



Figura 1. Cortesía del Instituto del Níquel (NIDI)

# Diseño exitoso de albercas en acero inoxidable

Por Catherine Houska, CSI (*Construction Specifications Institute*) y Dr. James Fritz  
(Extraído de *Construction Specifier Magazine*, Diciembre 2005)

Los metales han sido utilizados para aplicaciones en natatoriums por más de 40 años, pero hay diferencias en el rendimiento a largo plazo. La selección informada del acero inoxidable y el mantenimiento produce rendimiento de servicio sobresaliente y la experiencia ha demostrado que ningún metal puede igualar su rendimiento en los usos en natatoriums a nivel de alberca. Incluso si hay manchado superficial por corrosión, éste no afecta adversamente la integridad estructural de las aplicaciones de acero inoxidable inmediatamente alrededor de la cubierta o dentro de la alberca y el manchado es fácilmente retirado.

El acero inoxidable puede proporcionar una excelente combinación de atractivo estético, resistencia a la corrosión, dureza, durabilidad, y limpiabilidad, y estos son comúnmente utilizados para una amplia gama de usos en alberca interior y exterior, incluyendo escaleras, barandales, trampolines, ensamblajes de toboganes, canaletas, y sistemas de ventilación. Esos componentes están frecuentemente aún estructuralmente en buenas condiciones y agradables estéticamente después de más de 25 años de servicio.

Sin embargo, esto no significa que el acero inoxidable no tenga problemas potenciales – desde la década de los 70s, la tendencia en las piscinas recreativas ha sido hacia las más altas temperaturas del agua, las incrementadas cantidades de bañistas y obras arquitectónicas con agua (p.e. los toboganes y fuentes), y los más altos niveles de desinfectantes químicos. Adicionalmente, los costos más altos de energía han causado que algunos operadores de piscinas reduzcan sus porcentajes de reemplazo del aire.

Estos factores incrementan la cloración y humedad atmosférica, haciendo a los entornos de las piscinas mucho más corrosivos para todos los materiales. Esas condiciones más agresivas necesitan aleaciones más resistentes a la corrosión y mayor mantenimiento si una apariencia atractiva debe ser mantenida. El incrementado entendimiento de los especificadores y los administradores de piscinas sobre la selección del acero inoxidable y el mantenimiento es un aspecto importante del rendimiento logrado libre de corrosión.



Cortesía de Eurinox

Cortesía del Instituto del Níquel

**Figuras 2 y 3:** Fuente y tobogán de la alberca de acero inoxidable.

Otros metales menos resistentes a la corrosión son algunas veces utilizados en aplicaciones en piscinas. El relativo costo instalado del aluminio es menor y la corrosión de los componentes del aluminio es frecuentemente pasada por alto debido a que su producto de corrosión es blanco para el gris blanquecino en apariencia. La tasa de corrosión significativamente más alta del aluminio en los ambientes que contienen cloro hace importante la inspección de forma que la pérdida de metal por corrosión y la integridad estructural puedan ser determinadas. El acero al carbono chapado y pintado de relativo bajo costo es algunas veces utilizado para aplicaciones de albercas, pero su rendimiento depende de la calidad del recubrimiento y del mantenimiento. Una vez que el recubrimiento protector o el chapado comienzan a fallar, puede haber corrosión rápida y deterioro estructural del acero al carbono haciendo necesarios el recubrimiento y la inspección regular cuidadosos.



**Figura 4:** Este carrito de acero al carbono chapado en cromo para sujetar los marcadores de los carriles solamente ha estado en uso por unos pocos años pero ya hay corrosión considerable bajo el chapado. Fotografía cortesía de *TRM Consulting*.

## Las causas de la corrosión

Los químicos basados en cloro usados para desinfectar el agua de piscinas producen cloraminas debido a una reacción con los compuestos que contienen nitrógeno tales como la urea (del sudor y orina). Las cloraminas son muy volátiles y son pasadas hacia la atmósfera donde éstas pueden ser depositadas sobre las superficies del metal, descomponiendo en el condensado para formar una solución corrosiva. Los ciclos repetidos de la condensación seguidos por la evaporación causan acumulación de esos compuestos agresivos que contienen cloro sobre las superficies del agua. Estos compuestos son responsables por la mayoría de los problemas de corrosión del metal encontrados alrededor de las albercas.

La corrosión del acero inoxidable en los proyectos de las albercas es usualmente causada por uno de los siguientes factores (o una combinación de eso):

- La selección inapropiada del acabado o del acero inoxidable;
- El mantenimiento incorrecto o inadecuado;
- Malas técnicas de fabricación; y
- Control deficiente del entorno de la piscina.

La agresividad de un entorno de piscinas interiores varía substancialmente con la temperatura, la humedad relativa (HR), número de bañistas, y su frecuencia de reemplazo del aire.



**Figura 5:** Los cepillos de acero al carbono fueron utilizados por un contratista de limpieza en esta bisagra de la puerta de acero inoxidable que fue instalada a un lado de una piscina interior. Las áreas con contaminación de acero al carbono están oxidadas. (Fotografía cortesía de *TRM Consulting*).

Las tablas 1 y 2 resumen los diferentes candidatos del acero inoxidable para uso en natatoriums y sus características generales. Las superficies sumergidas y las áreas salpicadas con regularidad por el agua de las albercas son menos propensas a la corrosión. Similarmente, los entornos de las albercas exteriores, donde hay suficiente aire fresco y lavado por lluvia periódico, no son tan corrosivos como sus equivalentes interiores. Por otra parte, el techo y otras áreas aisladas en los entornos de piscinas interiores son las áreas que son más propensas a la corrosión debido a que no son salpicadas y la limpieza es menos probable, permitiendo una acumulación importante de compuestos que contienen cloro.



Tabla 1: Características generales del acero inoxidable en aplicaciones de albercas

Designación del acero inoxidable (Número UNS)		Características Generales
Inoxidable austenítico estándar Cr-Ni	304 (S30400) 304L (S30403)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Buena resistencia a la corrosión</li> <li>● Excelente formabilidad, soldabilidad, y resistencia al impacto</li> <li>● Fácilmente disponible</li> <li>● Susceptible a agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo en edificaciones de albercas</li> </ul>
Inoxidable austenítico estándar Cr-Ni-Mo	316 (S31600) 316L (S31603)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mejor resistencia a la corrosión que el 304/304L</li> <li>● Excelente formabilidad, soldabilidad, y resistencia al impacto</li> <li>● Fácilmente disponible</li> <li>● Susceptible a agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo en edificaciones de albercas</li> </ul>
Inoxidable austenítico de más alta aleación	317LMN (S31726) 904L (N08904)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mejor resistencia a la corrosión que el 316/316L</li> <li>● Buena ductibilidad, soldabilidad, y resistencia al impacto</li> <li>● Buena resistencia al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo en edificaciones de albercas</li> </ul>
Inoxidable súper austenítico 6%-Mo	254 SMO® (S31254) AL-6XN® (N08367) 25-6MO (N08925)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Excepcional resistencia a la corrosión</li> <li>● Buena formabilidad, soldabilidad, y resistencia al impacto</li> <li>● Buena resistencia al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo en edificaciones de albercas</li> </ul>
Inoxidable Dúplex	2205 (S33305)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Resistencia a la corrosión similar al 904L y 317LMN</li> <li>● Alta resistencia</li> <li>● Buena soldabilidad, y resistencia al impacto</li> <li>● Buena resistencia al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo en edificaciones de albercas</li> </ul>
Inoxidable Súper Dúplex	SAF 2507® (S32750)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Resistencia a la corrosión similar a los aceros inoxidables 6%-Mo</li> <li>● Alta resistencia</li> <li>● Soldable</li> <li>● Buena resistencia al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo en edificaciones de albercas</li> </ul>

Notas: el 254 SMO es una marca registrada de Outokumpu. AL-6XN es una marca registrada de ATI Properties Inc. SAF 2507 es una marca registrada de Sandvik AB.

Los aceros inoxidables tipo 304 y 316 son frecuentemente utilizados para aplicaciones en albercas que están sumergidas o son regularmente salpicadas con agua de la piscina. El tipo 304 puede proporcionar buen rendimiento en albercas de temperaturas más frías con menores niveles de cloración y cuidadoso control ambiental. El tipo 304 pintado o recubierto es algunas veces utilizado para usos más agresivos tales como tuberías, mientras el tipo 316 sin revestir es preferido para piscinas de temperaturas más altas o balnearios (*spas*) con incrementados niveles de cloración, así como en las aplicaciones donde hay control de cloración menos cuidadoso.

Las aplicaciones de acero inoxidable altamente sometidas a esfuerzo dentro de edificaciones de albercas pueden ser susceptibles a agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo (*SCC, stress corrosion cracking*) y posible falla catastrófica.<sup>1</sup> El acero inoxidable susceptible incluye al 304/304L, 316/316L, 201/201L, y 321 o cualquier otro acero inoxidable austenítico con un

contenido de níquel (Ni) en un porcentaje de 8 a 10%. Los componentes altamente trabajados en frío o los soportes de carga están en el mayor riesgo. Es más probable que este problema afecte a los componentes cercanos al techo donde hay una alta probabilidad de importantes depósitos de cloramina acumulada sobre las superficies del metal. En otras palabras, las superficies de acero inoxidable que son completamente sumergidas, frecuentemente salpicadas con agua de la alberca o regularmente limpiadas están raramente en riesgo de agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo.

**Tabla 2: Aceros inoxidables sugeridos para diferentes ubicaciones de albercas**

Ubicación	Descripción	Acero inoxidable
Sumergida	1-3 ppm de cloro, alberca de temperatura más baja, excelente control de la química del agua con limitado o nulo tratamiento con cloro	Tipo 304
Sumergida	1-3 ppm de cloro, alberca de temperatura más baja con potencialmente escaso control de la química del agua	Tipo 316 (2)
Sumergida	3-5 ppm de cloro, alberca o <i>spa</i> de temperatura más alta, excelente control de la química del agua con limitado o nulo tratamiento con cloro	Tipo 316
Sumergida	3-5 ppm de cloro, alberca o <i>spa</i> de temperatura de agua más alta, potencialmente escaso control de la química del agua	Tipo 316 (2)
Salpicada No soportes de carga	Limpieza regular de mantenimiento, excelente control de la química del agua, porcentajes de reemplazo del aire y control de humedad	Tipo 304
Salpicada No soportes de carga	Limpieza regular de mantenimiento, control desconocido de la calidad del agua y el aire	Tipo 316
Interiores Salpicada No soportes de carga	Mínimo mantenimiento, tratamiento con cloro regular, bajo porcentaje de reemplazo del aire, y/o acabado de poca calidad	317LMN, 904L, 2205
Interiores No Salpicada No soportes de carga	Limpieza periódica de mantenimiento, acabado de buena calidad, excelentes porcentajes de reemplazo del aire y control de humedad	Tipo 316
Interiores No Salpicada No soportes de carga	Limpieza mínima o nula de mantenimiento, acabado de poca calidad, bajo porcentaje de reemplazo del aire, y/o poco control de humedad	317LMN, 904L, 2205
Interiores No Salpicada Soportes de carga	Limpieza regular de mantenimiento, acabado de buena calidad, excelentes porcentajes de reemplazo del aire y control de humedad	317LMN, 904L, 2205
Interiores No Salpicada Soportes de carga	Limpieza mínima o nula de mantenimiento, acabado de poca calidad, bajo porcentaje de reemplazo del aire, y/o poco control de humedad	254 SMO®, AL-6XN®, 25- 6MO

Notas:

- 1) Un acabado del acero inoxidable liso y de alta calidad es asumido para todos los usos de arriba. SCC es la abreviación de *stress corrosion cracking* (agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo).
- 2) Si hay tratamiento con cloro regular y el cloro no es rápida y uniformemente distribuido por toda el agua, puede haber picaduras del tipo 316 en las áreas con concentraciones de cloro extremadamente altas. Esto también puede ocurrir si los niveles de cloro no son monitoreados y regular y considerablemente exceden 5 ppm. Un acero inoxidable más resistente a la corrosión podría ser especificado pero la solución más efectiva es una mejor gestión del agua.

La sobresaliente resistencia a la corrosión y la buena resistencia al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo del acero inoxidable al 6% de molibdeno (Mo) los hace candidatos ideales para aplicaciones críticas en la superficie que no son salpicadas ni limpiadas. Aunque no están

fácilmente disponibles, los aceros inoxidable súper dúplex proporcionan similar resistencia a la corrosión y también son buenas elecciones. El acero inoxidable dúplex 904L, 317LMN, y 2205 ofrece mejor resistencia al manchado y al agrietamiento de corrosión por estrés que los aceros inoxidables de tipo 304 o 316. La selección apropiada de un acero inoxidable resistente al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo debería proporcionar rendimiento libre de mantenimiento y preocupación de los componentes estructurales durante la vida de la alberca. Estos aceros inoxidables altamente aleados más resistentes al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo son más costosos que los tipos 304 y 316 pero los aceros inoxidables dúplex proporcionan mucho más resistencia. Si un ingeniero estructural toma ventaja total de la resistencia del acero inoxidable dúplex y reduce los tamaños de las secciones, sus costos instalados pueden ser similares a los del tipo 316. Las aplicaciones existentes de los soportes de carga y de seguridad crítica existentes fabricados de aleaciones susceptibles a agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo tales como los aceros inoxidables tipo 304 y 316 requieren limpieza e inspección periódicas para asegurar integridad estructural a largo plazo.

La especificación del acabado puede influir en el rendimiento del acero inoxidable. Cuando los acabados del acero inoxidable de buena o mala calidad son colocados juntos bajo condiciones equivalentes, el último es mucho más propenso a exhibir manchado por corrosión. Los acabados muy lisos (p.e. un acabado de laminación mate en una tubería o un acabado de espejo en un enrejado pulido) generalmente proporcionan el mejor rendimiento a la corrosión. Cuando un acabado No. 4 satinado o brillante es deseado, este debe ser aplicado con abrasivos de carburo de silicona que son reemplazados tan pronto como éstos comienzan a desgastarse. Las almohadillas abrasivas no metálicas y el óxido de aluminio pueden manchar el acabado y crear micro-grietas donde la corrosión puede iniciar.

El ácido muriático (ácido clorhídrico) no debería ser utilizado para limpiar concreto o azulejo cerca del acero inoxidable porque puede causar corrosión rápida. Si el ácido clorhídrico entra en contacto con el acero inoxidable, éste debe ser lavado/retirado inmediatamente y neutralizado. Los productos de limpieza que contienen incluso pequeñas cantidades de ácido clorhídrico deben también ser evitados.

El poco mantenimiento y el uso inapropiado de los compuestos de limpieza puede ser otro factor en el rendimiento de la corrosión. La estopa de acero al carbono y los cepillos de alambre nunca deberían ser utilizados para limpiar o "re-acabar" el acero inoxidable debido a que las partículas pueden incrustarse en la superficie. Estas partículas del acero al carbono corroen en la misma proporción que el acero al carbono no protegido y causa daño antiestético a la superficie.

En casos donde los componentes de acero inoxidable tienen juntas soldadas, las soldaduras deberían proporcionar el mismo nivel de rendimiento de corrosión como el metal circundante. Por lo tanto, la corrosión en y alrededor de las juntas soldadas de acero inoxidable es inaceptable. Decapar y esmerilar las juntas es la mejor manera de restaurar una resistencia a la corrosión de la soldadura.



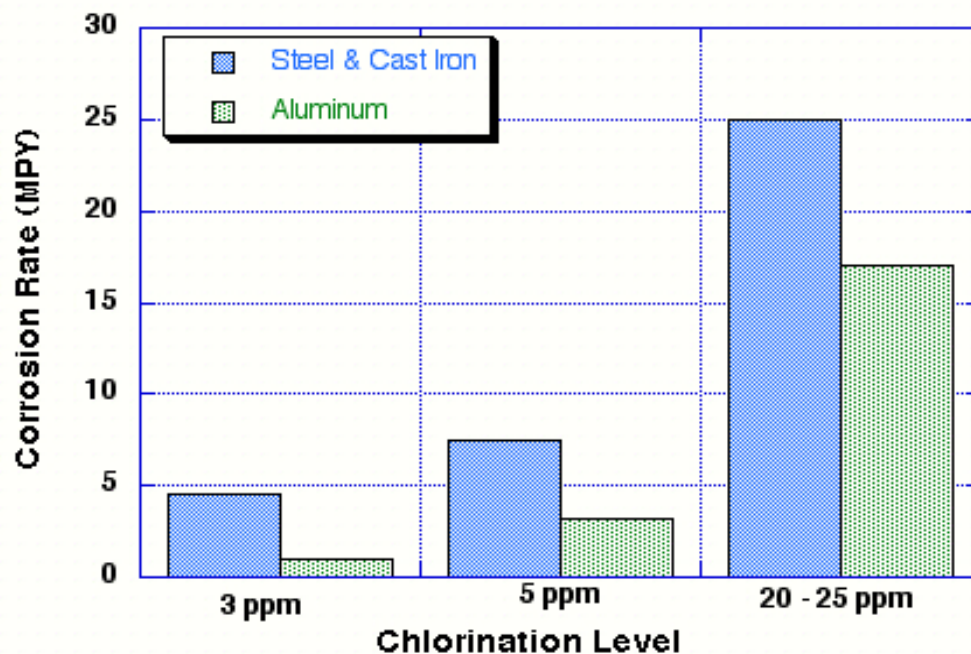
**Figura 6:** Esta soldadura dentro de una canaleta de la alberca no fue limpiada adecuadamente y la corrosión por picadura está ocurriendo a lo largo de la junta soldada. Fotografía cortesía de *TRM Consulting*.

## Aplicaciones sumergidas

La resistencia a la corrosión del acero inoxidable lo hace un material ideal para los componentes completa o parcialmente sumergidos en agua clorada, incluyendo canaletas, escaleras, accesorios de luz bajo el agua, revestimientos, y tuberías de agua de la alberca. Cuando seleccione metales para estos usos, la temperatura del agua de la alberca, el nivel de cloración, y la probabilidad de la gestión de la química del agua deben ser considerados.

El límite preferido libre de cloro en las albercas es de 1 a 3 ppm. (En *spas* y en albercas de temperatura más alta, es de 3 a 5 ppm). La súper cloración y el 'tratamiento con cloro' (p.e. una práctica de mantenimiento que utiliza oxidación para romper los residuos solubles en agua de los bañistas) temporalmente incrementan los niveles de cloro para nivelar a tan alto como 10 ppm y puede acelerar la corrosión de los materiales de la alberca. Los altos niveles de cloración pueden ser minimizados o eliminados por medio de la cuidadosa gestión del agua.

Diferentes aluminios (por ejemplo, 1100, 3003 y 6061), hierro fundido, acero al carbono, y aleaciones de acero inoxidable fueron expuestos a 3 y 5 ppm de agua clorada por 250 días y a 20 - 25 ppm de agua clorada por 32 días. El aluminio tiene bajas tasas de corrosión en hasta 2 ppm de cloro pero, sobre este nivel, la corrosión incrementa con los elevados niveles de cloro. En la figura 6 es mostrado el incremento rápido, relativamente lineal, en las tasas de corrosión del aluminio, acero al carbono, y del hierro fundido con los incrementados niveles de cloración. Los aceros inoxidables (tipos 304, 316) que fueron probados tuvieron unos porcentajes insignificantes de corrosión general (<0.1 mpy) en todos los niveles de cloración y por lo tanto no son mostrados en la gráfica. Incluso durante la exposición de 32 días en 20 a 25 ppm de cloro, no hubo corrosión general o por picadura de ninguno de los aceros inoxidables tipo 304 o 316.<sup>2</sup>



**Figura 7:** Aleaciones de acero inoxidable y aluminio, hierro fundido y acero al carbono fueron probadas en tres diferentes niveles de cloración y la tasa promedio de pérdida del metal se determinó en milésimas de pulgada por año (mpy). La tasa general de corrosión del acero inoxidable tipo 304 y 316 fue tan baja (<0.1 mpy) en todos los niveles de cloración que ésta no pudo ser graficada.

Cuando se diseña con cualquier metal en un entorno de alberca, las grietas deben ser evitadas o selladas debido a que éstas pueden ser sitios para la corrosión acelerada. Debe tener cuidado para prevenir el contacto directo entre los diferentes metales para prevenir la corrosión galvánica.

El acero inoxidable tipo 304 es más adecuado para las aplicaciones sumergidas o parcialmente sumergidas en albercas de temperaturas más bajas con química de la piscina estrechamente monitoreada. El acero inoxidable tipo 316 es una elección más conservadora debido a que éste proporciona mayor resistencia a la corrosión y es preferido para piscinas con hasta 5 ppm de cloro. Si el sistema de manejo del agua no es rápidamente distribuir el cloro, tratar con cloro la alberca puede producir concentraciones de cloro muy altas, localizadas y temporales. La cloración repetida excesiva sin el monitoreo adecuado puede también causar niveles muy altos de cloro. Aunque el acero inoxidable es más resistente al cloro que otros metales, la corrosión por picadura puede ocurrir en niveles de cloración muy altos y la química del agua de la alberca debería ser monitoreada.

## Revestimientos de la alberca

Los revestimientos de acero inoxidable de las piscinas han sido largamente usados en Europa y Japón tanto para la nueva construcción como para la renovación de albercas y están



comenzando a ser utilizados en América del Norte. La popularidad del acero inoxidable es el resultado de la larga vida del material, los bajos costos de mantenimiento y sus beneficios higiénicos. La capacidad de remover efectivamente las bacterias y los contaminantes han hecho del acero inoxidable el material de elección para cocinas comerciales, fabricación de comida y medicina, tratamiento de agua y otros usos donde la limpiabilidad de la superficie es importante.<sup>3,4,5</sup> En Japón, los revestimientos de acero inoxidable de las albercas son populares debido a su documentada capacidad de soportar daño de temblores bajo condiciones donde los revestimientos de albercas de concreto tradicional y de polímero de fibras reforzadas (FRP) han fallado.<sup>6</sup>

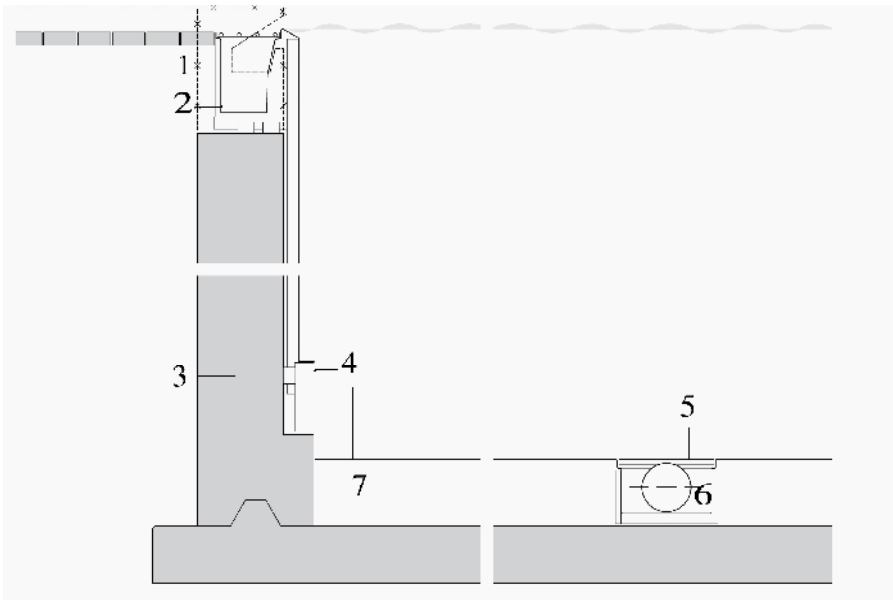
Aunque el costo inicial de la reparación del concreto existente o de la aplicación de los revestimientos de vinilo o fibra de vidrio es menor, estas son soluciones de corto plazo que requieren mantenimiento más frecuente para retirar algas y hacer reparaciones. Éstos tienen vidas de servicio más cortas que las de los revestimientos de acero inoxidable. Los revestimientos de acero inoxidable para albercas más antiguos conocidos en Europa han proporcionado más de 40 años de servicio sin señales de deterioro. Las algas no son usualmente un problema en las albercas con paredes de acero inoxidable, debido a que las plantas no se adhieren a una superficie relativamente lisa. Las paredes uniformes también eliminan la preocupación a cerca de lo relacionado con la abrasión de la piel de los nadadores.

Dos propuestas de instalación están siendo utilizadas para revestimientos de acero inoxidable de albercas. El primero emplea paneles de tipo 304 cubierto con cloruro de polivinilo (PVC). Los paneles son atornillados juntos y sostenidos en su lugar con abrazaderas verticales y horizontales de acero inoxidable. La "soldadura" solvente en el PVC produce un sello de junta hermético y liso. Las marcas de la alberca pueden ser pintadas directamente sobre el PVC. Mientras que el acero inoxidable tiene menor porcentaje de corrosión por grietas que otros substratos de revestimiento, la reparación rápida sigue siendo fomentada si hay algún daño.<sup>8</sup>

El acero inoxidable sin revestimiento tipo 316 ha sido utilizado para revestimientos de albercas, particularmente en Europa.<sup>8</sup> En las aplicaciones de "re-forrado", el acero inoxidable ha reemplazado las tejas de cerámica y plástico, mientras que en las nuevas piscinas, las estructuras independientes compuestas de chapas y armazones estructurales de acero inoxidable son utilizados generalmente para profundidades de agua de hasta aproximadamente 2 m (6.5 ft). Las albercas más profundas típicamente requieren una estructura de soporte secundaria o paneles de pared más pesados debido a las cargas de presión del agua. Los paneles de acero inoxidable son soldados juntos, produciendo una estructura hermética, y las costuras son limpiadas con baño químico para restaurar la resistencia a la corrosión. Las marcas de los carriles de la alberca pueden ser aplicadas por adelantado utilizando coloreado electroquímico, el cual elimina la pintura de mantenimiento.



**Figura 8:** Esta alberca en Munich, Alemania fue revestida nuevamente con paneles de acero inoxidable tipo 316 que fueron soldados juntos. Fotografía cortesía de *EuroInox*.



**Figura 9:** El proceso para volver a revestir es mostrado en esta ilustración. Cortesía de *EuroInox*.

- |   |  |
|---|--|
| 1 Borde superior de la piscina vieja retirado   | 5 Placa de cubierta con chorros de entrada |
| 2 Canaleta de desbordamiento, tipo 316 0.079" (2mm)   | 6 Línea de agua bajo el piso               |
| 3 Paredes existentes de concreto reforzado de la alberca  | 7 Capa de grava en el piso existente       |
| 4 Revestimiento de alberca con escalón integrado, pared de tipo 316 0.079" (2 mm) y piso de 0.059" (1.5 mm) |  |



**Figuras 10 y 11:** El revestimiento, escaleras y tubos de agua nuevos de tipo 316 son mostrados en varias etapas de la construcción. Las paredes de acero inoxidable independientes crean la característica de agua "río lento". Fotografías cortesía de *EuroInox*.



**Figuras 12 y 13:** Las canaletas de la alberca de tipo 316 y las aperturas de chorro de agua en las placas del piso. Fotografías cortesía de Martina Heizel.

## Sobre el nivel de la piscina

Debido a la incrementada probabilidad de la acumulación de cloramina, las ubicaciones en la superficie son las áreas más corrosivas alrededor de la alberca. Cuando esas áreas son salpicadas o limpiadas regularmente, los problemas de corrosión son mucho menos probables (p.e. el nivel de cubierta de la alberca y algunas aplicaciones de cuartos de vestidores). Sin embargo, los usos en la superficie en natatoriums internos que no son salpicadas son las más corrosivas en el entorno de las albercas debido a que éstas no se benefician de la limpieza indirecta causada por el agua. Esta categoría incluye componentes elevados de balcones, tuberías, y techo, pero algunas aplicaciones a nivel de cubierta pueden también entrar en esta categoría.

Los componentes que no son ni estructurales ni salpicados/limpiados (p.e. paneles decorativos o ductos de ventilación) deben ser fabricados de materiales por lo menos tan resistentes a la corrosión como el acero inoxidable tipo 316 y un acabado liso de alta calidad debe ser utilizado. Es difícil limpiar e inspeccionar las ubicaciones elevadas, de forma que los aceros inoxidables más resistentes a la corrosión son generalmente preferidos.

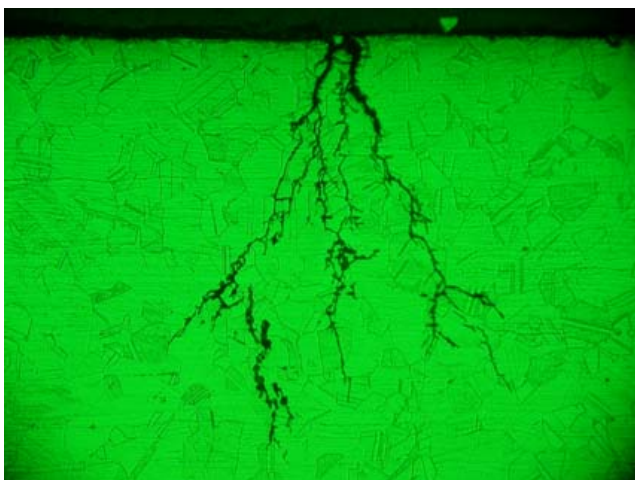


El agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo es una preocupación en las aplicaciones de los soportes de carga que no son salpicados con agua de la alberca o limpiados, tales como los sujetadores, ménsulas, soportes, tornillos, alambres, cables, perchas y ganchos de techo. Las figuras 13 y 14 representan un ejemplo de ataque del agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo. Esta cubierta del techo del natatorium de norteamericano de acero inoxidable tipo 304 nunca fue inspeccionada o limpiada. Después de una década de exposición, hubo significativo manchado café en los paneles del techo sobre los trampolines. Algunas muestras de la cubierta del techo fueron removidas y la inspección cercana reveló picadura superficial y agrietamiento extenso con algunas fisuras penetrando el 80% de la sección transversal. Este agrietamiento resultó debido a los siguientes factores:

- El acero inoxidable fue susceptible a agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo.
- Hubo relativamente alta tensión residual de los paneles del techo trabajados en frío y las altas cargas de tensión de servicio del techo, particularmente con las cargas de nieve del invierno.
- No hubo limpieza para retirar la acumulación de compuestos de cloro agresivo.
- Este fue un entorno de alberca escasamente controlado.



**Figura 14:** La corrosión de una cubierta de techo de acero inoxidable de tipo 304 encima de una piscina interior. Fotografía cortesía de *TRM Consulting*.



**Figura 15:** Esta sección transversal ampliada de una muestra de la cubierta del techo ilustra el extenso agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo que ocurrió. Fotografía cortesía de *TRM Consulting*.



El agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo puede llevar a una severa pérdida de integridad estructural y posiblemente falla catastrófica. Como tal, esto debe ser prevenido por un buen diseño, la selección cuidadosa de materiales resistentes al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo, y al mantenimiento e inspección de rutina. Los productos que resisten este modo de ataque incluyen los aceros inoxidable austeníticos altamente aleados tal como el 317LMN, 904L, y los aceros inoxidable súper austeníticos al 6% de molibdeno (Mo), junto con los aceros inoxidable dúplex y súper dúplex como el 2205 y el 2507.

Los aceros estructurales y al carbono pintados y galvanizados resisten el agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo y pueden también ser utilizados para aplicaciones de soportes de carga. Sin embargo, estos materiales deben ser inspeccionados frecuentemente para asegurar el galvanizado protector y los recubrimientos estén aún en su lugar o la corrosión puede causar deterioro rápido de la integridad estructural.

## **Limpieza del acero inoxidable**

La sobre-cloración, el inadecuado reemplazo del aire, y la limpieza inadecuada/incorrecta incrementan la agresividad del entorno de la alberca. La mayoría de los problemas de corrosión pueden ser evitados con la correcta especificación del acero inoxidable y del acabado, el control del entorno de la alberca, y la limpieza de mantenimiento. Los procedimientos de limpieza tan simples como pasar un trapo o lavar las superficies con agua limpia regularmente son efectivos para remover los contaminantes que contienen cloro y prevenir el manchado.

Cuando las cloraminas se acumulan en las superficies del inoxidable, el manchado superficial café por corrosión puede aparecer. Esta ligera corrosión no afecta la integridad estructura del acero inoxidable. Las superficies pueden ser limpiadas con limpiadores de acero inoxidable apropiados o productos de limpieza domésticos.<sup>9</sup> Sin embargo, los “limpiadores” caseros de acero inoxidable pueden dañar el metal o contribuir a la corrosión de forma que es importante determinar los ingredientes. Se deben evitar los productos que contienen ácido clorhídrico, compuestos de cloro, aceite, y/o cera, los cuales pueden provocar corrosión o incrementar la adherencia de cloramina. La estopa de acero y los cepillos de acero no solamente rayan la superficie, sino que también pueden causar daño irreparable al contaminar la superficie. Un paño suave, limpio y sin pelusa o una esponja deben ser utilizados para aplicar los productos de limpieza.

El manchado muy ligero puede ser retirado con un trapo humedecido con agua o con vinagre casero o soluciones de limpieza de amoníaco (p.e. limpiadores de ventanas y superficies). El manchado más severo puede ser removido con limpiadores caseros abrasivos suaves que contienen 200 mallas o carbonato de calcio más fino. Las soluciones diluidas de ácido nítrico, cítrico u oxálico pueden remover efectivamente el manchado y son algunas veces vendidas como removedores de óxido de acero inoxidable.

## **Agradecimientos**

Los autores desean agradecer al Instituto del Níquel y la Asociación Internacional del Molibdeno por su ayuda en la revisión y preparación de este artículo y por las imágenes que ellos proporcionaron.

## Notas

- <sup>1</sup> Estas fallas han sido cubiertas en numerosas publicaciones técnicas, tales como: Nickel Development Institute's *Stainless Steel in Swimming Pool Buildings*, *Publicación No. 12010* (1995). Vea también "Stress Corrosion Cracking of Stainless Steels in Swimming Pools" por J. M. Heselmans y E. H. van Duijn (*Stainless Steel World*, Diciembre 2001) y "Stainless Steel in Indoor Swimming Pool Buildings" por Nancy Baddoo y Peter Cutler (*The Structural Engineer*).
- <sup>2</sup> Vea "Effect of chlorine on common materials in fresh water" por A.H. Tuthill et al (*Materials Performance Magazine*, Noviembre 1998).
- <sup>3</sup> R.A. Stevens y J.T. Holah, "The Effect of wiping and spray-wash temperature on bacterial retention on abraded domestic sink surfaces", *Journal of Applied Bacteriology*, 1993, Volumen 75, páginas 91-94
- <sup>4</sup> J.T. Holah and R.H. Thorpe, "Cleanability in relation to bacterial retention on unused and abraded domestic sink materials", *The Journal of Applied Bacteriology*, 1990, Volumen 69, páginas 599-608
- <sup>5</sup> J.T. Holah, "Sinks of stainless clean best, beat bacteria", *Nickel Magazine*, Junio 1990, Volumen 5, Número 4
- <sup>6</sup> Goro Matsuyama, "Demand for Stainless Steel in Construction Field in Japan", *Nickel Institute MEP 94-7*, Agosto 1995
- <sup>7</sup> Vea "Fast Assembly, Low Maintenance" (*Nickel Magazine*, Julio 2005).
- <sup>8</sup> "Stainless steel for outdoor swimming pools – A refurbishment and upgrading initiative in Munich", *EuroInox*, 2003, ISBN 2-87997-088-1
- <sup>9</sup> Las guías para la limpieza del acero inoxidable están disponibles en [www.stainlessarchitecture.org](http://www.stainlessarchitecture.org) y en [www.imoa.info](http://www.imoa.info).

## Autores

Catherine Houska, CSI (Construction Specifications Institute), es ingeniera metalúrgica y gerente ejecutiva de desarrollo en TMR Consulting. Es una experta internacionalmente reconocida en la especificación, restauración, análisis de falla y selección arquitectónica del metal. Ella puede ser contactada vía correo electrónico en [chouska@tmr-inc.com](mailto:chouska@tmr-inc.com).

Dr. James Fritz, es un ingeniero en corrosión con amplia experiencia en la selección de materiales para aplicaciones arquitectónicas e industriales. Es un especialista en el diseño de selección de material certificado internacionalmente de NACE y un gerente ejecutivo de desarrollo en TMR Consulting (Pittsburg, Pensilvania). Él puede ser contactado vía correo electrónico en [jfritz@tmr-inc.com](mailto:jfritz@tmr-inc.com)

## Resumen

El cloro y un ambiente húmedo y caliente hacen de las albercas interiores un entorno muy corrosivo para los metales y los materiales, particularmente cerca del nivel del techo. El acero inoxidable tiene una larga y exitosa historia en los entornos de las piscinas y tiene una tasa de corrosión menor que otros metales. El éxito es alcanzado cuando el acero inoxidable y el acabado adecuados son seleccionados, el agua de la alberca y la química del aire son cuidadosamente controlados, y si hay mantenimiento apropiado.