

## Caso de estudio 08 Exterior de Edificio en São Paulo

### Contaminación Industrial y Urbana Alta Nula Exposición a Sal

La nueva oficina central sudamericana del Banco de Boston en São Paulo, Brasil fue terminada en 2002. El edificio de 30 pisos fue diseñado por la firma arquitectónica internacional Skidmore Owings & Merrill, LLP junto con la firma arquitectónica brasileña Escritorio Técnico Júlio Neves. **(Figuras A y B)** Éste fue diseñado usando conceptos de construcción “verde”, haciendo de la vida de servicio del material una importante consideración.

Tres diferentes acabados superficiales de acero inoxidable fueron utilizados en el exterior. El acero inoxidable coloreado en negro electro-líticamente acentúa los detalles del edificio. Un acabado Cambric acuñado fue usado para los paneles de pared de relleno y un acabado pulido No. 4 fue usado para el toldo de la entrada, las cubiertas de la columna y otros detalles.



**Figura B** Los tres acabados de acero inoxidable pueden ser vistos alrededor de la entrada con apariencia de parque del edificio. (Fotografía cortesía de Núcleo Inox)



**Figura A** La selección del acero inoxidable, el diseño y el mantenimiento cuidadosos aseguran que el exterior permanecerá bello a lo largo del tiempo. (Fotografía Cortesía del Núcleo Inox)

A pesar de que Brasil ha hecho un gran esfuerzo para reducir las emisiones de contaminación, un mapa publicado sobre contaminación en 2001 aún identifica al ambiente de São Paulo como extremadamente severo.<sup>1</sup>

La sal costera no es un factor porque el edificio está aproximadamente a 80 km (50 millas) tierra adentro. La corrosión del material de construcción en São Paulo es provocada por la contaminación del aire (óxidos de azufre y óxido nítrico, ozono, partículas suspendidas en el aire) y la lluvia ácida (ácido sulfúrico, ácido nítrico, amonio, etc.). Las altas temperaturas ambientales y la humedad típicas aceleran la corrosión.

Con el fin de obtener un excelente desempeño en este ambiente corrosivo, los arquitectos buscaron la asesoría de expertos. Ellos obtuvieron asistencia en la selección del acero inoxidable de dos asociaciones de la industria, el Instituto del Níquel y Núcleo Inox, y el productor brasileño de acero inoxidable Acesita.

El acero inoxidable es más resistente a la contaminación corrosiva que otros materiales arquitectónicos comunes y solamente los compuestos de azufre, las partículas suspendidas y la acidez de la lluvia (pH) son factores importantes. Se asumió que el acero inoxidable podría ser lavado con regularidad y que podían especificarse acabados lisos.

El acero inoxidable tipo 316 (UNS S31600, EN 1.4401, SUS 316) fue seleccionado debido a que contiene 2% de molibdeno, el cual ayuda a prevenir la corrosión por cavidades y picaduras provocada por la contaminación corrosiva.

### 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 = 4

La construcción está solamente a unas cuantas millas de un área industrial, Santo Amaro, y otras áreas industriales están contra el viento en el lugar. Los niveles promedio anuales de dióxido de azufre y las partículas suspendidas totales (TSP, por sus siglas en inglés) son  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente, y los niveles máximos de TSP para un periodo de 24 horas pueden exceder los  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de dióxido de azufre es moderado pero el nivel de partículas es alto. Las fuentes principales de partículas son las emisiones de vehículos de motor y las industriales. La lluvia ácida también contribuye a la corrosividad del ambiente. El sitio fue clasificado de alta contaminación industrial con base en esa información y un estudio que identificó a São Paulo como un ambiente de corrosión extremadamente severo.<sup>1</sup> Esta es la clasificación más severa que puede ser asignada a un ambiente.

#### Sección 2: Exposición a la sal de la costa

Puntuación = 0

El edificio está aproximadamente a 80 km (50 millas) del océano. Las superficies fueron evaluadas y no hay exposición a sal costera.

#### Sección 3: Patrón del clima local

Puntuación = 1

La corrosividad de los ambientes tropicales varía con el patrón de lluvia y los niveles de humedad. São Paulo tiene temperaturas promedio bajas y altas de  $16^\circ\text{C}$  ( $61^\circ\text{F}$ ) y  $28^\circ\text{C}$  ( $82^\circ\text{F}$ ). Sus 1303 mm (51 pulgadas) de precipitación anual la hacen una región tropical seca. Las altas temperaturas y los niveles promedio altos de humedad relativa, mensualmente de entre 74 y 80%, hacen corrosivo este ambiente. Las tormentas con lluvia, suficientemente fuerte para limpiar las superficies, son principalmente entre noviembre y febrero. La lluvia ligera ocasional que cae en los meses más secos, no remueve los depósitos corrosivos. La lluvia también deja depósitos ácidos sobre las superficies. Ambos, la lluvia ligera y la alta humedad activan y humedecen los depósitos corrosivos en las superficies. Este patrón de clima hace a São Paulo más corrosivo que un ambiente tropical típico e incrementa la puntuación con 1 punto.

#### Sección 4: Consideraciones del diseño

Puntuación = -1

Se utilizaron tres diferentes acabados superficiales del acero inoxidable, y se asumió que todos son lisos con una rugosidad superficial menor de  $R_a 0.5 \mu\text{m}$  ( $20 \mu\text{in}$ ), lo cual disminuye la puntuación (-1). Las sustancias corrosivas tienen que permanecer en la superficie para que la corrosión suceda, y hay menos depósitos en las superficies lisas. Los acabados ásperos y las superficies horizontales retienen agua de lluvia por un periodo más largo proporcionando más tiempo para que la lluvia se evapore. Esto incrementa las concentraciones de ácido de la superficie y prolonga la humedad de la superficie extendiendo el lapso en el que la corrosión puede ocurrir.

#### Sección 5: Plan de mantenimiento

Puntuación = -2

Si a los depósitos de la superficie se les permite acumularse, éstos pueden causar corrosión y pueden hacer que una construcción parezca sucia. Las ventanas y los paneles de acero inoxidable en el Banco de Boston son limpiados cada 3 o 4 meses. Esta limpieza regular impide la acumulación de depósitos en la superficie y ayuda a mantener bello el edificio.

#### Selección del acero inoxidable

Total:

Puntuación = 2

El acero inoxidable tipo 316 puede ser utilizado en áreas con altos niveles de contaminación urbana o moderada a alta contaminación industrial mientras los acabados superficiales lisos sean especificados y exista un lavado regular. Los altos niveles de partículas corrosivas en el aire en este ambiente hacen que la limpieza ocasional sea necesaria para mantener una apariencia prístina. La puntuación indica que el acero inoxidable podría probablemente ser lavado menos frecuentemente (una o dos veces por año) y aún permanecería libre de corrosión, pero podría haber más acumulación de partículas poco atractiva entre las limpiezas y el edificio podría parecer sucio. La decisión del propietario, de lavar más frecuentemente el edificio, asegura una apariencia brillante, aunque esto también protege contra la posibilidad de que la atmósfera pueda volverse más corrosiva antes de que las leyes de contaminación mejoren la calidad del aire o de que el ambiente sea más corrosivo que lo que la información indica. Si el propietario no ha planeado limpiar el edificio regularmente, un acero inoxidable más resistente a la corrosión podría haber sido necesario.

Agradecimiento: El autor quisiera agradecer la asistencia de Núcleo Inox quien proporcionó la información y las fotografías que hacen posible este caso de estudio.

1 "Atmospheric Corrosion of Copper in Ibero-America" por M. Morcillo, E. Almeida, M. Marrocos, y B. Rosales, Corrosion, Vol. 57, No. 11, páginas 967-980, Noviembre 2001.