

Boletín 97

DURACION DEL RECUBRIMIENTO MEDIANTE GALVANIZADO

Boletín técnico N°97
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

DURACIÓN DEL RECUBRIMIENTO MEDIANTE GALVANIZADO.

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. General.

El galvanizado o galvanización es el proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro.

Se denomina galvanización pues este proceso se desarrolló a partir del trabajo de Luigi Galvani, quien descubrió en sus experimentos que si se pone en contacto un metal con una pata cercenada de una rana, esta se contrae como si estuviese viva, posteriormente se dio cuenta de que cada metal presentaba un grado diferente de reacción en la pata de rana, lo que implica que cada metal tiene una carga eléctrica diferente.

Más tarde ordenó los metales según su carga y descubrió que puede recubrirse un metal con otro, siempre depositando un metal de carga mayor sobre otro de carga menor, y aprovechando esta cualidad de su descubrimiento se desarrolló más tarde el galvanizado, la galvanotecnia y posteriormente la galvanoplastia.

2. Función del galvanizado.

La función del galvanizado es proteger la superficie de un metal sobre el cual se realiza el proceso de galvanización.

El galvanizado más común consiste en depositar una capa de zinc (Zn) sobre hierro (Fe), esto se debe a que al ser el zinc más oxidable o menos noble que el hierro y generar un óxido estable, protege al hierro de la oxidación al exponerse al oxígeno del aire.

Es muy común utilizar de forma general en tuberías para la conducción de agua cuya temperatura no sobrepase los 60 °C ya que entonces se invierte la polaridad del zinc respecto del acero del tubo y este se corroe en vez de estar protegido por el zinc.

Para evitar la corrosión en general es fundamental evitar el contacto entre materiales disímiles, con distinto potencial de oxidación, que puedan provocar problemas de corrosión galvánica por el hecho de su combinación.

Puede ocurrir que cualquiera de ambos materiales sea adecuado para un galvanizado potencial con otros materiales, no obstante, su combinación sea inadecuada, provocando corrosión, por el distinto potencial de oxidación comentado.

Existen varios procesos para recubrir de zinc el acero. Los principales son:

- La galvanización en caliente
- La galvanización en frío
- El metalizado por pistola
- El zincado electrolítico
- El galvanizado por laminación

En este boletín técnico nos detendremos a comentar sobre el galvanizado en caliente.

3. Galvanizado en caliente.

La galvanización en caliente consiste para recubrir piezas terminadas de hierro/acero mediante su inmersión en un crisol de zinc fundido a 450 °C.

Tiene como principal objetivo evitar la oxidación y corrosión que la humedad y la contaminación ambiental pueden ocasionar sobre el hierro. Esta actividad representa aproximadamente el 50 % del consumo de zinc en el mundo y desde hace más de 150 años se ha ido afianzando como el

procedimiento más fiable y económico de protección del hierro contra la corrosión.

Este proceso no consiste solo en depositar unos pocos micrómetros de zinc en la superficie del acero. El recubrimiento de zinc se une químicamente a la base de acero porque hay una reacción química metalúrgica de difusión entre el zinc y el hierro o el acero a 450 °C.

Al retirar el acero del baño, se han formado varias capas superficiales de aleación zinc-hierro en las que el zinc se ha solidificado. Estas diferentes capas de aleación son más duras que la base de acero y tienen un contenido de zinc cada vez mayor a medida que se aproximan a la superficie del recubrimiento.

El tratamiento debe ajustarse a la norma ISO 1461 (Recubrimientos galvanizados en hierro y acero).

El hierro o acero galvanizado se usa principalmente en la construcción (armaduras metálicas, vallas protectoras, rejillas electrosoldadas etc.).

Otros usos son: mobiliario urbano (iluminación, señalización, barreras); las portacatenarias y diversos medios de señalización utilizados en las piscinas o en el mar (ambiente húmedo particularmente agresivo y/o que contienen cloro), en plantas de tratamiento de aguas residuales o en edificios para la cría de ganado (ambiente ácido).

Durante la inmersión en el baño de Zinc fundido, la superficie de las piezas de acero reacciona con el Zinc y forma distintas aleaciones Zn-Fe.

Para facilitar esta reacción las piezas se mantienen sumergidas hasta que su temperatura alcanza la del baño de Zinc, entre 445°C y 450°C.

El tiempo de inmersión oscila desde pocos segundos en piezas de lamina fina y poco

espesor, hasta varios minutos en piezas pesadas y espesores gruesos. Entre las piezas de lamina fina se encuentran las bandejas portacables y sus accesorios y entre las gruesas están sus sistemas de soporte.

Las piezas se extraen del baño de Zinc a una velocidad controlada y arrastran consigo una película de Zinc fundido que, al solidificarse, constituye la capa externa de Zinc puro.

El resultado es un recubrimiento tenaz, formado por una capa externa de Zinc y varias capas de aleaciones Zn-Fe que están unidas metalúrgicamente al acero base.

4. Esquema de la sección de una pieza galvanizada.

Los recubrimientos que se obtienen por galvanización en caliente están constituidos por varias capas de aleaciones zinc-hierro, fundamentalmente tres, que se denominan "gamma", "delta" y "zeta" y una capa externa de zinc prácticamente puro (fase "eta"), que se forma al solidificar el zinc arrastrado del baño y que confiere al recubrimiento su aspecto característico gris metálico brillante. En la figura 1 se puede observar este esquema sobre una pieza galvanizada.

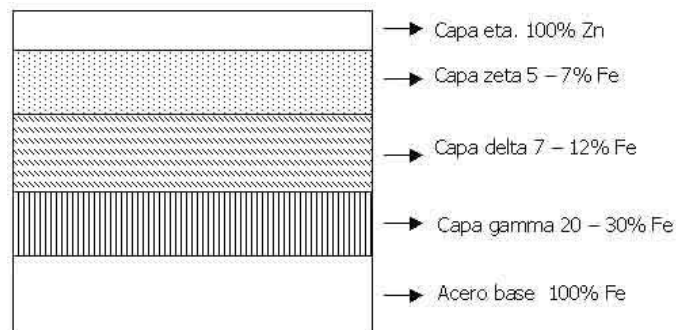


Figura 1. Vista de la sección de una pieza galvanizada

Al ser recubrimientos obtenidos por inmersión en zinc fundido, cubren la totalidad de la superficie de las piezas, tanto las exteriores como las interiores

de las partes huecas así como otras muchas áreas superficiales de las piezas que no son accesibles para otros métodos de protección. En la figura 2 se puede apreciar la composición de las distintas capas y su denominaciones.

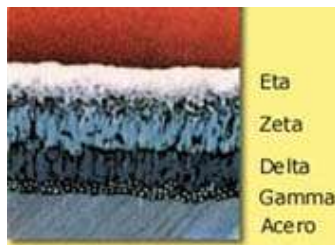


Figura 2. Capas y denominaciones

5. Resistencia a la abrasión.

Los recubrimientos galvanizados poseen la característica casi única de estar unidos metalúrgicamente al acero base, por lo que poseen una excelente adherencia.

Por otra parte, al estar constituidos por varias capas de aleaciones zinc-hierro, más duras incluso que el acero, y por una capa externa de zinc que es más blanda, forman un sistema muy resistente a los golpes y a la abrasión.

6. Resistencia a la corrosión.

Los recubrimientos galvanizados proporcionan al acero una protección triple.

- Protección por efecto barrera. Aislándole del medio ambiente agresivo.
- Protección catódica o de sacrificio. El zinc constituirá la parte anódica de las pilas de corrosión que puedan formarse y se irá consumiendo lentamente para proporcionar protección al acero. Mientras exista recubrimiento de zinc sobre la superficie del acero, éste no sufrirá ataque corrosivo alguno.
- Restauración de zonas desnudas. Los productos de corrosión del zinc, que son insolubles, compactos y adherentes, taponan

las pequeñas discontinuidades que puedan producirse en el recubrimiento por causa de la corrosión o por daños mecánicos (golpes, arañazos, etc.).

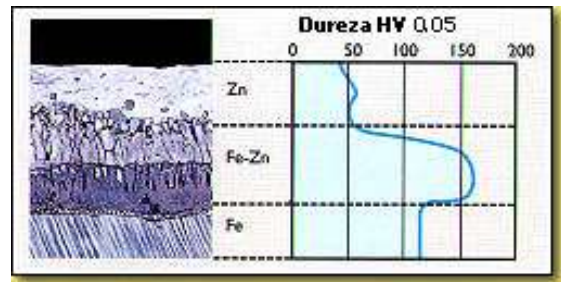


Figura 3. Diagrama de dureza de los recubrimientos galvanizados

En el boletín técnico 95 Todo sobre corrosión Parte 1 y boletín técnico 96 Parte 2, vimos en detalle el amplio tema sobre el ataque corrosivo, el proceso de corrosión, los diferentes tipos de corrosión tanto la uniforme como la localizada, entre las localizadas tratamos:

1. Corrosión galvánica
2. Corrosión por erosión
3. Corrosión por fricción
4. Corrosión por agrietamiento
5. Corrosión por picadura
6. corrosión por exfoliación
7. Corrosión por ataque selectivo
8. Corrosión intergranular
9. Corrosión por esfuerzo
10. Corrosión por alta temperatura
11. Corrosión debido a vibración
12. Corrosión bacteriana

Para detalles de los tipos de corrosiones localizadas macroscópica le recomendamos ver los boletines técnicos antes mencionados. En este boletín trataremos otros tipos de corrosión que atacan al metal recubierto mediante galvanización.

6.1 Corrosión en agua dulce

El acero galvanizado resiste generalmente bien la acción corrosiva de las aguas naturales, ya que el anhídrido carbónico y las sales cálcicas y magnésicas que normalmente llevan en disolución estas aguas ayudan a la formación de las capas de pasivación del zinc, que son inertes e insolubles y aíslan al recubrimiento de zinc del subsiguiente contacto con el agua.

La dilatada experiencia existente en el empleo de acero galvanizado en utilidades relacionadas con el transporte y almacenamiento de aguas dulces, son la mejor prueba de que el acero galvanizado tiene una excelente resistencia a la corrosión en este tipo de aguas.

6.2 Corrosión en agua de mar

Es de todos conocido que los recubrimientos galvanizados resisten suficientemente el ataque corrosivo del agua de mar.

lo anterior es debido a que los iones Mg y Ca presentes en este tipo de agua inhiben la acción corrosiva de los iones cloruro y favorecen la formación de capas protectoras.

6.3 Corrosión atmosférica

La duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados frente a la corrosión atmosférica es extremadamente alta y depende de las condiciones climatológicas del lugar y de la presencia en la atmósfera de contaminantes agresivos, como son los óxidos de azufre.

Estos contaminantes son a causa de las actividades urbanas o industriales y los cloruros normalmente presentes en las zonas costeras.

7. Galvanización general

La norma básica que especifica las características que deben cumplir los recubrimientos galvanizados que se obtienen en las instalaciones discontinuas de galvanización en caliente, conocidas normalmente como instalaciones de

galvanización general, es la norma internacional ISO 1461:1999, Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo, que ha venido a sustituir a la norma UNE 37-508-88.

Las características que, según esta norma, sirven de criterio para determinar la calidad de estos recubrimientos son el aspecto superficial, el espesor y la adherencia.

El espesor es la característica más relevante, ya que la duración de la protección es directamente proporcional a su espesor.

TABLA 1 Espesores mínimos del recubrimiento				
Espesor de la pieza	Valor local (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Acero > 6 mm	505	70	610	85
Acero > 3 mm hasta < 6 mm	395	55	505	70
Acero > 1,5 mm hasta < 3 mm	325	45	395	55
Acero < 1,5 mm	250	35	325	45
Piezas moldeadas > 6 mm	505	70	575	80
Piezas moldeadas < 6 mm	430	60	505	70

Los espesores mínimos exigibles a estos recubrimientos, según la norma UNE EN ISO 1461, son los que se indican en la siguiente tabla, que están en relación con el espesor del acero base.

8. Vida útil del galvanizado.

Este término quiere decir el tiempo que el zinc del recubrimiento protege al acero base de la corrosión. Por efecto de la agresividad ambiental se van desgastando progresivamente las capas que constituyen el recubrimiento, primero la capa

de zinc puro y posteriormente las sucesivas capas de aleaciones de zinc-hierro.

TABLA 2 Velocidad de corrosión del zinc en diferentes atmósferas (según ISO 9223)		
Categoría de Corrosividad	Ambiente	Pérdida media anual de espesor de zinc (µm)
C1 Muy baja	Interior: Seco	0,1
C2 Baja	Interior: Condensación ocasional	0,1 a 0,7
C3 Media	Interior: Humedad elevada y alguna contaminación del aire	0,7 a 2,1
C4 Alta	Exterior: Urbano no marítimo y marítimo de baja salinidad	2,1 a 4,2
C5 Muy alta	Interior: Piscinas, plantas químicas, etc.	4,2 a 8,4

Cuando el desgaste llega a las capas interiores más ricas en hierro, la superficie del material toma un color marrón rojizo. Esto no significa que se esté oxidando ya el propio acero de la estructura o pieza, pero sí que es el momento de ir pensando en la aplicación de un sistema de pintura de mantenimiento.

Como la composición del acero base influye sobre el desarrollo relativo de las distintas capas de aleaciones zinc-hierro, no puede determinarse a priori el tiempo que tardará en aparecer esta coloración marrón rojiza.

9. Interpretación de la tabla anterior:

La grafica de la figura 4 nos puede ayudar a estimar la duración previsible de un recubrimiento galvanizado en un ambiente determinado.

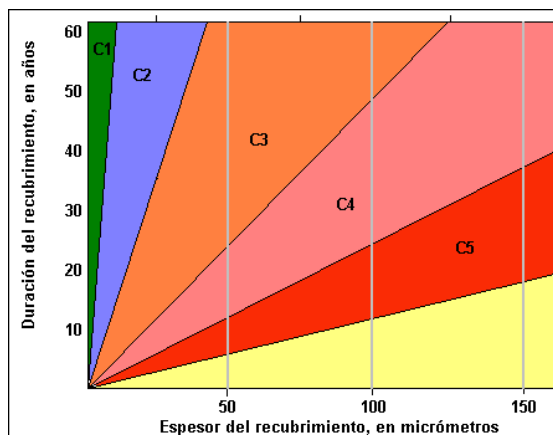


Figura 4. Vida útil de los recubrimientos galvanizados

Los recubrimientos de zinc protegen el acero sacrificándose a su favor, de tal manera que aunque se presentaran daños diversos como cortes, raspaduras o perforaciones, estarán igualmente protegidos contra la oxidación, debido a la diferencia de potencial electroquímico que existe entre el zinc y el acero (protección catódica).

TABLA 3 Resistencia a la corrosión de los recubrimientos galvanizados					
Espesor del Recubrimiento		Número de años en promedio de duración hasta que aparece una oxidación de 5% sobre la superficie de acero según la atmosfera en que se encuentra			
Milésimas de pulgada	gr/m ²	Rural	Marina	Urbana	Industrial
0.0015 a 0.0031	269 a 557	17 - 35	12 - 20	10 - 15	4 - 8
0.0031 a 0.0047	557 a 844	35 - 50	20 - 35	15 - 25	8 - 12
0.0047 a 0.0078	884 a 1400	50 - 75	35 - 50	25 - 40	12 - 18

La mayor parte de los aceros se pueden galvanizar, aceros suaves al carbono, aceros de alta resistencia y baja aleación y los aceros hasta con el 0.20% de cobre, siendo los más adecuados los aceros suaves.

Lo que tiene una influencia notable sobre el espesor y el aspecto del galvanizado es el contenido de los elementos aliables habitualmente presentes en el acero: carbono, manganesio y silicio.

Espesor pieza	Valor local (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Acero > 6 mm	505	70	610	85
Acero >3 mm hasta < 6 mm	395	55	505	70
Acero >1,5 mm hasta < 3 mm	325	45	395	55
Acero < 1,5 mm	250	35	325	45
Piezas moldeadas > 6 mm	505	70	575	80
Piezas moldeadas < 6 mm	430	60	505	70

Al aumentar la proporción de estos elementos aumenta el espesor del recubrimiento y toma una coloración gris mate. El efecto mayor lo produce el silicio en concentraciones mayores al 0.12%

En las bandejas portacables normalmente el espesor promedio de la capa de zinc aplicada es superior a las 120 µm sobre piezas fabricadas con espesores de 1.4 a 3 mm, tales como tramos rectos, curvas y accesorios.

Esto representa alrededor de unos 920 grs/m² de revestimiento en las bandejas.

Partiendo de estos valores suministrados por nuestro proveedor de servicio de galvanizado, podemos proyectar el tiempo de vida útil del revestimiento del galvanizado en las bandejas portacables de fabricación normalizadas y en

nuestros inventarios de acuerdo a la tabla de resistencia a la corrosión de los recubrimientos galvanizados, de la siguiente forma:

Espesor del Recubrimiento		Número de años en promedio de duración hasta que aparece una oxidación de 5% sobre la superficie de acero según la atmosfera en que se encuentra			
µm	gr/m ²	Rural	Marina	Urbana	Industrial
120	920	55 - 80	35 - 55	25 - 55	15 - 25

10. Comportamiento de los recubrimientos mediante galvanizado en medios ácidos.

Tenga especial atención con los medios ácidos, no se debe especificar el empleo de recubrimientos a través de la galvanización para la protección del acero en medios ácidos, debido a que no es adecuada.

El motivo se debe a que el zinc es atacado con extrema facilidad por los medios cuyo pH sea inferior a 5,5.

11. Comportamiento de los recubrimientos mediante galvanizado en medios alcalinos.

Se ha comprobado que el zinc presenta un comportamiento mucho mejor a sustancias alcalinas que a productos ácidos. El acero galvanizado se comporta bien en medios moderadamente alcalinos.

El límite máximo de alcalinidad recomendable es el correspondiente a pH 12,5.

El problema, muchas veces, es conocer la alcalinidad real del medio en el que vaya a desempeñar el material galvanizado. En caso de que se presenten dudas sobre este respecto, la

recomendación es realizar la consulta con la Asociación de Galvanización de su país.

12. Comportamiento frente a los compuestos orgánicos.

Los compuestos químicos orgánicos son aquellos que están constituidos principalmente por cadenas o anillos de átomos de carbono.

En nuestra vida cotidiana nos los encontramos continuamente, porque existe una enorme variedad de compuestos de este tipo, como los productos derivados del petróleo, los plásticos, las pinturas, etc.

Los recubrimientos galvanizados resisten perfectamente el contacto con la mayoría de estos compuestos orgánicos, siempre que no tengan carácter ácido.

Excepción a esta regla general de compatibilidad la constituyen los ácidos orgánicos, ya que como hemos indicado, el zinc es atacado por todos aquellos compuestos que dan lugar a una acidez inferior a pH 5,5.

El ácido orgánico más común es el vinagre o ácido acético.

Todos estos líquidos pueden transportarse mediante tuberías galvanizadas. No obstante, hay que tener ciertas precauciones en el almacenamiento de estos compuestos orgánicos en contenedores galvanizados.

Si no están bien secos y el tiempo de almacenamiento es prolongado, puede separarse el agua y formar una capa acuosa muy contaminada, que puede ser agresiva para el acero galvanizado.

A continuación se enumeran algunos de estos compuestos y su efecto sobre los materiales galvanizados.

TABLA 5 Compuestos y su efecto sobre los materiales galvanizados	
Compuesto o sustancia	Efecto
Petróleo	No afectan
Gasóleo	No afectan
Disolventes de pinturas	No afectan
Aguarrás	No afectan
Aceites lubricantes	No afectan
Grasas	No afectan
Pinturas de base acuosa	No afectan
Pinturas de base oleosa	No afectan
Disolventes para la limpieza en seco	No afectan
Barnices, etc.	No afectan

12. Normas Referenciales de Galvanizado

A continuación se indica una lista de normas utilizadas en el galvanizado en sus diferentes aplicaciones:

12.1 Normas Venezolanas (FONDONORMA):

COVENIN 1212: 81 Recubrimiento con zinc por inmersión en caliente para utilería de acero y fundición de hierro.

COVENIN 0565: 80 Productos de hierro y acero. Determinación de las características del recubrimiento del zinc.

COVENIN 0535: 2001 Alambre de acero galvanizado para refuerzo de cables de aluminio.

COVENIN 1721: 81 Láminas acanaladas o perfiladas galvanizadas.

COVENIN 2064: 2000 Alambres de acero galvanizado para jergones.

COVENIN 2577: 93 Tubos metálicos intermedios de acero galvanizado para instalaciones eléctricas.

12.2 Normas Americanas:

ASTM A123. Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coating on Iron & Steel products (Especificación para recubrimientos con zinc en hierro y acero)

ASTM A153. Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware (Especificación para partes de hierro y acero recubiertas con zinc)

ASTM A385. Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip) (Practica para generar un recubrimiento de zinc de alta calidad)

ASTM A 653. Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot Dip Process (Especificación para hojas de acero galvanizadas o con recubrimiento con aleación Zn-Fe por inmersión en caliente)

ASTM A767. Zinc coated steel bars for concrete reinforcement (Cabillas de acero recubiertas con zinc para concreto reforzado)

ASTM A780. Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings (Reparación de áreas dañadas y sin recubrir de piezas galvanizadas por inmersión en caliente)

ASTM A 902. Terminology Relating to Metallic Coated Steel Products. (Terminología relacionada a productos de acero recubiertos con metal)

ASTM D 6386-99. Standard practice for preparation of zinc galvanized coated iron & steel products & hardware surface for painting (Estándar de preparación de superficie de piezas de acero y galvanizadas por pintarse)