficial liso y éste sea lavado frecuentemente.

El acabado, muy áspero en el barandal, retiene sal y productos de contaminación corrosivos, acelerando la corrosión. La **Figura C** muestra el nivel de manchado después de tres años sin limpieza. El pasamanos superior es ahora limpiado diariamente y las secciones inferiores son limpiadas cada mes para minimizar el manchado por corrosión. La especificación de un acero inoxidable más resistente a la corrosión y un terminado liso podría haber minimizado o eliminado la necesidad de limpieza.

**Figura C** La salpicadura de agua de mar o el rocío corroerán el acero inoxidable tipo 316. El acabado superficial áspero en estos barandales y el lavado no frecuente empeoran el problema. (Fotografía Cortesía del Instituto del Níquel)

### Criterio de selección del acero inoxidable

La publicación de la Asociación Internacional del Molibdeno (IMO A, por sus siglas en inglés), ¿Cuáles aceros inoxidables deben especificarse para aplicaciones en exteriores?, proporciona asistencia en la selección del acero inoxidable. Los resultados del lugar y del diseño mostrados abajo, están basados en las pautas de ese folleto. Se pueden descargar copias desde [www.imoa.info](http://www.imoa.info) o bien solicitarlas por correo electrónico a [info@imoa.info](mailto:info@imoa.info).

#### Sección 1: Ambiente

Puntuación = 3

Para esta sección de Hong Kong, el nivel promedio anual de dióxido de azufre es de 22 µg/m<sup>3</sup>, el cual es moderado. El nivel de partículas suspendidas en el aire, 97 µg/m<sup>3</sup>, es el más alto en Hong Kong, y su fuente principal son los gases de combustión de los vehículos de diesel, una central eléctrica, brisa de sal marina y polvo. Debido al alto nivel de partículas y su fuente, ambas ubicaciones tienen una clasificación de contaminación urbana alta.

#### Sección 2: Exposición a sal costera

Puntuación del Centro Cheung Kong = 3

Puntuación del barandal = 5

La sal de la costa (cloruros) puede corroer metales arquitectónicos, incluyendo algunos aceros inoxidables. Las aplicaciones costeras más corrosivas son expuestas a rocío de agua salada, salpicadura y/o inmersión. El tráfico de botes, los niveles de viento y otros factores pueden generar aerosoles y rocío de sal marina. El barandal está expuesto a algún rocío de mar y salpicadura ocasional (+5). El Centro Cheung Kong está solamente expuesto a sal de mar en el aire y la lluvia (+3).

#### Sección 3: Patrón del clima local

Puntuación = 0

Hong Kong tiene un clima subtropical con temperaturas típicas altas y bajas de 16°C (60°F). La precipitación pluvial anual es de aproximadamente 2218 mm (87 pulgadas). La corrosividad de los ambientes subtropicales varía con el patrón de lluvia. Los niveles de humedad y temperatura más altos incrementan el potencial para la corrosión, pero en la mayoría de los casos, los temporales fuertes regulares o estacionales disminuyen el potencial de corrosión al lavar los depósitos de contaminación y de sal corrosivos con una puntuación de 0.

#### Sección 4: Consideraciones del diseño

Puntuación del Centro Cheung Kong = -1 o -2

Puntuación del barandal = 2

La rugosidad de la superficie del barandal está por encima de  $R_a$  1 µm (40 µin), la cual incrementa la puntuación (+2). Los acabados más ásperos retienen sustancias corrosivas por más tiempo, permitiendo que la corrosión ocurra y proporcionando tiempo para la concentración evaporativa del agua de sal. El Centro Cheung Kong tiene acabados lisos. El patrón Cambray HyClad<sup>®</sup> fue estampado sobre el metal base con una rugosidad superficial de aproximadamente  $R_a$  0.1 µm (4 µin). La rugosidad de la superficie del metal base debería ser usada en la determinación de la puntuación ya que el patrón es limpiado fácilmente y es poco probable que retenga contaminantes (puntuación = -2). La rugosidad superficial de la tubería pulida está por debajo de  $R_a$  0.5 µm (20 µin) (puntuación = -1).

#### Sección 5: Plan de mantenimiento

Puntuación del Centro Cheung Kong = -2

Puntuación del barandal = -3

El barandal del Centro de Convenciones no fue limpiado durante los tres primeros años de servicio (Figura C), se requirió de limpieza correctiva para restaurar el acabado. El riel superior es ahora limpiado diariamente y el resto es limpiado cada mes. Las secciones que son limpiadas mensualmente muestran ligero manchado entre las limpiezas. El acero inoxidable sobre el Centro Cheung Kong es limpiado cuando las ventanas son limpiadas, lo cual es normalmente cuatro o más veces por año. Si el nivel de partículas en el aire continúa disminuyendo, la necesidad de limpieza será menos frecuente para mantener la apariencia atractiva del Centro Cheung Kong.

#### Selección del acero inoxidable

Total: Puntuación del Centro Cheung Kong = 2 o 3

Puntuación del barandal = 7

El acero inoxidable tipo 316 con acabado superficial liso es generalmente la elección más económica para sitios costeros corrosivos si existe un lavado por lluvia fuerte regular y no hay exposición a rocío, salpicadura o inmersión de agua salada. Los niveles altos de partículas en el aire hacen que la limpieza ocasional sea necesaria para mantener una apariencia prístina. Los componentes del Centro Cheung Kong con el acabado Cambray HyClad<sup>®</sup> muy liso puede ser lavado con menos frecuencia y aún así permanece atractivo (la puntuación cambia de 2 a 3). La especificación de un acabado mucho más liso en el barandal del Centro de Convenciones podría disminuir la puntuación tanto como a cuatro puntos. Para evitar la limpieza de los barandales, un acabado superficial liso y acero inoxidable tal como el 317LMN (UNS 31726, EN 1.4439, SUS317LN), 2205 (UNS S32205 o S31803, EN 1.4462, SUS 329J3L) y 904L (UNS N08904, EN 1.4539, SUS 890L) podrían ser considerados. Para aplicaciones normalmente salpicadas por o sumergidas en agua de mar, un acero inoxidable súper dúplex, un súper ferrítico, o un acero inoxidable superaustenítico con 6% de molibdeno puede ser necesario. Estos aceros inoxidables pueden también ser utilizados para instalaciones de largo plazo con acabados ásperos que estén sujetos a algún rocío de mar donde ninguna limpieza sea probable y una apariencia prístina es deseada.

Agradecimiento: El autor agradece y reconoce la asistencia de Mark Basford de Outokumpu y al Dr. David Jenkinson del Instituto del Níquel quienes con su ayuda hicieron posible este caso de estudio.