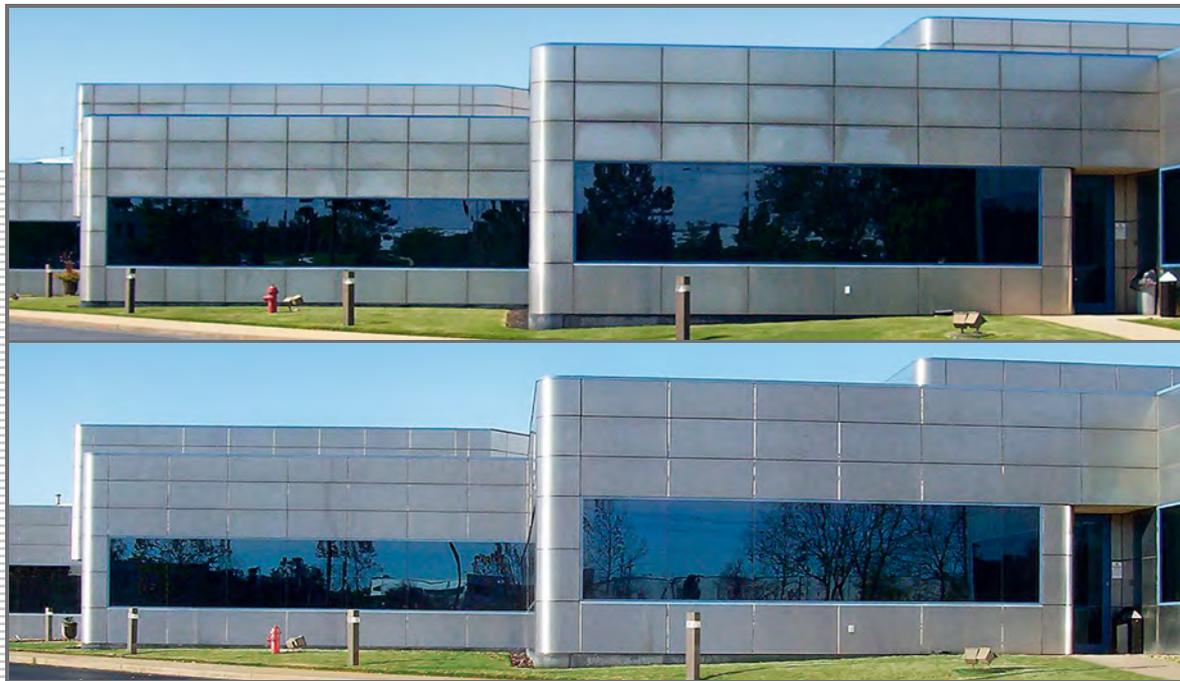


## Limpieza del acero inoxidable en aplicaciones arquitectónicas



## Euro Inox

Euro Inox es la asociación para el desarrollo del acero inoxidable en el mercado europeo.

Los miembros de Euro Inox son:

- Fabricantes europeos de acero inoxidable.
- Asociaciones nacionales para el desarrollo del acero inoxidable.
- Asociaciones para el desarrollo de las industrias de los elementos de aleación.

Uno de los objetivos primordiales de Euro Inox es dar a conocer las propiedades exclusivas del acero inoxidable y promover su empleo, tanto para las aplicaciones actuales como en nuevos mercados. Para lograr estos propósitos, Euro Inox organiza conferencias y seminarios, edita guías impresas y en formato electrónico, permitiendo que arquitectos, diseñadores, contratistas, fabricantes, y usuarios finales se familiaricen con este material. Euro Inox también apoya las investigaciones técnicas y de mercados.

### Fabricantes

#### Acerinox

[www.acerinox.com](http://www.acerinox.com)

#### Aperam

[www.aperam.com](http://www.aperam.com)

#### Outokumpu

[www.outokumpu.com](http://www.outokumpu.com)

#### ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni

[www.acciaiterni.com](http://www.acciaiterni.com)

#### ThyssenKrupp Nirosta

[www.nirosta.de](http://www.nirosta.de)

### Asociaciones

#### Acroni

[www.acroni.si](http://www.acroni.si)

#### British Stainless Steel Association (BSSA)

[www.bssa.org.uk](http://www.bssa.org.uk)

#### Cedinox

[www.cedinox.es](http://www.cedinox.es)

#### Centro Inox

[www.centroinox.it](http://www.centroinox.it)

#### Informationsstelle Edelstahl Rostfrei

[www.edelstahl-rostoffrei.de](http://www.edelstahl-rostoffrei.de)

#### International Chromium Development Association (ICDA), [www.icdachromium.com](http://www.icdachromium.com)

#### International Molybdenum Association (IMOA)

[www.imoa.info](http://www.imoa.info)

#### Nickel Institute

[www.nickelinstitute.org](http://www.nickelinstitute.org)

#### Paslanmaz Çelik Derneği (PASDER)

[www.turkpasder.com](http://www.turkpasder.com)

#### Polska Unia Dystrybutorów Stali (PUDS)

[www.puds.pl](http://www.puds.pl)

#### SWISS INOX

[www.swissinox.ch](http://www.swissinox.ch)

## Índice

Limpieza del acero inoxidable en aplicaciones arquitectónicas  
 Segunda edición 2011 (Serie Construcción, Vol. 15)  
 ISBN 978-2-87997-299-2  
 © Euro Inox 2011

Versión alemana ISBN 978-2-87997-296-1  
 Versión checa ISBN 978-2-87997-291-6  
 Versión finlandesa ISBN 978-2-87997-294-7  
 Versión francesa ISBN 978-2-87997-295-4  
 Versión holandesa ISBN 978-2-87997-292-3  
 Versión inglesa ISBN 978-2-87997-293-0  
 Versión italiana ISBN 978-2-87997-297-8  
 Versión polaca ISBN 978-2-87997-298-5  
 Versión sueca ISBN 978-2-87997-300-5  
 Versión turca ISBN 978-2-87997-301-2

### Editor

Euro Inox  
 Diamant Building, Bd. A. Reyers 80,  
 1030 Bruselas, Bélgica  
 Tel. +32 2 706 82 67 Fax +32 2 706 82 69  
 E-mail info@euro-inox.org  
 Internet www.euro-inox.org

### Autora

Nancy Baddoo, SCI, Ascot (Reino Unido)  
 Traducción: CEDINOX, Madrid (España)  
 Diseño gráfico: Martina Helzel, circa drei, Múnich (Alemania)

1	Por qué es importante la limpieza	2
2	Recomendaciones para los arquitectos: diseños que favorecen la limpieza	3
2.1	Selección de un tipo adecuado	3
2.2	Selección de acabados que favorezcan la limpieza	4
2.2.1	Acabados reflectantes	4
2.2.2	Acabados no reflectantes	6
2.3	Características de diseño	10
3	Recomendaciones para los contratistas de obras: limpieza inicial	12
4	Recomendaciones para los responsables de las instalaciones: limpieza de mantenimiento	16
4.1	Prácticas de limpieza	16
4.2	Equipos de limpieza	19
4.3	Intervalos de limpieza	19
5	Recomendaciones para el personal de limpieza: prácticas a adoptar y a evitar	20
6	Referencias	21

### Aviso legal

Euro Inox ha puesto todos los medios a su alcance para asegurarse de que la información presentada en este documento es técnicamente correcta. Sin embargo, se advierte al lector de que el material aquí contenido sólo se facilita a efectos informativos. Euro Inox, sus miembros, personal, y consultores, rechazan expresamente cualquier obligación o responsabilidad a causa de pérdidas, daños o lesiones derivadas del uso de la información contenida en esta publicación. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación, así como el almacenamiento en sistemas de recuperación o la transmisión de cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o el que fuere, sin la autorización previa por escrito del editor.

## 1 Por qué es importante la limpieza

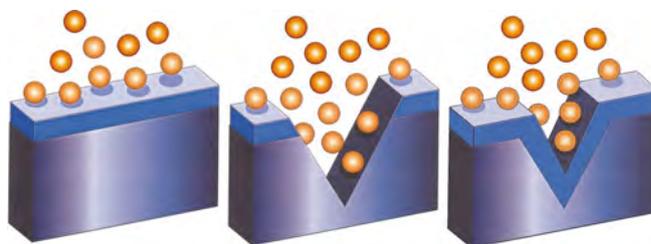
En contra de la creencia habitual, el acero inoxidable no es un tipo de material que permanezca libre de corrosión en todas las circunstancias. Hay, por tanto, más de 200 tipos de acero inoxidable con diferentes niveles de resistencia a la corrosión, si bien tan sólo unos pocos de ellos se utilizan habitualmente en la construcción y la arquitectura.

El acero inoxidable debe limpiarse para mantener un buen aspecto y preservar su resistencia a la corrosión. Los componentes del acero inoxidable no experimentarán corrosión bajo condiciones atmosféricas normales siempre que se haya seleccionado el tipo adecuado y se hayan seguido los procedimientos de fabricación apropiados. Es responsabilidad del arquitecto o del ingeniero estructural, seleccionar el tipo correcto para un entorno específico. Si se utiliza un tipo con un contenido de aleación demasiado bajo, las acumulaciones de suciedad pueden provocar concentraciones de sustancias corrosivas, que podrían superar el nivel de resistencia a la corrosión de esa aleación. Esto podría provocar la aparición de

manchas y, en los casos más graves, el inicio de la corrosión, llegando incluso al punto de hacer necesaria la limpieza correctiva. Así pues, es importante seleccionar el tipo adecuado para un entorno específico.

La resistencia a la corrosión del acero se debe a un proceso denominado “auto-pasivación” (consultar el cuadro). Incluso si se selecciona un tipo apropiado, las acumulaciones de suciedad pueden dar lugar a concentraciones de sustancias corrosivas que finalmente destruirán la capa pasiva. La limpieza es necesaria para mantener el mecanismo de auto-reparación intacto, ya que impide la acumulación de concentraciones críticas de contaminantes como el dióxido de azufre, cloruros o contaminantes férricos. Las superficies de acero inoxidable se ven beneficiadas de una limpieza frecuente debido a que no hay ningún revestimiento de la superficie que pueda ser eliminado. La frecuencia y el coste de limpieza del acero inoxidable son menores comparados con otros muchos materiales, compensando una mayor inversión inicial.

### El mecanismo de auto-reparación del acero inoxidable



*El cromo de la aleación de acero inoxidable forma una “capa pasiva” delgada y transparente en la superficie. A pesar de que el espesor de esta capa de protección es de tan sólo unas micras, sella el acero inoxidable situado debajo, protegiéndolo del entorno. En presencia del oxígeno del agua o del aire, esta capa vuelve a formarse instantáneamente si sufre daños. La capa pasiva es la razón por la que el acero inoxidable no requiere ningún revestimiento ni ninguna otra forma de protección contra la corrosión externa.*

## 2 Recomendaciones para los arquitectos: diseños que favorecen la limpieza

La durabilidad de una estructura y sus costes de mantenimiento futuros dependen de las decisiones adoptadas por el arquitecto en los primeros instantes de la etapa de diseño. La facilidad de limpieza depende fundamentalmente de la selección del material, la elección del acabado y la geometría del componente.

### 2.1 Selección de un tipo adecuado

Las manchas, que indican el inicio de la corrosión, pueden evitarse seleccionando un tipo más adecuado para el entorno [1, 2]<sup>1</sup>:

- Los aceros inoxidable ferríticos básicos (con aleación de cromo) como EN 1.4016, tienen una resistencia a la corrosión que normalmente resulta adecuada para aplicaciones interiores (a menos que el entorno en cuestión sea inusualmente agresivo como, por ejemplo, una atmósfera marina cargada de cloruros).
- El tipo cromo-níquel estándar EN 1.4301 (o su variante bajo en carbono EN 1.4307) es el acero inoxidable utilizado con mayor



*Cuando se utilicen sales para deshielo, es recomendable seleccionar tipos con contenido en molibdeno.*

frecuencia para aplicaciones interiores y exteriores ligeramente corrosivas en entornos rurales, urbanos e industriales ligeros.

- Cuando se prevea la presencia de cantidades apreciables de cloruros o de dióxido de azufre en la atmósfera, se recomienda el tipo aleado con cromo-níquel-molibdeno EN 1.4401 o similares como el EN 1.4404. Algunos ejemplos de uso son las ubicaciones costeras, las atmósferas industriales y los lugares expuestos a las sales para deshielo.

*Las salpicaduras marinas pueden provocar la formación de depósitos de sal en las estructuras de acero inoxidable situadas dentro de su alcance. Un tipo de acero inoxidable con mayor contenido de aleación, combinado con una superficie lisa, contribuye a evitar la decoloración.*



<sup>1</sup> Existe un gran número de tipos alternativos con propiedades de resistencia a la corrosión similares a las de los aceros inoxidable clásicos a los que se hace referencia en este capítulo. Sin embargo, podría ser necesario consultar los códigos de edificación nacionales en lo relativo a los detalles de la selección de los mismos.

## 2.2 Selección de acabados que favorezcan la limpieza

Para los aceros inoxidable hay disponible una amplia gama de técnicas de acabado y superficies [3]. La especificación y las designaciones para el acabado de la superficie del acero inoxidable se cubren en la Norma Europea EN 10088 Parte 2 [4]. Obviamente, la naturaleza de la superficie tiene una importancia clave a la hora de evitar la adherencia de la suciedad. Existen varios enfoques para mejorar la capacidad de limpieza de las superficies, que pueden incluir la selección de superficies lisas o con diseños embossed.

### 2.2.1 Acabados reflectantes

Normalmente, cuanto más lisa sea la superficie, menor será la suciedad que se adhiera a ella. Así pues, para una buena limpieza buscaremos el acabado más liso posible.



*Para el tejado del Tribunal de Justicia de Amberes se seleccionó un acabado de fábrica 2B. Debido al clima marítimo, se especificó acero inoxidable tipo EN 1.4401 con contenido en molibdeno.*

*Desde la superficie anti-deslizante rugosa de la chapa lagrimada (escaleras), hasta el acabado laminado en frío brillante de paneles de fachada decorativos (revestimiento), hay disponibles métodos de limpieza adecuados para cualquier aplicación arquitectónica, tal como demuestra este edificio administrativo de Gavá, España. Fotografía: Acerinox, Madrid (España)*



En la norma EN 10088, el acabado de fábrica estándar se designa 2B. Se trata de una superficie reflectante, aunque ligeramente mate que, en muchos casos, se revela como la solución más eficaz en función de los costes. En las aplicaciones exteriores, la lluvia lavará el acero inoxidable de manera eficiente. Este acabado tiende a mostrar las marcas de dedos de manera bastante evidente, por lo que es mejor evitarlo en aplicaciones interiores en las que el componente se vea expuesto al contacto con las manos.

El 2R (también denominado recocado brillante, BA), es un acabado mucho más reflectante. El brillo es casi el mismo que el de un espejo. Éste también es un acabado de fábrica



*Las buenas propiedades de autolimpieza son algunas de las razones por las que en este edificio industrial de Siemianowice Śląskie, Polonia, se seleccionó un acabado recocado brillante (2R) para la fachada de acero inoxidable del tipo EN 1.4526. Fotografía: Aperam/ A. Zekri*

estándar y, por lo tanto, una solución eficaz en función de los costes. Su limpieza es excelente, aunque es necesario tener cuidado para asegurar que se utilicen productos, herramientas y métodos de limpieza adecuados con el fin de evitar la aparición de arañazos.

El acabado brillante mecánico o electrolítico puede mejorar el brillo en mayor medida:

- El acabado espejo mecánico se utiliza para aplicaciones como espejos irrompibles o, por motivos decorativos, en cabinas de ascensores de lujo. Este acabado sólo debe utilizarse cuando se disponga de un personal de limpieza experimentado, ya que los daños son difíciles de reparar.
- El electropulido minimiza la micro-rugosidad de la superficie y puede aplicarse a cualquier superficie de acero inoxidable. Puede reducir significativamente la adherencia de suciedad y facilitar la eliminación de graffitis [5].

*Uso arquitectónico del acabado 2R en el revestimiento de las columnas en un edificio de oficinas. Debido al empleo continuo de métodos de limpieza adecuados, el brillo original se mantiene por completo.*





*El acero inoxidable perforado con acabado satinado conserva su brillo característico en el Edificio Charlemagne, Bruselas (Bélgica).*



*En la estación de autobuses Vauxhall Cross Bus Interchange, en Londres, se utilizó un acabado embossed con el fin de reducir las necesidades de limpieza.*

### 2.2.2 Acabados no reflectantes

En algunos casos, los acabados reflectantes no resultan apropiados para aplicaciones arquitectónicas en las que exista el riesgo de un deslumbramiento excesivo o en las que fuera difícil asegurar la planicidad óptica necesaria. En estos casos se opta con frecuencia por acabados esmerilados o pulidos. El acabado “satinado” resultante es de hecho el que un mayor número de personas relacionan con el acero inoxidable.

Existen muchos acabados esmerilados diferentes. Están disponibles como acabados de fábrica o pueden ser conseguidos por otros transformadores. Desde el punto de vista de la limpieza, es necesario tener en cuenta dos principios:

- Las superficies con un esmerilado basto deben evitarse. Para aplicaciones arquitectónicas, normalmente se recomienda un valor de rugosidad de la superficie  $R_a$  máximo de  $0,5 \mu m^2$ .
- El patrón de esmerilado debe desplazarse verticalmente, no horizontalmente, para favorecer la evacuación del agua.



2 Si bien los valores  $R_a$  se utilizan habitualmente como un indicador de la rugosidad de la superficie, una superficie no puede calificarse totalmente en base a un valor  $R_a$ .

En la referencia N<sup>o</sup>6 se ofrecen más recomendaciones en relación a cómo conseguir un excelente efecto con paneles de acero inoxidable esmerilado.

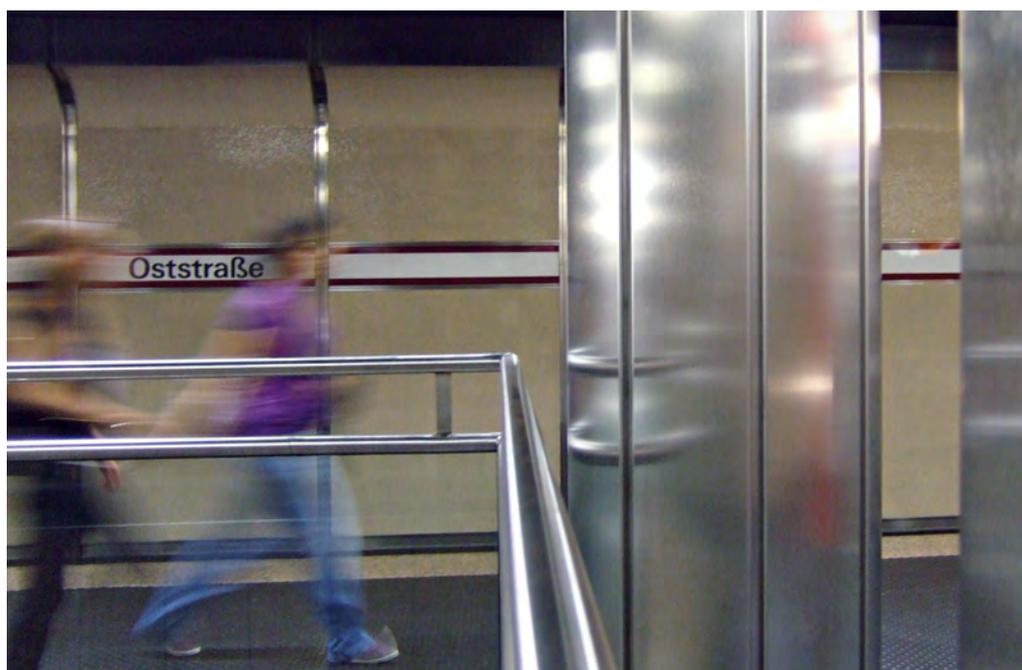
Los acabados *embossed* son muy comunes en fachadas y en lugares públicos como aeropuertos o estaciones de tren debido a que tienden a enmascarar los arañazos y otros tipos de daños. Puesto que normalmente se fabrican con chapa de acero inoxidable recocido brillante, la rugosidad de su superficie es reducida, lo que contribuye en mayor medida a la facilidad de su limpieza.

Las marcas de dedos en las láminas chorreadas con granalla (normalmente de acero inoxidable laminado en frío de bajo espesor) pueden resultar difíciles de eliminar. Este acabado sólo debe contemplarse para aplicaciones alejadas de zonas en las que sea frecuente el contacto con las manos.



Cuando se aplica al acero inoxidable laminado en caliente, algo más rugoso, el chorreado con granalla conseguimos un resultado satisfactorio en elementos expuestos.

*El acero inoxidable chorreado con granalla ha demostrado su resistencia mecánica en una ubicación expuesta en la estación ferroviaria de Southwark (Reino Unido).*

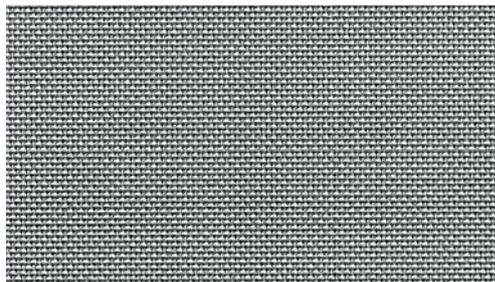


*En esta estación de metro de Düsseldorf (Alemania) se seleccionó un acabado de acero inoxidable esmerilado para el revestimiento de las columnas. También se aplicó el electropulido con el fin de reducir la micro-rugosidad, facilitando así la eliminación de graffitis. Este diseño ha ofrecido un buen rendimiento durante los últimos 10 años. Fotografía: Euro Inox/ Rheinbahn AG, Düsseldorf (Alemania)*



Actualmente también hay acabados *rolled-on* especiales que se asemejan a las superficies esmeriladas o chorreadas con granalla. Las superficies *rolled-on* son acabados de fábrica, producidos con un gran nivel de consistencia, y la micro-rugosidad del acero inoxidable sigue siendo básicamente la misma que la de los acabados lisos. Estas superficies ofrecen una buena limpieza (en aplicaciones interiores) y la lluvia también las lava de manera eficiente (en aplicaciones de tejados).

*Acero inoxidable ferrítico EN 1.4016 con un acabado rolled-on similar a los acabados esmerilados clásicos. Fotografía: ThyssenKrupp Nirosta, Krefeld (Alemania)*



*Los acabados embossed combinan un efecto de superficie no reflectante con facilidad de limpieza. (Fotografías: Aperam)*



Acabados de productos planos de acero inoxidable habituales en la edificación y en la construcción de acuerdo con la Norma EN 10088-2 y -4

	Abreviatura *	Tipo de proceso	Acabado superficial	Observaciones
Laminado en caliente	1D	Laminado en caliente, tratado térmicamente, decapado	Sin cascarilla	Acabado habitual en la mayoría de tipos de acero con el fin de asegurar una buena resistencia a la corrosión; acabado igualmente frecuente para los productos que van a sufrir transformaciones posteriores. Marcas de amolado toleradas. Acabado más rugoso que 2D o 2B
Laminado en frío	2H	Endurecido por deformación en frío	Brillante	Endurecido por deformación en frío, para obtener un nivel de resistencia mecánica más elevado
	2D	Laminado en frío, tratado térmicamente, decapado	Liso	Acabado para buena ductilidad, pero no tan liso como 2B o 2R
	2B	Laminado en frío, tratado térmicamente, decapado y procesado en <i>Skin pass</i>	Más liso que 2D	Acabado habitual para la mayoría de los aceros. Asegura una buena resistencia a la corrosión, lisura y planicidad. También habitual para procesos posteriores. El <i>Skin pass</i> puede sustituirse por un aplanado bajo tensión.
	2R	Laminado en frío, recocido brillante **	Liso, brillante y reflectante	Acabado más liso y más brillante que 2B. Igualmente habitual para transformación posterior
Acabados especiales	1G o 2G	Amolado ***	Ver nota ****	Puede especificarse en base a tamaño de grano de la muela o rugosidad superficial. Tiene una textura unidireccional, no muy reflectante
	1J o 2J	Cepillado *** o pulido *** mate	Más liso que amolado ****	Puede especificarse el grano de cepillado, tipo de cinta abrasiva o rugosidad superficial. Tiene una textura unidireccional, no muy reflectiva.
	1K o 2K	Pulido satinado ***	Ver nota ****	Exigencias específicas complementarias al tipo de acabado "J" con el objetivo de obtener una resistencia a la corrosión adecuada en ambientes marinos y en aplicaciones arquitectónicas. Son acabados con rugosidad transversal $R_a < 0,5 \mu\text{m}$ y con un aspecto superficial limpio.
	1P o 2P	Pulido espejo ***	Ver nota ****	Pulido mecánico. Puede especificarse el tipo de proceso o la rugosidad superficial. Acabado no direccional, que refleja las imágenes con gran precisión.
	2F	Laminado en frío, tratado térmicamente, procesado en <i>Skin pass</i> con cilindros de laminación rugosos	Superficie uniforme, mate y no reflectiva	Tratamiento térmico por recocido brillante o por recocido y decapado
	1M	Lagrimado. Con relieve (acabado <i>emboss</i> )		Se usa como chapa antideslizante para suelos
	2M		Diseño a acordar. Segunda superficie plana	Se usan grabados con fina textura principalmente en aplicaciones arquitectónicas
	2W	Corrugado		Se usa para aumentar la resistencia mecánica o por sus efectos estéticos
	2L	Coloreado ***	Diseño a acordar	
1S o 2S	Superficie recubierta ***	Color a acordar	Recubierta p.ej. con estaño, aluminio o titanio.	

\* Primer dígito 1= laminado en caliente, 2= laminado en frío

\*\* Puede estar procesado en *Skin pass*

\*\*\* Sólo en una superficie a menos que se acuerde lo contrario en el pedido.

\*\*\*\* Dentro de la descripción de cada acabado, las características pueden variar y pueden ser necesarias mayores precisiones para especificar correctamente el acabado deseado (por ejemplo grano de abrasivos o rugosidad superficial).

Las condiciones superficiales de los productos largos de acero inoxidable (incluyendo barras y perfiles) se describen en la EN 10088-3 y -5. Puesto que esta norma aborda la rugosidad de la superficie de una manera bastante general, se recomienda especificar un valor  $R_a$  máximo de  $0,5 \mu\text{m}$  en el momento de la oferta y el pedido, en el caso de que la facilidad de limpieza sea un requisito indispensable. El mismo principio debe aplicarse para los tubos destinados al uso en barandillas, sujeciones, estructuras secundarias y otras aplicaciones de tubos redondos y rectangulares.

### 2.3 Características de diseño

Los requisitos de limpieza de un edificio pueden reducirse significativamente evitando los detalles en los que pudiera acumularse la suciedad y optimizando la efectividad del lavado por agua de lluvia [7]:

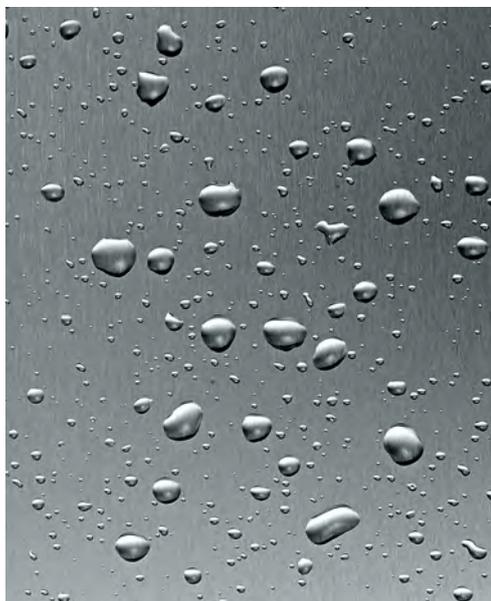
- Los paneles de revestimiento deben posicionarse de manera que el lavado de lluvia sea lo más uniforme posible.
- El acero inoxidable esmerilado debe instalarse con el patrón de pulido orientado verticalmente con el fin de favorecer que el agua fluya hacia abajo por la superficie y arrastre las partículas de suciedad.
- Los contornos complejos deben evitarse, ya que obstaculizarían la limpieza manual.
- Superficies horizontales, hundidas y resguardadas deben evitarse debido a que pueden atrapar la suciedad, que posteriormente resbalaría por la fachada dejando marcas.
- Las juntas deben sellarse (con soldaduras de cierre o mástique) o tener suficiente espacio para evitar resquicios expuestos en los que la suciedad tienda a acumularse, haciendo al acero inoxidable susceptible a la corrosión.
- Los elementos de refuerzo en secciones abiertas deben tener una apertura para favorecer la salida del agua.
- No debe permitirse que el agua de lluvia que se haya escurrido desde otros materiales contamine las superficies de acero



*La lluvia provoca un efecto de limpieza natural en las partes de la envoltura del edificio expuestas a los elementos. Fotografía: Centro Inox, Milán (Italia).*

inoxidable (especialmente en el caso de materiales como el acero al carbono, acero corten, cementos con contenido en cloruros, mástiques, elementos de sellado, etc.).

- No deben utilizarse sujeciones galvanizadas para fijar paneles de acero inoxidable. Debido al par galvánico entre el acero inoxidable “noble”, por un lado, y el metal “menos noble” correspondiente por otro, éste último se corroería rápidamente, dejando marcas de óxido en el acero inoxidable. Independientemente del futuro fallo de la sujeción galvanizada, las trazas de corrosión harían que la limpieza correctiva fuera necesaria [8].

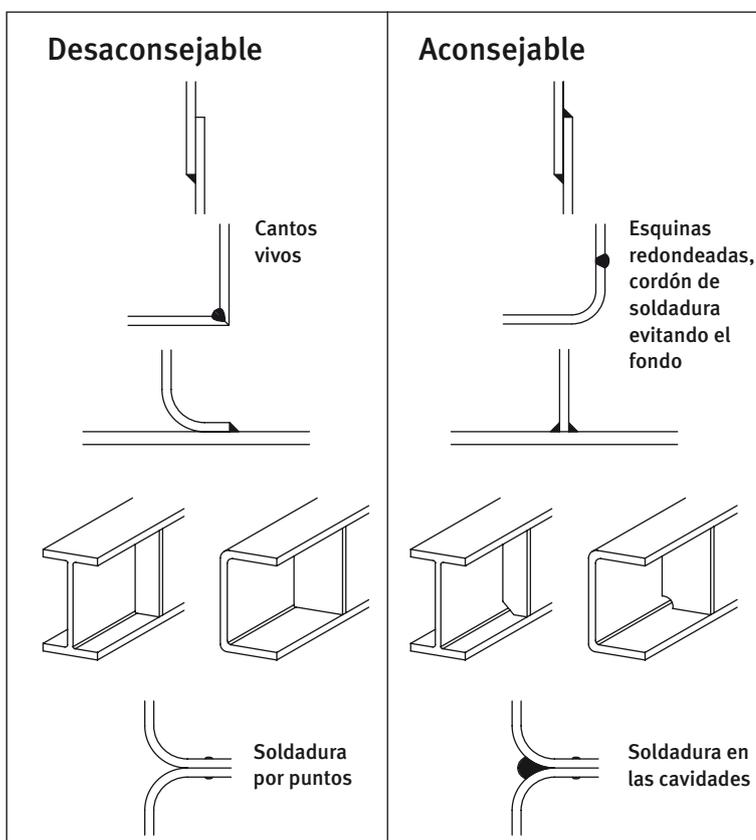


Los paneles esmerilados en fachadas deben instalarse verticalmente con el fin de potenciar el efecto de autolimpieza. El agua de lluvia arrastra las partículas consigo y reduce la adherencia de la suciedad. Fotografía: Outokumpu, Espoo (Finlandia)

Las pautas de diseño de la figura aprovechan los efectos de autolimpieza y minimizan la acumulación de suciedad, que también puede dar lugar a corrosión. Los diseños como los del margen izquierdo han de evitarse. Fuente: SCI, Ascot (Reino Unido)



Con los componentes de acero inoxidable sólo deben utilizarse sujeciones del mismo material.



### 3 Recomendaciones para los contratistas de obras: limpieza inicial

Normalmente las superficies arquitectónicas de acero inoxidable deben limpiarse antes de la entrega del edificio al propietario.

Con frecuencia se utiliza una película plástica adhesiva para proteger los componentes de acero inoxidable contra los daños y la suciedad durante la fabricación, el transporte y el montaje. Sin embargo, algunas películas plásticas se deterioran tras una exposición prolongada a la radiación ultravioleta de la luz solar, lo que puede hacer que resulten difíciles de retirar y causar la formación de depósitos de adhesivo adherido a la superficie de acero inoxidable. Debe preguntar a los fabricantes a la hora de seleccionar la película plástica, el tipo de adhesivo y el tiempo máximo permitido antes de retirarlo. Normalmente, todas las películas plásticas

deben retirarse en cuanto ya no sean necesarias para la protección durante la fase de instalación/montaje, comenzando por la parte superior del edificio y hacia abajo.

A continuación se indica un procedimiento típico para la limpieza del acero inoxidable:

- 1) Aclarar con agua para eliminar la suciedad más superficial.
- 2) Lavar con agua (preferiblemente templada) y jabón, detergente o amoníaco al 5 %, utilizando un cepillo suave de fibras largas si fuera necesario.
- 3) Aclarar con agua.

Se conseguirá un mejor aspecto si la superficie finalmente se seca con un trapo, aplicando pasadas solapadas y trabajando desde arriba hacia abajo.

*La película plástica de protección sólo debe mantenerse durante la duración de los trabajos de construcción, retirándose a continuación. Especialmente en aquellos casos en los que se vea expuesta a la radiación ultravioleta, ya que puede deteriorarse y resultar difícil de retirar.*



Cuando se limpien acabados esmerilados, el movimiento de limpieza debe efectuarse en la dirección del grano.

Muchas de las técnicas de limpieza utilizadas para el acero inoxidable al exterior no deben utilizarse con el acero inoxidable coloreado químicamente/pintado, ya que los sistemas de coloración son más delicados que la propia superficie del inoxidable. Debe solicitarse información específica a los proveedores. Normalmente la reparación in situ no es posible.

**Las salpicaduras de mortero y de cemento** pueden tratarse con una solución que contenga un 10–15 % de ácido fosfórico. Es aconsejable aplicar la solución templada, neutralizándola a continuación con amoníaco diluido, aclarándola con agua (preferiblemente agua desionizada<sup>3</sup> y secándola. Hay empresas especializadas en acabados que ofrecen productos patentados. Los productos para la eliminación de mortero o el ácido clorhídrico diluido no deben utilizarse con el acero inoxidable. Si se hubieran aplicado o vertido accidentalmente sobre el acero inoxidable, es necesario aclarar la superficie con abundante agua limpia. Los productos para la eliminación de mortero que contienen ácido clorhídrico pueden dañar seriamente el acero inoxidable, lo que debe señalarse a los contratistas de obras, ya que en muchos casos no son conscientes de ello. Siempre que sea posible, las operaciones deben secuenciarse de tal manera que todos los trabajos de corrección y limpieza de azulejos

cerámicos se completen antes de la instalación de componentes de acero inoxidable como zócalos y placas de protección situados en las proximidades.

La **contaminación con partículas de hierro** puede producirse como resultado del contacto con herramientas, elementos estructurales y tubos de andamiaje de acero al carbono, así como operaciones efectuadas en las proximidades como soldadura, corte, taladrado y rectificado de acero al carbono. La contaminación por hierro debe eliminarse inmediatamente, ya que daría lugar rápidamente a oxidación en la superficie del acero inoxidable en presencia de humedad. Las partículas de hierro también pueden romper en zonas localizadas la “película pasiva” de auto-reparación del acero inoxidable, provocando corrosión por picaduras. ASTM A 380 [9] describe un método de detección de dicha contaminación.

Para la eliminación de la contaminación por hierro, dependiendo de la intensidad del problema, se recomienda un enfoque por pasos, teniendo el debido cuidado para no extender la contaminación en mayor medida:

- Las manchas leves o la parte más superficial puede eliminarse utilizando productos de limpieza de uso doméstico no abrasivos. Normalmente contienen carbonato cálcico, con adiciones de surfactante. También pueden utilizarse agentes de limpieza de acero inoxidable de uso doméstico, que pueden contener ácido cítrico.

<sup>3</sup> El agua desionizada reduce el riesgo de marcas de manchas causadas por el agua. También se utiliza en planchas de vapor y en las baterías de los coches, puede encontrarse en supermercados.

- El hierro y el acero en polvo o en partículas, pueden eliminarse con una solución saturada de ácido oxálico, aplicada con un trapo suave o con lana de algodón y dejándose actuar durante algunos minutos sin frotar. De esta manera se eliminan las partículas de hierro con el ácido, sin dejar arañazos y sin alterar significativamente la textura de la superficie del acero inoxidable.
- Las manchas de oxidación moderadas pueden eliminarse utilizando agentes de limpieza con ácido fosfórico si se puede dedicar el tiempo y la atención necesarios a la zona afectada, con un riesgo mínimo de ataque de ácido en la superficie. Alternativamente, el ácido nítrico diluido puede eliminar pequeñas partículas de hierro incrustado.
- Las manchas de oxidación intensas causadas por partículas de hierro incrustado pueden eliminarse mediante desoxidación por baño ácido<sup>4</sup> o pasivación<sup>5</sup>. Ambos tratamientos se efectúan después de un desengrase (eliminación del aceite, la grasa y otra contaminación orgánica) [10].

Nota: Es necesario utilizar estos productos de acuerdo con las instrucciones del proveedor con el fin de asegurar un procedimiento de trabajo seguro y el cumplimiento de la legislación medioambiental relevante. En muchos

casos hay empresas de acabados especializados que efectúan este servicio in situ. Además de recuperar la resistencia a la corrosión del material, el baño con ácido podría modificar el aspecto de la superficie del acero. En este caso pueden ser necesarios otros tratamientos mecánicos o químicos adicionales para restaurar el acabado de la superficie original. Es, por lo tanto, recomendable evitar los daños desde un primer momento, protegiendo al acero inoxidable mientras se estén efectuando otros trabajos, o instalándolo después de que se hayan completado otras operaciones que pudieran causar contaminación.

La **termocoloración** no es probable que se produzca en entornos arquitectónicos normales a menos que el acero inoxidable se vea expuesto a altas temperaturas, por ejemplo después de las soldaduras de reparación o en caso de daños por incendio. En estos casos, podría ser necesario aplicar un tratamiento de baños ácidos para eliminarla. La decoloración localizada puede eliminarse utilizando pasta de decapado, que no requiere la inmersión total del componente completo en un baño. La pasta de decapado también puede aplicarse a superficies verticales aunque, debido a la agresividad del producto, es necesario el cumplimiento de las instrucciones de seguridad y medioambientales del proveedor.

4 El decapado es la eliminación de una capa delgada de metal de la superficie del acero inoxidable, normalmente utilizando una mezcla de ácido nítrico y fluorhídrico.

5 La pasivación consiste en la mejora de la calidad de la capa pasiva del acero inoxidable utilizando ácido nítrico.

## *Limpieza de mantenimiento frente a limpieza correctiva*

A la hora de discutir y especificar los trabajos de limpieza [11], es necesario marcar una distinción entre:

- limpieza de mantenimiento, con objeto de eliminar la suciedad, graffitis, etc. de superficies de acero inoxidable que por lo demás están intactas
- limpieza correctiva, es decir, la eliminación de decoloración visible del acero inoxidable.

Si bien el acero inoxidable tiene un alto nivel de resistencia a la corrosión intrínseca, puede haber casos aislados de manchas de té y corrosión localizada. Normalmente estos daños pueden atribuirse a dos causas:

- Pueden haberse depositado partículas de hierro en la superficie del acero inoxidable. Estas partículas proceden del corte, soldadura o rectificado de acero al carbono o de agua de lluvia que se escurra desde otras superficies oxidadas.
- La falta de limpieza provoca concentraciones de cloruros u otras sustancias agresivas que superan la resistencia a la corrosión del tipo de acero inoxidable seleccionado. Los cloruros de las salpicaduras marinas y de las sales para el deshielo son fuentes habituales de depósitos corrosivos. Debajo de estos depósitos pueden formarse diminutas picaduras de corrosión, que pueden estar rodeadas por un halo de color marrón y que comúnmente se denominan manchas de té.

Normalmente las decoloraciones son una señal de corrosión incipiente. En este caso, ya no basta con eliminar las manchas visibles mediante agentes de limpieza de uso habitual. En las minúsculas picaduras, que pueden ser apenas perceptibles, los agentes corrosivos pueden quedar atrapados, provocando la formación de nuevas manchas.

En estos casos es necesaria la limpieza correctiva. Dicho tratamiento tiene un efecto de decapado y/o pasivado. A diferencia de los productos neutros o alcalinos empleados habitualmente para la eliminación de la suciedad, en la limpieza correctiva se emplean elementos químicos ácidos. Su composición es tal que disuelven completamente y de manera segura los agentes corrosivos sin afectar al acero inoxidable. Su aplicación permite obtener una superficie metálica limpia, incluso a nivel microscópico, lo que crea unas condiciones óptimas para el desarrollo correcto del proceso de auto-reparación natural del acero inoxidable, asegurando así el éxito a largo plazo de la operación de limpieza correctiva.

Es necesario tener en cuenta que estos productos especializados de limpieza de acero inoxidable con contenido de ácido pueden dañar otros materiales metálicos como el aluminio o el acero al carbono galvanizado. A la hora de aplicar estos productos, es necesario tener cuidado de proteger algunos componentes como, por ejemplo, marcos de ventana galvanizados o estructuras de soporte galvanizadas. La piedra decorativa también es susceptible de sufrir daños causados por los productos de limpieza ácidos. Por esta razón, la limpieza correctiva sólo debe ser efectuada por empresas especializadas y con experiencia, adoptando todas las precauciones de salud, seguridad y medioambientales razonables. Las asociaciones nacionales para el desarrollo del acero inoxidable facilitan información tanto de productos de limpieza como sobre empresas especializadas.

## 4 Recomendaciones para los responsables de las instalaciones: limpieza de mantenimiento

En **aplicaciones al exterior**, como fachadas, normalmente el agua de lluvia elimina eficazmente mediante arrastre las acumulaciones de suciedad y otros depósitos. Durante la limpieza rutinaria se debe prestar especial atención a las áreas más ocultas y eliminar las acumulaciones de suciedad y contaminantes. Esto es especialmente importante en los entornos marinos e industriales, en los que la acumulación de cloruros o de dióxidos de azufre suspendidos en el aire puede provocar corrosión localizada si no se eliminan de manera efectiva.

*Fachada de acero inoxidable antes y después de la limpieza. Fotografía: York Property Company Inc., Bethlehem, PA (Estados Unidos)*

En **aplicaciones interiores**, las marcas de dedos pueden ser un problema. Existe una amplia gama de acabados disponibles para

los aceros inoxidables, muchos de ellos adecuados para el uso en áreas públicas muy expuestas. Los acabados esmerilados, son una elección habitual para aplicaciones de interior, pueden mostrar marcas de dedos durante el período de tiempo inmediatamente posterior a la instalación, pero la visibilidad de las marcas se irá reduciendo después de las primeras operaciones de limpieza.

### 4.1 Prácticas de limpieza

La facilidad de limpieza es una de las razones por las que tanto se utiliza el acero inoxidable en aplicaciones arquitectónicas. Hay muchos productos de limpieza que se pueden utilizar con dicho material [11].

Las **superficies pulidas, esmeriladas y satinadas** son las más habituales en las aplicaciones de construcción del acero inoxidable. Para eliminar **huellas dactilares y otras marcas** de estos acabados, normalmente el uso de agua y jabón o de un detergente suave es suficiente. También hay disponibles sprays de limpieza, que combinan la facilidad de limpieza con una ligera película temporal que produce un brillo suave y uniforme. Estos productos eliminan las huellas dactilares existentes y reducen la posterior visibilidad de este tipo de marcas. Después de la aplicación del spray, es necesario abrillantar la superficie con un trapo seco. Su asociación nacional para el desarrollo del acero inoxidable podría asesorarle en cuanto a los productos disponibles a nivel local.

El **acero inoxidable con brillo espejo** puede





*Revestimiento de fachada con acabado recocido brillante antes y después de la limpieza: Las operaciones de mantenimiento estándar devuelven a la superficie altamente reflectante su brillo original. Fotografía: Christian Pohl GmbH, Colonia (Alemania)*

limpiarse con productos líquidos para cristal libres de cloruros.

En el caso del **acero inoxidable coloreado electrolíticamente**, se ha de tener especial cuidado para evitar arañar la superficie, ya que no es factible su rectificación. Soliciten información al proveedor. Las prácticas de limpieza del **acero inoxidable con revestimiento de color** se determinan en base a la naturaleza del revestimiento. Normalmente se aconseja un intervalo de limpieza más corto que en el caso del acero inoxidable sin recubrimiento, ya que las superficies con color muy sucias pueden resultar más difíciles de limpiar sin eliminar el brillo o modificar la superficie. La limpieza con chorro a presión podría dañar el revestimiento, es mejor utilizar detergente y agua aplicada con una manguera.

En caso de **manchas más resistentes**, los productos de limpieza de uso doméstico que contengan adiciones de carbonato cálcico normalmente resultan efectivos. Los cuales, también pueden emplearse para limpiar marcas de agua y decoloración ligera. Después de la limpieza, es necesario eliminar los residuos

con agua (preferiblemente desionizada), evitando las marcas de agua y los chorreones. No deben utilizarse detergentes en polvo, ya que pueden causar arañazos en la superficie.

Para la eliminación de depósitos **adheridos provocados por el agua dura**, se recomienda una solución al 10–15 % de ácido fosfórico, tal como se ha descrito anteriormente para la eliminación de las salpicaduras de mortero y de cemento. Sin embargo, también será efectiva una solución de una parte de vinagre con tres de agua.

Las **intensas marcas de aceite y grasa**, pueden eliminarse con productos basados en alcohol, incluyendo alcohol metílico y alcohol isopropílico, u otros disolventes como acetona. Estos productos no representan un riesgo de corrosión para el acero inoxidable. Es necesario tener cuidado con los disolventes para no extender la mancha sobre la superficie. Es aconsejable aplicar el disolvente varias veces con un trapo no abrasivo limpio hasta eliminar todos los restos de aceite/grasa. También hay disponibles productos alcalinos con adiciones de surfactante<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Cuando se utilicen productos potencialmente agresivos, se recomienda efectuar en primer lugar una aplicación de prueba en áreas pequeñas y ocultas de la superficie con el fin de evaluar cualquier cambio potencial del aspecto.



*El Edificio Chrysler (izquierda), finalizado en 1930, fue la primera aplicación estructural de acero inoxidable a gran escala. El Edificio Socony Mobil (derecha), de 1956, fue la mayor fachada de acero inoxidable del mundo en el momento de su construcción. Ambas fachadas fueron sometidas a una primera operación de limpieza de la que se tiene noticia en 1995. Fotografía: Nickel Institute, Bruselas (Bélgica)/Catherine Houska, fotógrafa, Pittsburgh, PA (Estados Unidos).*

La **pintura y los graffitis** pueden tratarse con decapantes de pintura, disolventes o componentes alcalinos. Se ha de evitar el uso de rascadores duros o cuchillos, pues provocarían arañazos.

Las **superficies muy descuidadas** pueden tratarse con productos para limpiar metales, como los empleados para la limpiar cromados (por ejemplo, llantas de automóviles). También puede considerarse el uso de productos para el acabado final de la pintura de los automóviles. Hemos de tener cuidado cuando se apliquen estos productos porque las superficies brillantes pueden sufrir arañazos. Los residuos de pasta deben eliminarse completamente. Alternativamente puede utilizarse un producto de limpieza para acero inoxidable que contenga ácido fosfórico,

aclarando la superficie con agua desionizada y secándola a continuación. Es recomendable tratar la superficie completa del componente evitando un aspecto final “parcheado”.

Antes de comenzar cualquier tarea, es necesario leer las recomendaciones del proveedor sobre seguridad y salud. En caso de duda, soliciten información más detallada. Si se ha utilizado agua para limpiar o aclarar, es aconsejable secar la superficie con un trapo con el fin de evitar la aparición de marcas. Con agua desionizada evitamos las manchas causadas por las aguas duras. A la hora de seleccionar un producto de limpieza, compruebe no sólo su compatibilidad con el acero inoxidable, sino también sus efectos sobre otros materiales como, por ejemplo, el vidrio, los productos de sellado, la piedra, etc.

Entre los agentes de limpieza que NO deben utilizarse con los aceros inoxidables se incluyen los siguientes:

- agentes de limpieza con contenido de cloruros, especialmente los que contengan ácido clorhídrico,
- lejías de hipoclorito,
- soluciones para limpieza de plata.

En el caso de la aplicación o vertido accidental de estos productos sobre superficies de acero inoxidable, es necesario aclararlos inmediatamente con una gran cantidad de agua limpia.

## 4.2 Equipos de limpieza

Normalmente un **trapo húmedo** o una **gamuza** resultarán adecuados para la eliminación de manchas normales, huellas dactilares, etc.

Para la suciedad más resistente, **las almohadillas de nylon**, como por ejemplo los “Scotch-Brite”, ofrecen resultados satisfactorios. Sin embargo, las superficies sensibles como el recocado brillante y el acabado espejo pueden sufrir arañazos.

Los **cepillos de nylon blandos** pueden utilizarse para la limpieza de aceros inoxidable con acabados *embossed*. En los acabados esmerilados como por ejemplo EN 10088 Parte 2 tipos G, J y K, la dirección de las pasadas de limpieza debe seguir la dirección del grano, evitándose que sean transversales. Con el acero inoxidable no deben utilizarse estropajos, lanas de limpieza o cepillos de alambre que no sean de acero inoxidable. Además de arañar la superficie, estos estropajos pueden dejar depósitos de acero al carbono en la superficie inoxidable que posteriormente pueden convertirse en puntos de corrosión si la superficie se humedece. Con el fin de evitar la contaminación con partículas de hierro, los equipos de limpieza deben reservarse exclusivamente para el acero inoxidable, sin haber sido utilizados previamente para la limpieza de acero al carbono. La lana metálica de inoxidable evita la contaminación, aunque puede causar arañazos permanentes en superficies decorativas.

La limpieza con **chorro a presión** puede emplearse, aunque, al igual que ocurre con otros materiales, la elevada presión del agua puede arrastrar partículas de suciedad duras con aristas vivas por la superficie decorativa, causando arañazos. Si una superficie de acero inoxidable está muy sucia, por ejemplo con arena o polvo, se recomienda limpiarla primero con una manguera antes de utilizar el chorro a presión. También hay que tener en cuenta que la lámina de acero inoxidable utilizada para

la fabricación de pletinas o paneles es con frecuencia delgada, por lo que es necesario mantener la presión en un nivel que evite daños por deformación.

## 4.3 Intervalos de limpieza

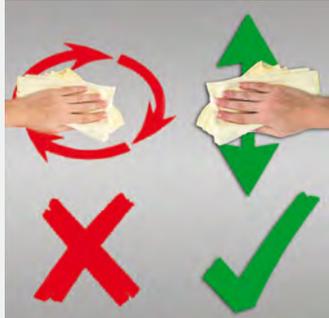
La limpieza de los elementos de acero inoxidable instalados en el interior de edificios no es en realidad diferente a la de otros materiales. Debe efectuarse antes de que se produzca una acumulación visible de suciedad o de marcas de dedos, de manera que se reduzcan al máximo tanto el esfuerzo y el coste, como el riesgo de causar marcas permanentes o de alterar el aspecto de las superficies.

En las aplicaciones en el exterior de edificios, el acero inoxidable puede resultar expuesto a una mayor serie de entornos más agresivos como resultado del contacto con:

- atmósferas marinas,
- entornos cargados con contaminantes industriales,
- salpicaduras de sales utilizadas para deshielo,
- suciedad atmosférica y contaminación por el tráfico.

Los productos de limpieza para acero inoxidable que contengan ácido fosfórico eliminarán este tipo de contaminación. La frecuencia de la limpieza depende de los requisitos estéticos y del nivel de corrosión de la atmósfera. Cuando sea necesario un nivel de limpieza muy elevado, o en entornos corrosivos, resulta adecuado limpiar las superficies metálicas siguiendo los mismos intervalos de limpieza fijados para el acristalamiento del edificio. Cuando estén fuertemente expuestas a contaminantes, las superficies deben limpiarse con intervalos de unos pocos meses, especialmente en zonas hundidas o resguardadas que no lave la lluvia. Sin embargo, la experiencia demuestra que en las atmósferas rurales y urbanas típicas, harán falta varios años antes de que se produzcan acumulaciones de suciedad visibles o potencialmente corrosivas.

## 5 Recomendaciones para el personal de limpieza: prácticas a adoptar y a evitar



- 1) Limpiar con un trapo a lo largo de la dirección del esmerilado, no transversalmente. Trabajar desde arriba hacia abajo con pasadas solapadas.



- 4) Aclarar los productos químicos de limpieza con una gran cantidad de agua del grifo. Secar con un trapo si fuera posible.



- 2) No utilizar lana metálica u objetos duros para eliminar las manchas resistentes.



- 5) No utilizar agua de piscina para la limpieza.



- 3) No utilizar productos de limpieza que contengan cloro como la lejía o los ácidos fuertes (por ejemplo productos para la eliminación de mortero).

## 6 Referencias

- [1] VAN HECKE, B., ¿Qué es el acero inoxidable?, Luxemburgo: Euro Inox, segunda edición 2007
- [2] VAN HECKE, B., Tables of Technical Properties (Serie Materiales y sus Aplicaciones, Vol. 4), Luxemburgo: Euro Inox, segunda edición 2007
- [3] COCHRANE, D., Guía de Acabados de Acero Inoxidable (Serie de Construcción, Vol. 1), Luxemburgo: Euro Inox, tercera edición 2005. La publicación también está disponible en forma de CD ROM interactivo con animaciones realistas de las propiedades reflectantes del material
- [4] EN 10088 Part 2: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip for general purposes
- [5] KOSMAČ, A., Electropulido de Aceros Inoxidables (Serie Materiales y sus Aplicaciones, Vol. 11), Luxemburgo: Euro Inox 2010
- [6] VAN HECKE, B., Los acabados mecánicos de las superficies decorativas de acero inoxidable (Serie Materiales y sus Aplicaciones, Vol. 6), Luxemburgo: Euro Inox, segunda edición 2006, también disponible en CD-ROM
- [7] BADDOO, N., Montaje e instalación de elementos de acero inoxidable (Serie de Construcción, Vol. 10), Luxemburgo: Euro Inox 2006
- [8] ARLT, N./BURKERT, A./ISECKE, B., El acero inoxidable en contacto con otros materiales metálicos (Serie Materiales y sus Aplicaciones, Vol. 10), Luxemburgo: Euro Inox 2010
- [9] ASTM A 380 Standard practice for cleaning, descaling and passivation of stainless steel parts, equipment and systems, ASTM 2006
- [10] CROOKES, R., Decapado y Pasivado del acero inoxidable (Serie Materiales y sus Aplicaciones, Vol. 4), Luxemburgo: Euro Inox 2004
- [11] Care and Maintenance of Stainless Steel (SSAS Information Sheet No. 7.20), Sheffield: British Stainless Steel Association, 2001

ISBN 978-2-87997-299-2