



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ**  
HUMANANA

# BOLETÍN TÉCNICO GALVANIZADOS



**Subdirección General de Desarrollo Urbano**  
Dirección Técnica Estratégica

Diciembre de 2014

**idu**

## GALVANIZADOS

### Contenido

1. Protección de estructuras metálicas
2. Galvanizado por inmersión en caliente
3. Proceso de galvanizado por inmersión en caliente
4. Aplicación

*William Fernando Camargo Triana*  
Dirección General

*Juan Carlos Montenegro Arjona*  
Subdirección General de Desarrollo Urbano

*Sully Magalis Rojas Bayona*  
Dirección Técnica Estratégica

Grupo de Investigación y Desarrollo

*Diana Patricia Beltrán*  
*Martha Jimena Bayona*  
*Vicente Edilson Leal Moreno*  
*Oscar Mauricio Velásquez*  
*Jorge Luis Burgos Rosas*  
*Juan Pablo Nieto Mora*

Calle 22 # 6-27  
Sede alterna: Calle 20 No. 9-20  
Código postal: 110311  
Teléfono: (571) 338 6660

### 1. PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

La corrosión es un fenómeno natural que se evidencia todos los días y ocurre espontáneamente en miles de estructuras de acero en todo el mundo. La corrosión es un proceso bien definido, estudiado e investigado perfectamente. Como es bien sabido, el acero que se produce en el mundo es el resultado de la aleación de diferentes minerales conformados por compuestos químicos complejos. Por lo anterior, al estar expuesto este material en un ambiente natural donde se encuentran agentes agresivos como la atmósfera y el agua, este tiende a recobrar su estado inicial por medio de la reacción química con el oxígeno, sales y ácidos, lo que lo proyecta como un material térmicamente inestable. El resultado de esta reacción o proceso químico en el acero, se conoce como el fenómeno de corrosión, que es un enemigo estructural latente y peligroso para las diferentes estructuras de acero que contengan acero en el mundo.



Figura 1. Corrosión urbana.

Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

A través del tiempo se han realizado estudios de pérdidas económicas a causa de la corrosión, arrojando datos alarmantes. Se dice que el porcentaje de pérdidas por corrosión en estructuras de acero es del orden de 5% del PIB en el mundo, en Colombia esta cifra está en el orden del 4% de PIB del país, lo que representa aproximadamente 13 mil millones de dólares.

Desde el siglo pasado, se han venido generando importantes avances en las tecnologías de producción del acero y en las mejoras de las propiedades de este material. En el mundo se ha venido tomando conciencia de la importancia de proteger el acero contra el fenómeno de corrosión, por lo cual se han

desarrollado diferentes elementos, productos o métodos destinados a proteger el acero contra su enemigo fatal, **la corrosión**. Dentro de esta gran variedad de productos está el zinc, elemento vital y abundante en el mundo y que se convierte en el pilar del proceso de galvanización por inmersión en caliente.

## 2. GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

**El galvanizado por inmersión en caliente, es un proceso mediante el cual se protege el acero por medio de una capa de zinc, que le proporciona una protección contra la corrosión y aumenta la vida y la resistencia del acero**

El zinc utilizado para este proceso, debe contener una pureza de 99% y estar en estado líquido a una temperatura de 450°C aproximadamente, temperatura que genera la difusión del zinc en el acero sobre las superficies de los elementos. Los recubrimientos otorgados a los elementos de acero por medio del baño de zinc, están compuestos por tres capas de aleaciones zinc – acero, diferenciadas claramente por el contenido en hierro, una capa externa de zinc puro y estructura cristalográfica, lo que le da unas propiedades mecánicas de adherencia y una levada resistencia a la abrasión a los golpes.

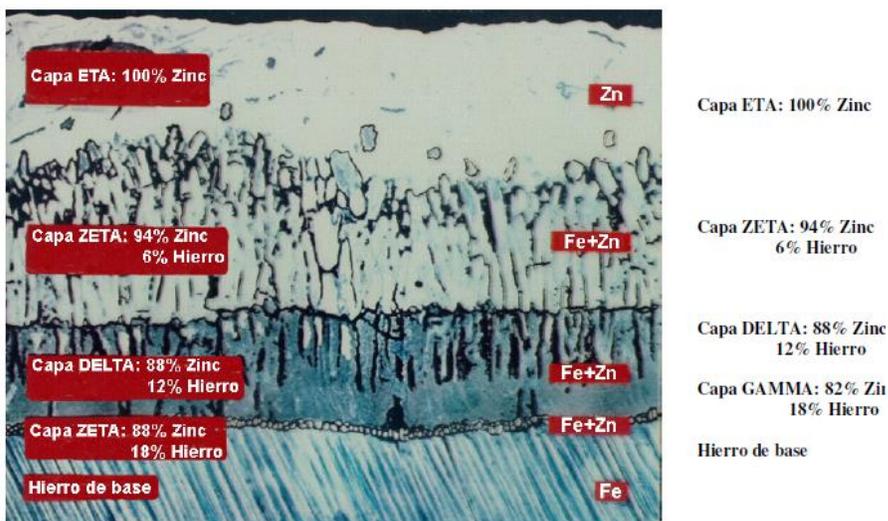


Figura 2. Micrografía del corte de un recubrimiento obtenido por galvanización en caliente por procedimiento discontinuo. Fuente: APTA, Asociación para la promoción técnica del acero. La Galvanización en Caliente

Una de las características más sobresalientes que brinda la protección con galvanizado, es que proporciona dos tipos de protección: **protección de barrera y protección galvánica**. La simple protección de barrera, como la que proporcionan las pinturas a los elementos metálicos, tiene la desventaja que si de alguna forma se rompe la película o recubrimiento, se oxidará el acero en esa área y esto permitirá que la oxidación avance por debajo de la ruptura. Esto no ocurre en el caso del galvanizado, ya que si la capa galvanizada se raya, daña o presenta discontinuidades, el zinc adyacente al acero formará una sal insoluble de zinc sobre el acero expuesto, generando una reparación a la ruptura y continúa protegiendo la superficie contra cualquier corrosión.

### 3. PROCESO DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

El proceso de galvanizado por inmersión en caliente está conformado por siete etapas que ejecutándolas de la mejor forma, garantizan la condición necesaria para crear una buena adherencia del recubrimiento del zinc en la pieza a galvanizar. **Dentro de estas etapas se encuentran el desengrase, decapado, enjuague, fluxado, secado, baño de zinc o galvanizado y enfriado.**

En la etapa de desengrase se busca la eliminación de grasas o aceites en la pieza recubrir con zinc para ello se sumerge la pieza en una solución ácida. Posteriormente, la pieza entra en la etapa de decapado la cual le proporciona la eliminación del óxido presente en la pieza, esta limpieza se realiza gracias a la utilización de solución de ácido Clorhídrico diluido al 17%. En este punto del proceso se realiza el enjuague

de la pieza a fin de eliminar los ácidos aplicados en las anteriores etapas. La etapa de fundente o aplicación de flux, permite que la pieza quede protegida contra la oxidación y facilita o favorece la unión de del zinc sobre la superficie de la pieza. La solución de flux está compuesta por cloruro de amonio y cloruro de zinc. Luego del baño del flux, la pieza es secada por medio de aire caliente para evitar que se produzcan explosiones en la etapa del baño de zinc o galvanizado.

La etapa de galvanizado permite la aleación del zinc fundido (temperatura de 450°C) con la superficie de la pieza. Por último, la pieza se sumerge en agua a temperatura ambiente con el fin de enfriarse para su posterior inspección.



Figura 3. Proceso de galvanizado por inmersión en caliente.  
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

## Aspectos a tener en cuenta antes de galvanizar

Con el fin de obtener una buena estructura galvanizada, se debe tener en cuenta que las piezas van a ser sumergidas en un baño de zinc fundido, por lo cual se requiere que las piezas sean diseñadas y fabricadas para evitar la distorsión, facilitar el llenado y el drenaje del zinc durante el proceso de galvanización.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

1

A nivel interno de las piezas se pueden colocar refuerzos a fin de minimizar las distorsiones que se puedan presentar.

2

En cuanto a los rigidizadores externos e internos, refuerzos, diafragmas, deflectores, las esquinas de estos elementos deben estar recortadas para permitir el paso de las diferentes soluciones que se involucran en las diferentes etapas del proceso del galvanizado por inmersión en caliente.

3

La soldadura utilizada debe ser lo más simétrica posible, con el fin de asegurar que las tensiones estén equilibradas. Para lograr esto, la ubicación de las soldaduras deben estar cerca del eje neutro. Adicionalmente, las soldaduras deben ser continuas y libres de exceso de cavidades y porosidad.

4

Las asimetrías de los elementos a galvanizar se deben evitar, incluyendo los espesores del material.

5

Para reducir las posibilidades de distorsión se recomienda que la pieza se sumerja completamente en una sola vez.

6

Los agujeros destinados para la ventilación, llenado y vaciado de la solución de zinc deben ser lo más grande posible y ubicado lo más cerca de los extremos de las piezas a galvanizar.

7

Contemplar el diseño por módulos de la estructura, para el posterior montaje por pernos o soldadura disminuyendo así ahorro en el transporte, fabricación y montaje simplificado.

## Beneficios del Galvanizado

Dentro de los beneficios que ofrece el galvanizado tenemos:

**Durabilidad y prolongación de la Vida útil:** A través de innumerables pruebas se ha conocido que los productos galvanizados expuestos a condiciones ambientales extremas con riesgo de corrosión muy elevado, tiene como mínimo una vida útil del 10 años antes de la primera actividad de mantenimiento, condición benéfica en relación a productos sin galvanizar y con otros tipos de protección.

Según el estudio sobre la corrosión en Colombia realizado por la Universidad de Antioquia y la CREG, la ciudad de Bogotá se encuentra ubicada dentro de la categoría de corrosividad C3 con un valor de corrosión de 1.48  $\mu\text{m/año}$ . Para las obras que hacen parte de la infraestructura de la ciudad, este valor es relativo ya que se ven afectadas por microambientes mucho más agresivos. Dentro de estas estructuras se encuentran las plantas de tratamiento de agua residual PTAR, los túneles, y la infraestructura ubicada en las localidades de Fontibon y Engativa debido a la presencia de grandes industrias.

Cabe resaltar que dentro de las ciudades existen microambientes con características severas de corrosión, como lo es el que encuentra en los túneles debido a la humedad, la condensación y la presencia de aguas subterráneas. Es decir que las obras y estructuras que conformarán la infraestructura del Metro de la Ciudad de Bogotá estarán expuestas a un ambiente C5 con una pérdida de zinc de 7  $\mu\text{m}/\text{año}$ , para lo cual el sistema de protección contra la corrosión a implementar en estas estructuras es el sistema dúplex.

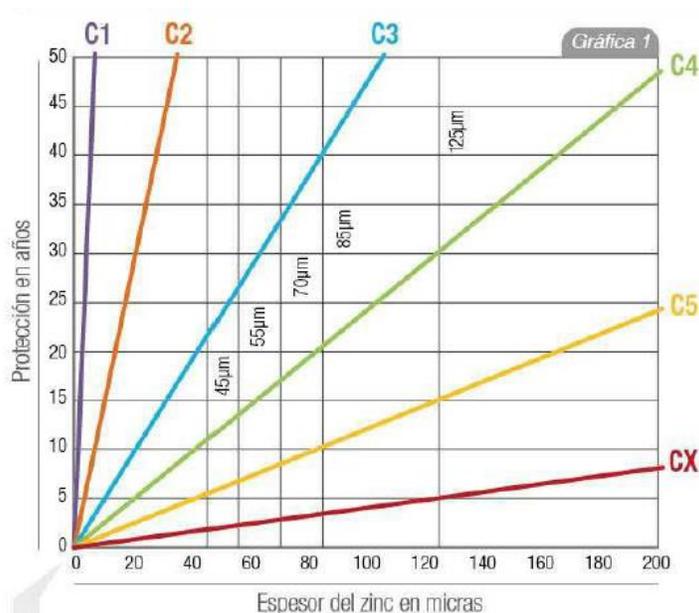


Figura 4. Años de utilidad según la capa de zinc y el tipo de ambiente.  
Fuente: <http://www.galco.com.co/images/catalogos/galvanizado.pdf>

Categoría de corrosividad	Ambiente típico	Pérdida de media de Zn ( $\mu\text{m} / \text{año}$ )
<b>C1</b> Muy baja	<b>Interior:</b> Seco	<0,1
<b>C2</b> Baja	<b>Interior:</b> Condensación ocasional	0,1 - 0,7
<b>C3</b> Media	<b>Interior:</b> Humedad elevada y alguna contaminación del aire. <b>Exterior:</b> Urbano no marítimo y marítimo de baja salinidad.	0,7 - 2
<b>C4</b> Alta	<b>Interior:</b> Piscinas, plantas químicas, etc. <b>Exterior:</b> industrial no marítimo y urbano marítimo.	2 - 4
<b>C5</b> Muy alta	<b>Interior:</b> Zonas con muy alta frecuencia de condensación y contaminación industrial. <b>Exterior:</b> Industrial muy húmedo o con elevado grado de salinidad (zona costera).	4 - 8
<b>CX</b> Extrema	<b>Exterior:</b> Áreas Industriales extremas, zonas costeras.	>8

Figura 5. Categoría de corrosividad de acuerdo al tipo de ambiente.  
Fuente: <http://www.galco.com.co/images/catalogos/galvanizado.pdf>

**Economía:** El costo de inversión inicial es similar al de la aplicación de pintura. A continuación se presenta un ejemplo para dos elementos, un ángulo de 2" x 1/4 y un perfil viga IPE 200

Ángulo de 2" x 1/4	Galvanizado	Recubrimiento más utilizado
Costo inicial (Kg).	\$900	\$1.179
Duración	Más de 30 años	Ocho años
Mantenimiento	No necesita	Al noveno año cada dos años sucesivos.
Tiempo de aplicación en días aproximado	2 días	7 días
Costo Mantenimiento en 30 años (Kg)	\$0	\$11.000
Costo Total (Kg)	\$900	\$12.179

Tabla 1. Ejemplo comparativo costo total del mantenimiento a 30 años, con un total de 11 mantenimientos para el ejemplo de un Angulo de 2"x1/4 entre el galvanizado y recubrimiento más utilizado

2. Vigas IPE 200	Galvanizado	Recubrimiento más utilizado
Costo inicial (Kg).	\$850	\$1.000
Duración	Más de 30 años	Ocho años
Mantenimiento	No necesita	Al noveno año cada dos años sucesivos.
Tiempo de aplicación en días aproximado	2 días.	7 días.
Costo Mantenimiento en 30 años (Kg)	\$0	\$9900
Costo Total (Kg)	\$850	\$10.900

Tabla 2. Ejemplo comparativo costo total del mantenimiento a 30 años, con un total de 11 mantenimientos para el ejemplo de vigas IPE 200 entre el galvanizado y recubrimiento más utilizado

\*Valores de referencia estimados para el año 2013, su variación depende del mercado actual.

Podemos observar que el costo inicial de galvanizar por kg esta entre un 15% y 24 % menos del costo de la aplicación con un recubrimiento más utilizado para proteger el acero, proporcionando un periodo de durabilidad de 30 años sin actividades y costos de mantenimiento y reduciendo el tiempo de aplicación de la protección.

Por otra parte, en un periodo de 30 años el costo de no galvanizar por kg es del orden de 92% que el costo inicial.

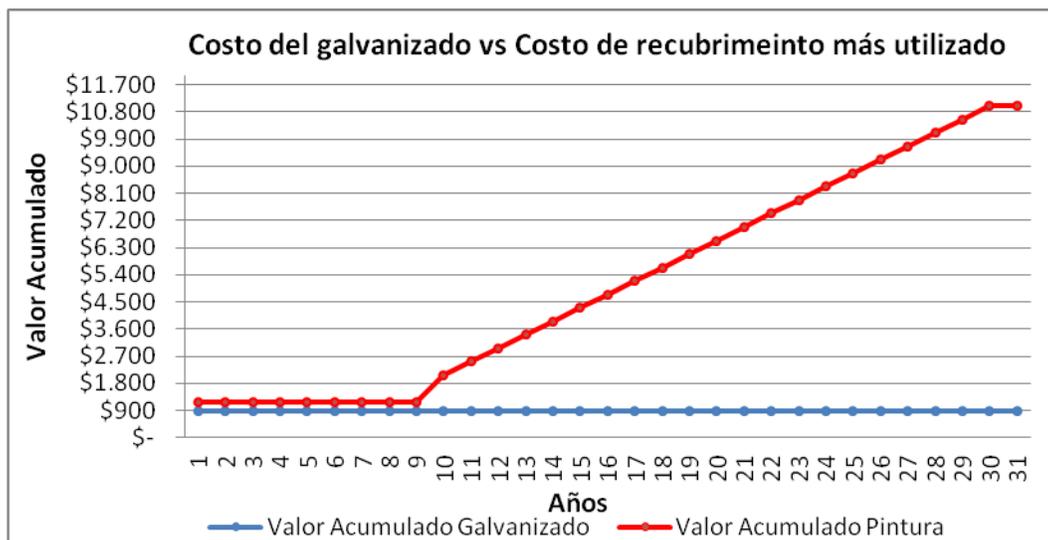


Figura 6. Costo del galvanizado vs costos de recubrimiento más utilizado.  
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

**Libre de mantenimiento:** Debido a la protección que le genera el galvanizado a los elementos de acero contra la corrosión, y que le induce un mayor tiempo de vida útil, hace innecesario las actividades de mantenimiento en este tipo de elementos.

**Protección total:** la totalidad de la superficie de los elementos quedan protegidos contra la corrosión, tanto exteriormente como internamente, ya que las piezas son sumergidas en el baño de zinc fundido.

**Confiabilidad:** Ya que el proceso de galvanizado se realiza en instalaciones especializadas y no en campo, se garantiza un control en la aplicación y es uno de los pocos sistemas de protección del acero especificados por normas nacionales e internacionales.

**Tenacidad del recubrimiento:** a razón de la unión química entre el zinc y el acero, esta le proporciona una elevada resistencia a los golpes y a la abrasión, ventaja que le da a las estructuras galvanizadas en el transporte, almacenamiento y montaje de las mismas.

*Finalmente se puede concluir que el galvanizado por inmersión en caliente es un sistema eficaz de protección del acero frente a la corrosión y le proporciona durabilidad a las estructuras. Adicionalmente, contribuye al reciclaje de materiales y a la economía de los países gracias a la pocas actividades de mantenimiento a las estructuras.*

## 4. APLICACIÓN

Dentro de los campos de aplicación en la infraestructura están puentes y carreteras.

### Sistema de Drenaje

Esto incluye: desagües, alcantarillas, tubos de bajada y drenajes de cunetas. El galvanizado ha demostrado ser altamente poderoso en la prevención de la corrosión cuando se usa para proteger estos componentes.

### Rodamientos puentes

Los componentes de aceros usados para contener los rodamientos de elastómero deben ser preservados mediante el galvanizado o un sistema de galvanizado dúplex por dos razones: Debido a su ubicación, los rodamientos y los ensambles de soporte están subyugados tanto al agua contaminada del cloruro e importantes ciclos de humedad y secado. Los rodamientos a menudo se ubican en lugares de difícil acceso para las inspecciones y mantenimiento habitual.

### Juntas de expansion

El acero usado en las juntas de expansión es un buen aspirante para la protección contra la corrosión mediante el galvanizado. La protección catódica y de barrera entregada por el galvanizado ayuda a estos componentes a resistir la corrosión más tiempo bajo sus condiciones de servicio altamente corrosivas, a la vez que aumenta realmente la resistencia a la abrasión del acero base.

### Escaleras y puertas

A menudo estos dispositivos están ubicados en lugares de difícil acceso para la aplicación de pinturas. El galvanizado se usa para entregar un sistema de protección a largo plazo y estéticamente atractivo para estos elementos.



Figura 7. Modelo estructural galvanizado

Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU

## Superestructura, subestructura y cimentación puente

Pasillos, pernos de anclaje, soportes de drenaje, riel anti-suicida, sistemas de drenaje, placas base, pilotes hincado, ensambles de rodamientos, enrejado, placas de rodamientos de anclajes de tierra, pernos, escaleras, riel de caja, pilotes de espigón, riel del puente, abrazaderas de unión de refuerzo, conectores de cable, acero de refuerzo, cables, muros de contención, conectores de esfuerzo de canal, tablestacado, soportes transversales, soportes de señales, ángulos de soleras.



Figura 8. Barandas galvanizadas del puente vehicular.

Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU

## Señalización y elementos de seguridad para Carreteras

Parrilla de pisos, riel anti-suicida, rejillas de pisos, placas base, vigas, riel de caja, guardarrieles, disipadores, pasarelas de Inspección, alcantarillas, recubrimientos de barreras Jersey, ángulos de soleras, delineadores, soportes de cañerías, enrejado, rieles de cañerías, compuertas, cañerías, láminas, rodamientos en cofre, guardarrieles, moldes para vaciado in situ, postes guardarrieles, abrazaderas de unión de refuerzo, acero de refuerzo, pernos de corte, soportes de señales superiores, soportes de señales, puente pasarela peatones, postes de luces de señales.



Figura 9. Barandas galvanizadas

Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU



Figura 10. Estructura para puente vehicular galvanizada.

Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU

## Postes de Alumbrado

Los postes de alumbrado de acero galvanizado son estéticamente agradables, son además considerablemente económicos en términos tanto de los costos iniciales como a largo plazo. Los postes de acero galvanizados facilitan una barrera de protección contra la corrosión tanto interna como externa de los efectos de los tipos de ambiente como: industriales agresivos, la lluvia, las sales descongelantes de los caminos, el agua escurrida y otros contaminantes. Los postes de acero galvanizado ofrecen la tenacidad necesaria para soportar semáforos y otros equipos de iluminación, incluso en brazos largos que pueden introducir flexión u otras formas de esfuerzo.



Figura 11. Postes de alumbrado público galvanizados  
Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU

## Túneles

Debido a la humedad, la condensación y la presencia de aguas subterráneas, el ambiente atmosférico en un túnel es ampliamente corrosivo. El Instituto Swerea KIMAB en Europa, ha señalado en ciertas publicaciones que la velocidad de corrosión anual del zinc es, en túneles, de unos 7 m / año. (Corrosión clase C5). Los túneles de autopista son inclusive mucho más corrosivos que los túneles ferroviarios debido a la mayor humedad, contaminantes (salpicaduras de los vehículos) y la presencia de cloruros. La velocidad de corrosión en el segundo año es sistemáticamente inferior a un año.

De igual manera, la presencia de compuestos de nitrógeno y azufre puede acelerar la velocidad de corrosión en los túneles de la autopista en paralelo con los túneles ferroviarios.

El mejor sistema para la estructura metálica en un túnel es, por todo ello, SISTEMA DUPLEX (galvanizado y pintura). El zinc y el aluminio se corroen más en túneles que en ambientes marinos. En general todo lo que tenga componente metálico se utiliza galvanizado o sistema dúplex como por ejemplo: el sistema de tráfico, la iluminación del túnel, ventilación de túneles, equipos para el sistema de seguridad, equipos de seguridad contra incendios, sistema de cámaras, sistema de control, suministro de electricidad y agua.



Figura 12. Sistema estructural para cubiertas de metro galvanizado.  
Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU



Figura 13. Sistema estructural de metro galvanizado.  
Fuente: Tomada de Guía práctica de galvanizado por inmersión en caliente, ANDI -IDU