



v.09.2023

Notas Informativas

Galvanizado

por inmersión
en caliente

Dirigido a: - Arquitectos,
- Ingenieros,
- Constructores,
- Diseñadores,
- Inspectores de calidad,
- Usuarios en general.



www.industriash7.com

CONTENIDO

Capítulo	Título	Página
1	Corrosión	1
2	Galvanizado en caliente, ¿Qué es?	2
3	Normas de galvanizado en caliente	5
4	Durabilidad del recubrimiento	6
5	Nuestro proceso de galvanización	7
6	¿Cómo inspeccionar acero galvanizado?	8
7	Apariencia y condiciones del acabado	10
8	¿Cómo soldar acero galvanizado?	14
9	Almacenamiento del acero galvanizado	15
10	Galvanizado y Construcción Sostenible	16
11	Otros procesos de galvanizado en caliente	19
12	Otros sistemas de protección mediante el Zinc	21
13	Preguntas frecuentes	23



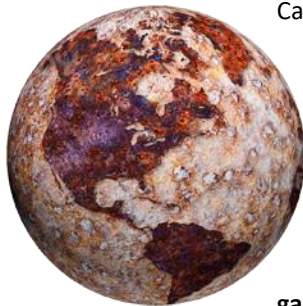


Corrosión

¿Cuánto cuesta?, ¿qué es?, ¿cómo evitarla?

1

El costo por reparación de daños debido a la corrosión llega a millones de dólares anuales. Se estima que los costos de la corrosión representan alrededor del 4% del PIB de las naciones industrializadas, porcentaje que tiende a ser mayor en las economías de los países emergentes.



Cada 90 segundos, en todo el mundo, una tonelada de acero se consume por la corrosión, y de cada dos toneladas de acero producido, una es para reemplazar el acero corroído. Al proteger una tonelada de acero contra la corrosión por galvanización en caliente, se ahorra suficiente energía para satisfacer las necesidades de una familia mediana durante varias semanas.

La corrosión, o lo que se conoce como oxidación, es un fenómeno natural en donde los metales tienden a volver a su estado natural. Sin embargo, el empleo de sistemas adecuados de protección en el inicio de un proyecto, tal como la **galvanización en caliente, puede reducir significativamente los costos anuales.**

Aparte de considerar la galvanización en caliente como un medio de protección contra la corrosión en cualquier proyecto de construcción, ahora también es especificada por múltiples razones, entre ellas, la durabilidad, la versatilidad, la sostenibilidad, el bajo costo por el poco o nulo mantenimiento, e incluso la estética. El galvanizado representa el uso eficiente del zinc para proteger el acero durante largos períodos, lo que significa además un ahorro de recursos con un impacto mínimo en el medio ambiente.

Galvanización por inmersión en caliente

¿Qué es?

El galvanizado por inmersión en caliente consiste en recubrir el acero base con una capa de zinc unido metalúrgicamente. Dicho recubrimiento proporciona una excelente protección frente a la corrosión.

El producto que va a ser galvanizado, previamente limpiado de impurezas como grasas y oxidaciones, se introduce en un baño de zinc fundido a 450º C (ver proceso de figura 1), aleándose con el acero y generándose varias capas con diferentes proporciones de hierro y zinc.

Estas aleaciones, metalúrgicamente adheridas al acero, son tan duras como su base y muy resistentes a golpes o a la abrasión. Además, dado que el acero es sumergido en un baño, cubre por completo todas las superficies del producto.

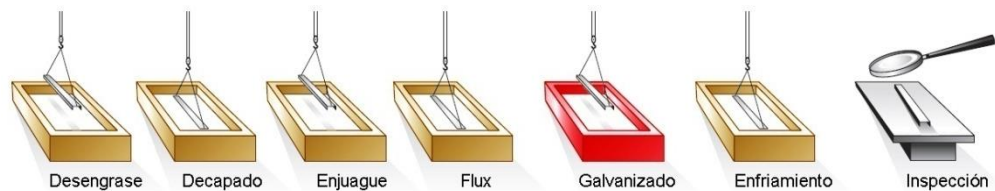


Figura 1. Proceso del galvanizado por inmersión en caliente

2.1 Aspecto del recubrimiento

La Figura 2 muestra el aspecto de un corte transversal del recubrimiento galvanizado observado mediante un microscopio metalográfico.

Como puede observarse, la estructura es muy complicada. El acero base de la pieza está en la parte inferior de la fotografía. La capa delgada inmediatamente encima del mismo se conoce como capa Gamma y tiene un espesor aproximado de un micrómetro (1 μm), que equivale a 0,001mm. Esta capa está constituida por una aleación de hierro y zinc que contiene un 25% de hierro. La capa siguiente es la capa Delta, formada por una aleación que tiene un 10% de hierro aproximadamente. La capa más gruesa, en la que pueden verse claramente cristales metálicos alargados orientados hacia el exterior, es la capa Zeta, que contiene un 6% de hierro. Finalmente, la capa más externa, denominada Eta, está constituida por zinc prácticamente puro. Es fácil de comprender la estructura del recubrimiento si consideramos que las capas Gamma, Delta y Zeta son “capas de aleaciones” y es útil saber que estas capas proporcionan al recubrimiento varias de sus características más interesantes.

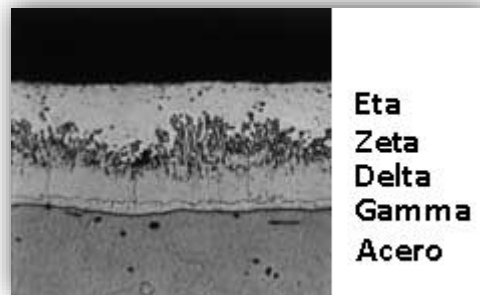


Figura 2.

2.2 ¿Cómo se comportan los recubrimientos galvanizados frente a los golpes?

Los recubrimientos galvanizados son muy resistentes. Esto se debe a la especial combinación de propiedades mecánicas que tienen las capas que los componen. La figura 3 muestra un diagrama de la dureza de estas capas, expresada en unidades Vickers (Hv).

La dureza típica de los aceros suaves es de unas 160 unidades de dureza Vickers. Las capas de aleaciones zinc-hierro son bastante más duras, hasta 240 Hv, mientras que la capa externa de zinc es más blanda y dúctil que el acero y las capas de aleación.

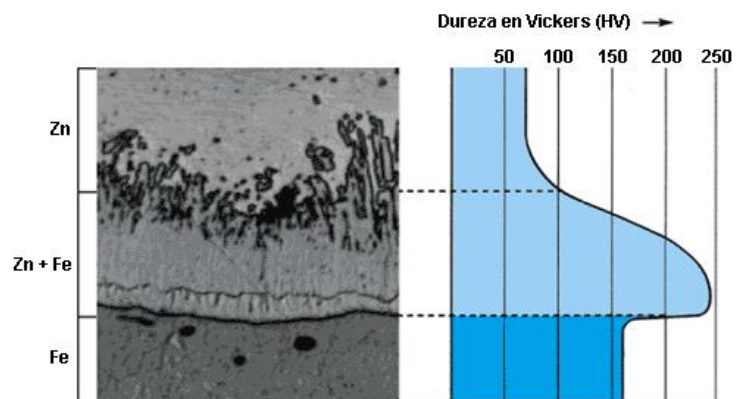


Figura 3.

Esto significa que cualquier sollicitación de impacto es absorbida normalmente por la capa externa de zinc, que se deforma, mientras que la gran dureza de las capas de aleación proporciona al recubrimiento una elevada resistencia a la abrasión y a los arañazos. Además, si por causa de un golpe fuerte se desprendiera una porción del recubrimiento, siempre quedaría adherida al acero la primera capa de aleación, la capa Gamma, que está interconectada a nivel atómico con el acero base y que seguirá proporcionando protección electroquímica al mismo.

2.3 Triple protección

La protección química es triple

El zinc, al tener un potencial electroquímico mayor que el hierro, es el primero en oxidarse sacrificándose frente al acero: mientras exista una capa de zinc, el acero no se deteriorará. Segundo, si por alguna causa (cortes, taladros, etc.) el acero se ha quedado localmente desprotegido, la capa de zinc, en presencia de aire y humedad, genera carbonatos de zinc que se acumulan en la zona desnuda del acero cubriéndola y aislándola de la humedad y del ambiente, (ver figura 4). Por último, si el tamaño de la zona desprotegida es aún mayor, la acción de protección del zinc sigue ejerciéndose como ánodo de sacrificio siendo además su velocidad de corrosión entre diez y treinta veces más lenta que la del acero.

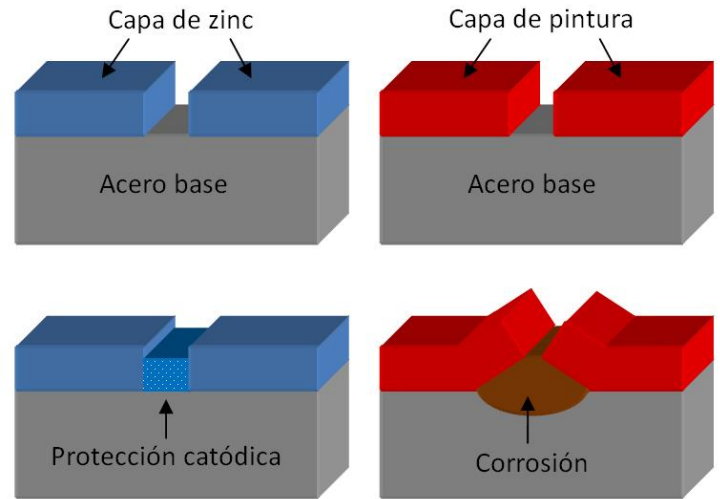


Figura 4.

Con todo ello, conseguimos que un producto galvanizado esté **protegido durante un largo período de tiempo**, que en la mayoría de los casos **sobrepasa la vida útil del producto**. La calidad del recubrimiento protector está asegurada y detallada perfectamente por numerosas normas internacionales.

2.4 ¿Dónde puede utilizarse la galvanización?

Hoy en día el acero galvanizado es utilizado por los grandes países desarrollados en una gran variedad de aplicaciones, tales como:



- Construcción y Arquitectura,
- Energía y Telecomunicaciones,
- Armaduras para hormigón,
- Señalización Vial,
- Agro-Industria,
- Transporte,
- Mobiliario Urbano,
- Arte,
- Portones,
- Deporte,
- etc.

No deben utilizarse los recubrimientos galvanizados sin protección adicional para proteger el acero que vaya a estar en las siguientes condiciones:

- En soluciones ácidas.
- En soluciones alcalinas fuertes.

Normas de Galvanizado



En **H7-CEMESA** trabajamos con las normas **ASTM A 123** (Para elementos estructurales) y **ASTM A 153** (Para herrajes y piezas pequeñas), o en su caso con las normas que nos sugiera el cliente. En la siguiente tabla se puede apreciar los espesores mínimos exigidos del recubrimiento, según sea el espesor de la pieza a galvanizar:

Estructuras Medianas-Grandes

Tipo de Material	Espesor del material					
	< 1/16" (<1.6mm)	≥1/16" a 1/8" (≥1.6 a 3.2mm)	≥1/8" a 3/16" (≥3.2 a 4.8mm)	≥3/16" a 1/4" (≥4.8 a 6.4mm)	≥ 1/4" a 5/8" (≥6.4mm a 16mm)	≥ 5/8" (≥16mm)
Platinas, Angulares, Vigas	45 μm	65 μm	75 μm	75 μm	100 μm	100 μm
Láminas	45 μm	65 μm	75 μm	75 μm	75 μm	100 μm
Barras, Varillas	45 μm	65 μm	75 μm	75 μm	75 μm	100 μm
Tubos	45 μm	45 μm	75 μm	75 μm	75 μm	75 μm

Según Tabla 1 de la Norma ASTM A123/A 123M-17

Los espesores de recubrimiento exigibles a las piezas pequeñas como clavos, tornillos, tuercas, pernos, etc., que se someten a tratamiento de centrifugación después de su extracción del baño de zinc son menores, y se indican en la tabla siguiente:

Piezas Pequeñas Centrifugadas

Tipo de Material	Valor promedio		Valor unitario	
	μm	g/m ²	μm	g/m ²
Clase A- Piezas de fundición	86	610	79	550
Clase B1- Artículos de 3/16" (4.76mm) o más y más de 15" (381mm) de largo	86	610	79	550
Clase B2- Artículos menores de 3/16" (4.76mm) y más de 15" (381mm) de largo	66	458	53	381
Clase B3- Cualquier espesor y de 15" (381mm) o menos de largo	56	397	48	336
Tornillería:				
Clase C- Ø de 3/8" (9.52mm) o más, arandelas de 3/16" y 1/4" de espesor (4.76mm y 6.35mm)	53	381	43	305
Clase D- Ø de 3/8" (9.52mm) o menor, arandelas de menos de 3/16" de espesor (4.76mm)	43	305	36	259

Según Tabla 1 de la Norma ASTM A153/A 153M-03



Grado de espesor del recubrimiento

μm	g/m ²
35	245
45	320
55	390
65	460
75	530
85	600
100	705

Según Tabla 2 de la Norma ASTM A123

Durabilidad del recubrimiento

Rendimiento contra la corrosión atmosférica

La resistencia de la galvanización contra la corrosión atmosférica depende del espesor del recubrimiento en la superficie del metal. La velocidad de corrosión del zinc se produce generalmente de forma lineal en un entorno determinado, lo cual permite estimar la vida útil del revestimiento mediante las evaluaciones de su espesor. También se puede estimar la vida útil del recubrimiento a través del cálculo de las velocidades de corrosión de una determinada categoría de corrosividad, de acuerdo con la norma ISO 9223, que se muestra en la siguiente tabla y la Figura 5.

Categoría de Corrosividad	Ambiente	Tasa media anual de corrosión del zinc (μm)	Tasa media anual de corrosión del acero al carbono (μm)
C1 Muy baja	Interior: Seco, muy baja humedad y polución. Ej: Oficinas, Casas. Exterior: Zonas secas y frías, baja humedad. Ej: algunos desiertos	< 0,1	< 1,3
C2 Baja	Interior: Condensación ocasional. Ej: Almacenes, gimnasios. Exterior: Zonas con baja polución ($\text{SO}_2 < 5\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ej: zonas desérticas	0,1 a 0,7	1,3 a 25
C3 Media	Interior: Condensación y polución moderada. Ej: Plantas procesadoras de alimentos, lavanderías, lecherías. Exterior: Urbano no marítimo y marítimo de baja salinidad, zona tropical y subtropical (SO_2 : $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $30\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,7 a 2,1	25 a 50
C4 Alta	Interior: Gran condensación y grandes niveles de polución. Ej: Piscinas, plantas químicas, etc. Exterior: Zonas industriales, zonas costeras sin niebla salina. (SO_2 : $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $90\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,1 a 4,2	50 a 80
C5 Muy alta	Interior: Alto nivel de condensación y polución. Ej: Minas, almacenas sin ventilación en zonas tropical y subtropical. Exterior: Muy alto nivel de polución (SO_2 : $90\mu\text{g}/\text{m}^3$ a $250\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ej: Zonas industriales o con elevado grado de salinidad, estructuras cercanas a las costas.	4,2 a 8,4	80 a 200
CX Extrema	Interior: Permanente condensación y extrema humedad con altos niveles de cloruros y polución en el aire. Exterior: Alta contaminación industrial, embarcaderos en contacto directo con el agua salina de las costas. (SO_2 mayor a $250\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8,4 a 25	200 a 700

Tabla según Norma ISO 9223 : 2012

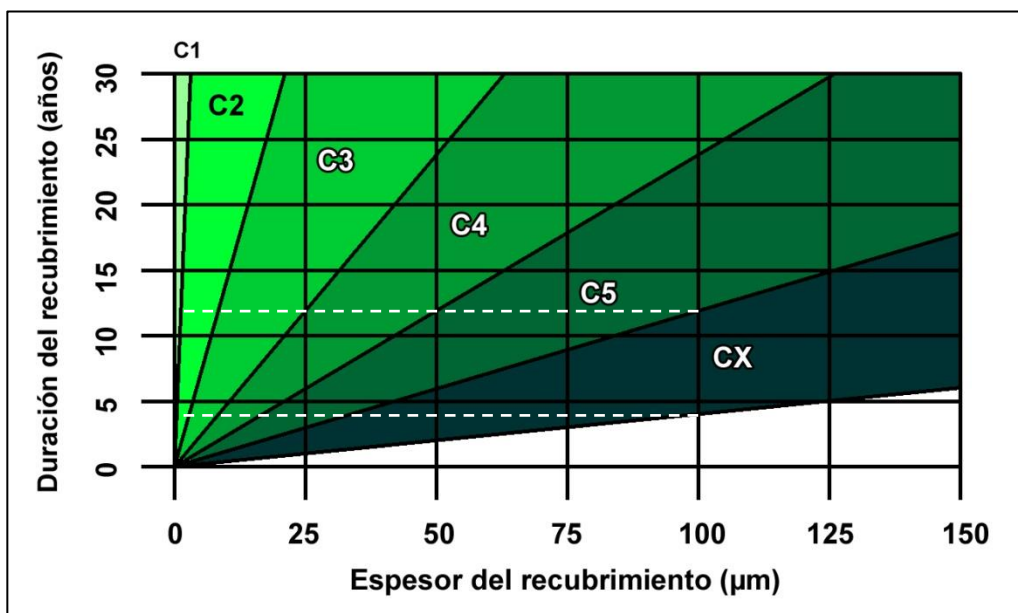


Figura 5. Duración de la capa de zinc de acuerdo al espesor y tipo de ambiente corrosivo
Ejemplo: un recubrimiento de 100 μm , dura entre 4 a 12 años en un ambiente CX

Nuestro proceso de Galvanización

5

Nuestra planta tiene la capacidad de galvanizar piezas y productos de peso y tamaños muy diversos (desde tornillería hasta ciertos elementos estructurales). La preparación superficial del material a galvanizar, se realiza por vía química. En el esquema siguiente se ilustran las principales etapas de nuestro proceso (figura 6):

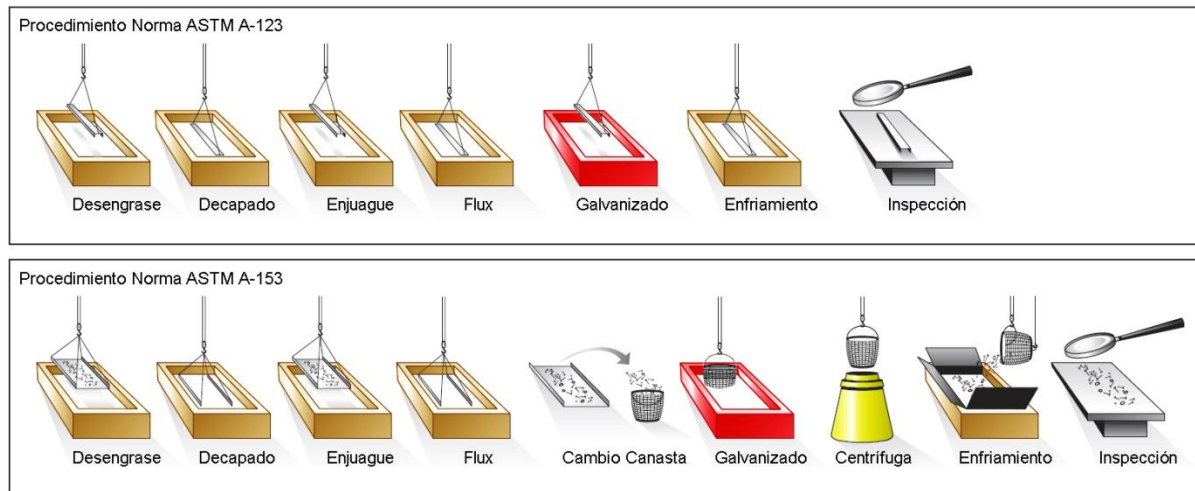


Figura 6.

Desengrase:

Este se realiza a través de soluciones químicas que sirven para eliminar la mayoría de los aceites solubles y lubricantes que se usan al fabricar las piezas.

Decapado:

Para la mayor parte de las piezas a tratar, esta es la primera operación que se realiza y, mediante ella, por tratamiento con ácidos, se eliminan las cascarillas de fabricación y el óxido que se haya formado en la pieza.

Uso de Flux:

Esta sal doble (cloruro de zinc y amonio) tiene por objeto proteger las piezas de la oxidación después de que han sido decapadas además de permitir que el zinc tenga un adecuado escurrimiento sobre el acero.

Galvanización:

Después de la limpieza, el material a ser recubierto es sumergido en un baño de zinc fundido manteniendo una temperatura alrededor de 450o C. El espesor de la capa es proporcional al tiempo de inmersión.

Inspección:

Este es el paso final del proceso y aquí los productos son revisados visualmente para asegurar la integridad del recubrimiento, asimismo el espesor de la capa es medido para verificar que este sea de acuerdo a las normas.

¿Cómo inspeccionar el acero galvanizado?

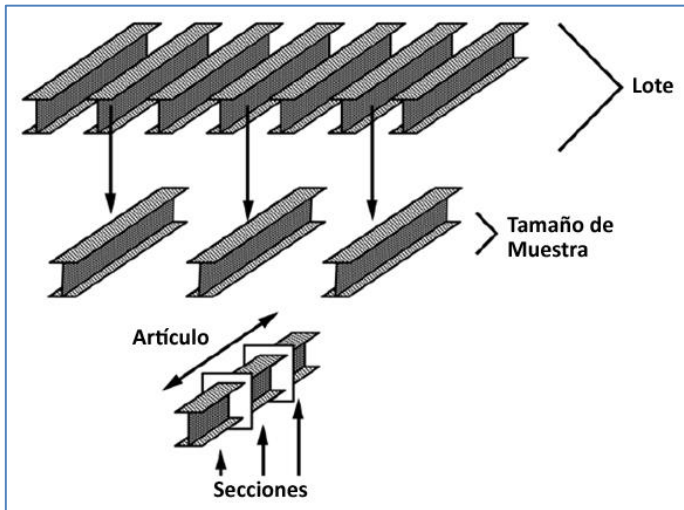
Según las Normas ASMT A123 y ASTM A153

6.1 Tamaño del Lote

Acorde al punto 7.3 de la Norma ASTM A123, se debe determinar la cantidad de muestras a inspeccionar según sea el número de piezas correspondientes al lote. TODAS las piezas seleccionadas para inspeccionar, deben ser elegidas de manera aleatoria.

Cantidad de piezas del lote	Cantidad de piezas a inspeccionar
3 o menos	Todas
4 a 500	3
501 a 1200	5
1201 a 3200	8

6.2 Inspección de artículos con superficies mayores a 1000cm² (piezas grandes)



Cuando los artículos a inspeccionar son largos y/o tienen una superficie mayor o igual a 1000cm², se debe dividir el área en 3 secciones, tal y como lo muestra la figura 7.

A cada sección se le deberán de realizar 5 mediciones dispersas, para obtener un total de 15 mediciones. El promedio total de cada artículo, debe cumplir con el recubrimiento mínimo según la tabla 1 de la Norma ASTM A123.

Figura 7.

6.3 Inspección de artículos con superficies menores a 1000cm² (piezas pequeñas)

Cuando los artículos a inspeccionar son pequeños y/o tienen una superficie menor a 1000cm², se deben realizar 5 mediciones de espesores a cada muestra y de manera dispersa, ver figura 8.

El promedio total de cada artículo, debe cumplir con el recubrimiento mínimo según la tabla 1 de la Norma ASTM A123.

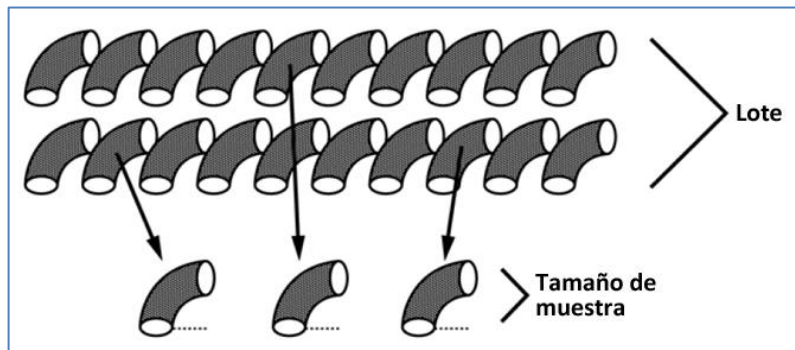


Figura 8.

6.4 Medición de espesores (Acorde con la práctica ASTM E376)

Se debe utilizar un instrumento medidor de espesores magnético para realizar las inspecciones. Posicionando con firmeza el sensor sobre la superficie que se desea muestrear.



6.5 Medición de espesores (Acorde con la práctica ASTM A90)

Cuando son piezas pequeñas (tornillería), o cuando se imposibilita realizar la inspección con el instrumento, se debe realizar la medición mediante el proceso de cálculo de diferencia de pesos (antes y después de galvanizar). Midiendo el área superficial de cada artículo y calculando los gramos por metro cuadrado acorde con la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Peso de la pieza galvanizada} - \text{Peso de la pieza sin galvanizar})}{\text{Metros cuadrados}} = \text{g/m}^2$$

Para convertir el resultado obtenido a micras (μm), se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$\mu\text{m} = (\text{g/m}^2) \div 7.067$$

6.6 Adherencia del recubrimiento



El punto 8.3 de la Norma ASTM A123 indica que la prueba de adherencia del recubrimiento se debe realizar *"...cortando o haciendo palanca con la punta de un cuchillo robusto, aplicando una presión considerable intentando remover una porción del recubrimiento..."*

"...será inadecuada si el recubrimiento se desprende exponiendo el metal base."

6.7 Apariencia y acabado final (inspección visual)

El punto 6.2 de la Norma ASTM A123 hace la siguiente referencia sobre el acabado estético de los elementos galvanizados: *"...debe ser continuo y razonablemente liso y uniforme en su espesor..."*, *"...se aceptan superficies rugosas siempre y cuando no afecte el uso final de la estructura..."*.

En el siguiente capítulo (7), se detalla con mayor claridad los distintos acabados que se pueden obtener en estructuras galvanizadas.

Apariencia y Condiciones del acabado superficial

Tipos de acabados y criterios para inspeccionar la calidad del acero galvanizado

Los recubrimientos recién galvanizados presentan normalmente un aspecto metálico brillante muy característico. Este brillo va desapareciendo con el tiempo hasta adquirir un color gris metálico mate. Este cambio se debe a la reacción entre el zinc y el aire, que da lugar a la formación de una fina capa de hidróxidos y carbonatos básicos de zinc, que se conoce como capa de pasivación y que constituye una barrera que aísla la superficie del zinc del medio ambiente. Sin embargo, en el galvanizado por inmersión en caliente, se pueden presentar también distintos acabados entre piezas y/o secciones de la misma. Dichas variaciones por lo general son causadas por las características de su propio acero, pero lo más importante, es que dichas diferencias en su aspecto, no afecta su objetivo de protección contra la corrosión. La aceptabilidad de un revestimiento debe ser enfocada especialmente en su rendimiento a largo plazo y a su resistencia a la corrosión, no necesariamente por su apariencia.

Manchas de color Gris Opaco (Aceptable):

Se desarrolla en zonas localizadas, pero se puede extender sobre toda la superficie de la pieza. Ocurre principalmente en aceros con contenido relativamente alto de silicio o fósforo, sustancias más reactivas con el zinc fundido. La figura 9 ilustra el efecto del contenido de silicio en los espesores del recubrimiento. Rara vez se da el caso de que el galvanizador disminuya ese efecto, el cual es el resultado de la composición química del acero.

Efecto del Silicio en el recubrimiento del zinc

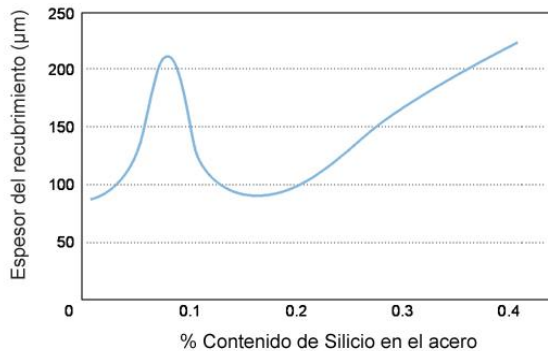
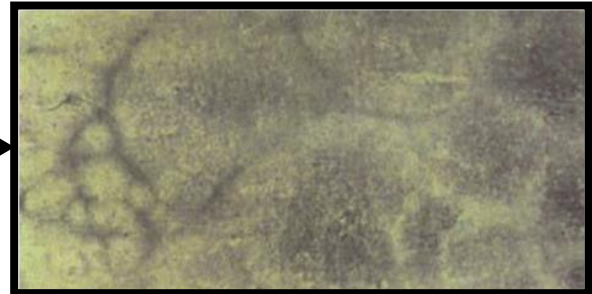


Figura 9.



Combinación de materiales (Aceptable):

Se pueden presentar piezas unidas con dos tonalidades distintas. Esto puede ocurrir al usar materiales con distintos espesores, o también a su composición química. Otra zona común donde se presenta este fenómeno, son en las zonas soldadas, ya que el contenido de silicio de la soldadura influye en la apariencia.

Velocidad de enfriamiento (Aceptable):

Secciones con acabados tanto opacos y brillantes también puede ser causado por una velocidad de enfriamiento diferente. Los bordes exteriores del producto se enfriaron rápidamente, mientras que el centro del producto se mantuvo con suficiente calor para que la reacción metalúrgica entre el zinc y el hierro continuara en el estado sólido, lo que resulta en un aspecto gris mate. Al final, con el tiempo, todo quedará de un tono gris mate.





Puntos Negros (*Rechazable*):

Áreas descubiertas o puntos negros son generalmente el resultado de procesos defectuosos y deben ser rechazadas. Las causas del problema sólo serán responsabilidad del galvanizador si hubo un tratamiento previo deficiente, excesiva temperatura de secado antes de la galvanización o piezas apoyándose unas sobre otras durante la inmersión en el baño. Puntos o áreas pequeñas pueden ser reparadas acorde a la Norma ASTM A780.

Marcas de cadena y/o alambre de amarre (*Aceptable*):

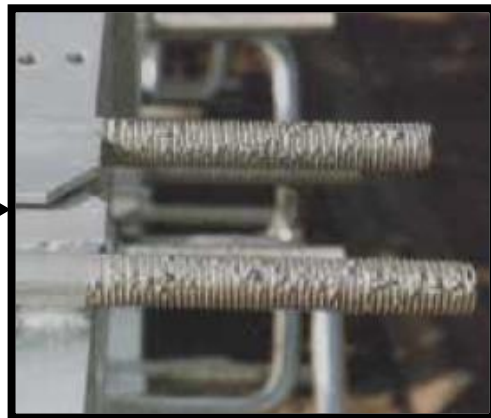
Otro tipo de defecto de la superficie se produce cuando el acero se sujeta y se transporta mediante cadenas y cables conectados a las grúas. Marcas superficiales que quedan en el recubrimiento galvanizado no son motivo para el rechazo a menos que las marcas dejen al descubierto el acero desnudo, y en tal caso, el galvanizador debe reparar las dichas áreas antes para aceptarlas.



Roscas y agujeros obstruidos (*Aceptable*):

Los agujeros tapados son causados por un drenaje inadecuado y pueden llenar parcial o completamente los agujeros con zinc. El zinc fundido no desagua fácilmente en los agujeros menores de 3/32" (3 mm) de diámetro debido a la viscosidad del metal de zinc, por lo que se debe de considerar hacer las perforaciones con el mayor diámetro posible. Agujeros obstruidos de menos de Ø1/2" (12.7mm) no son una causa para el rechazo.

Del mismo modo, los hilos obstruidos de una sección roscada en tornillos, son causados por un mal drenaje (o falta del mismo) a la hora de retirar de la caldera de galvanización. Los hilos obstruidos se pueden limpiar usando operaciones como una centrífuga o con herramientas para reparar las roscas sin quitar el recubrimiento (después de galvanizar).



Grumos **(Rechazable)**:

Son depósitos de diversos tipos, formas y dimensiones que forman parte de la capa de zinc. Los grumos se forman cuando las impurezas del baño de zinc (lodos, óxidos, plomo), se fijan en la superficie de la pieza con zinc en el momento de su retirada de la bañera.

La presencia excesiva de grumos suele ser causa de rechazo, ya que tienden a debilitar el recubrimiento.



Exceso de aluminio en galvanizado **(Rechazable)**:

De acuerdo a las especificaciones ASTM A123 y A153, la tina de galvanizado debe contener como mínimo un 98% de zinc puro, el restante 2% serán aleaciones que se quedará a criterio del galvanizador usar o no. Un aditivo muy común es el aluminio, que ayuda con el acabado brillante de la pieza, sin embargo, si no se controla su concentración en el baño, puede generar marcas negras o descubiertas. Si son zonas pequeñas pueden ser reparadas, pero si superan el área permitida, deben ser rechazadas y reprocesadas.



Descamación **(Rechazable)**:

Cuando revestimientos pesados (300 μm o más) se desarrollan durante el proceso de galvanizado, puede dar como resultado la descamación. Recubrimientos excesivamente gruesos generan altas tensiones en la interfaz del acero y hace que el recubrimiento de zinc se separe en escamas de la superficie del acero. La descamación se puede evitar reduciendo al mínimo el tiempo de inmersión en la caldera de galvanización y la refrigeración de las piezas de acero galvanizados tan rápidamente como sea posible, y / o si es posible el uso de una calidad de acero diferente. Si el área de la descamación es pequeño, se puede reparar y luego aceptar, sin embargo, si el área de la descamación es superior al permitido por las especificaciones, la pieza debe ser rechazada y regalvanizada.

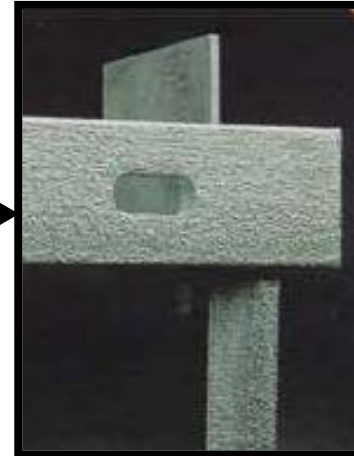


Líneas de Oxido **(Aceptable)**:

Las líneas de óxido son líneas suaves de color más claro en la superficie del acero galvanizado creado cuando un producto no se extrae de la caldera de galvanización a una velocidad constante. La tasa inconsistente de retiro puede ser debido a la forma del producto o de las condiciones de drenaje. Las líneas de óxido se desvanecerán con el tiempo y obedecen a una condición estética, no tienen ningún efecto en el comportamiento contra la corrosión, y, por lo tanto, no son una causa para el rechazo.

Superficie Rugosa *(Aceptable)*:

El recubrimiento áspero ocurre debido a la composición química de la superficie de acero o el estado superficial de la pieza. Estos factores se encuentran fuera del control del galvanizador. La rugosidad también puede ser originada en el proceso de galvanización por el exceso de extracción, la inmersión por tiempo prolongado del tanque de galvanización o la alta temperatura del zinc fundido.



“Sangrado” de Oxido *(Aceptable)*:

Aparece como una mancha de color marrón o rojo que se escapa de las juntas no selladas después de que el producto ha sido galvanizado en caliente. Es causada por los productos químicos de tratamiento previo que penetran en una junta no sellada. Durante la galvanización del producto, la humedad se evapora, pero los productos químicos de tratamiento quedan atrapados en dichas juntas, dejando residuos de cristal anhidro en la articulación. Con el tiempo, estos residuos de cristal absorben agua de la atmósfera y atacan el acero en ambas superficies de la articulación, creando el efecto de sangrado de óxido que se filtra fuera de la junta. Si se produce una hemorragia, ésta puede ser limpiada lavándola después que se hidrolizan los cristales. Este fenómeno no es responsabilidad del galvanizador y no es causa de rechazo.



Corrosión Blanca

(Ligera o Media es Aceptable, Excesiva es Rechazable):

Es el nombre dado a los depósitos blancos que se forman en la superficie de la pieza, debido al almacenamiento o transporte en condiciones de mala ventilación o humedad.

A pesar de la apariencia, la corrosión blanca no pone en peligro la capa de zinc original. En caso de duda, debe procederse a una limpieza del área afectada y verificar su espesor.

Para evitar la corrosión blanca en el almacenamiento, las piezas deben ser transportadas y almacenadas en un lugar seco y aireado.



¿Cómo soldar acero galvanizado?

Recomendaciones de la American Welding Society's [AWS]

En algunas ocasiones es necesario soldar materiales galvanizados, bien para realizar construcciones soldadas a partir de perfiles o componentes ya galvanizados o para ensamblar en obra estructuras galvanizadas.

La soldadura del acero galvanizado no difiere esencialmente de la soldadura del acero sin galvanizar. Con la mayoría de los procedimientos de soldadura pueden obtenerse uniones soldadas de buena calidad sobre materiales galvanizados, siempre que se acomoden los parámetros de soldeo a las condiciones particulares del material y se tomen en cuenta todas las recomendaciones y precauciones para el adecuado proceso.

La elevada temperatura que se alcanza en las operaciones de soldadura provoca la vaporización total o parcial del recubrimiento del zinc, además de generar vapores de óxido de zinc que puede contaminar el lecho de fusión y provocar porosidad en el cordón de soldadura. Estos humos también pueden ser dañinos para el soldador, por lo que deben seguirse las siguientes recomendaciones de la Sociedad Americana de Soldadores (AWS, American Welding Society's) con la especificación **AWS D-19.0** (Soldadura de acero recubierto con zinc).



En la figura 10 se ilustran algunos de los aspectos principales a tener en cuenta en la soldadura eléctrica por arco, sin embargo dichas recomendaciones son igualmente válidas en la soldadura MIG. No se recomienda utilizar la soldadura TIG para acero galvanizado, porque los vapores de zinc provocan una interferencia con el arco.

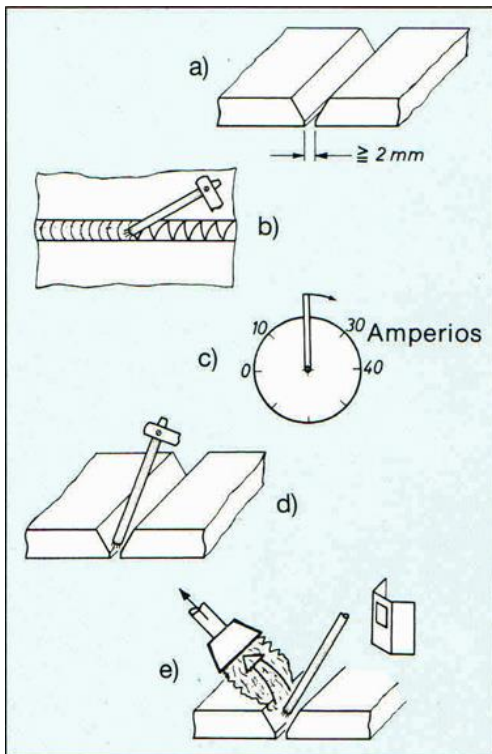


Figura 10. Recomendaciones generales

- A)** En las soldaduras a tope la separación entre bordes debe ser algo mayor que el caso de soldar acero en negro, para facilitar la salida de los gases de óxido de zinc y evitar que provoquen porosidad en el cordón.
- B)** La velocidad de soldeo también tiene una influencia decisiva sobre la calidad de las soldaduras. Es recomendable soldar más lento que en el caso del hierro negro y realizar un movimiento pendular al electrodo para favorecer la disipación de los vapores.
- C)** Los gases de óxido de zinc afectan también a la estabilidad del arco. Se recomienda, por ello, un ligero aumento de la intensidad de la corriente.
- D)** Es importante la correcta selección de los electrodos. Son preferibles los que producen escoria de solidificación lenta, con objeto de aumentar el tiempo de escape de los vapores.
- E)** Para evitar una excesiva exposición del soldador a los humos de zinc, es recomendado disponer de algún dispositivo de aspiración cerca de la zona de trabajo.

Antes de soldar, es muy importante eliminar la mayor cantidad de zinc de los bordes o áreas que van a ser soldadas. Para ello se puede quemar con soplete la zona a soldar a ambos lados de las piezas entre 2cm y 5cm de los bordes, tomando las precauciones ya indicadas en cuanto a la extracción de los humos. También se puede utilizar una pulidora para eliminar el recubrimiento de zinc de los bordes.

Una vez realizada la soldadura, **hay que restaurar la zona de acuerdo a la Norma ASTM A780, utilizando pinturas ricas en zinc**. Antes de aplicarse el recubrimiento restaurador, debe limpiarse bien la zona de soldadura de escorias y posibles restos de óxido de zinc.

Almacenamiento del Acero Galvanizado

Consideraciones importantes para el transporte y almacenaje

9.1 Almacenamiento temporal y/o Transporte de período corto

Durante el almacenamiento temporal y transporte solamente se deben de tomar en cuenta empacar los materiales de tal manera que no se golpeen en los filos o bordes, ya que es justamente es en éstas zonas donde hay mayor probabilidad de desprendimiento del recubrimiento galvanizado. Se pueden utilizar reglas de madera, plásticos o cartón para evitar los golpes entre las piezas.

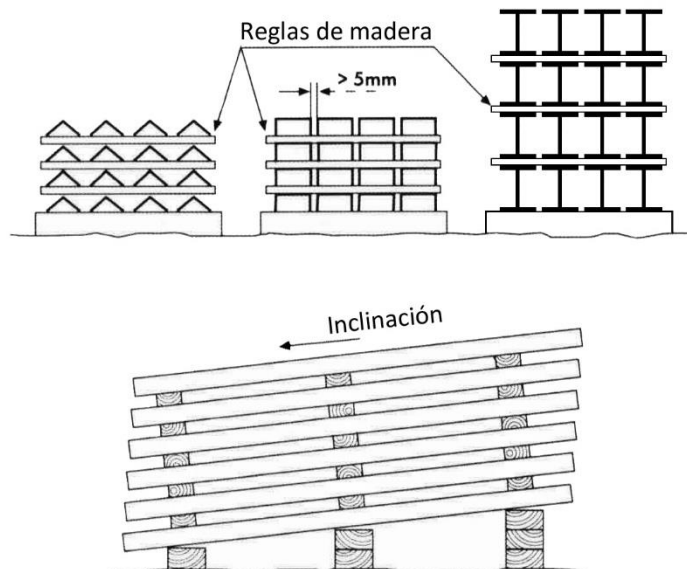
9.2 Almacenamiento general (períodos relativamente largos de almacenaje)

En el caso de tener que almacenar los materiales por períodos largos o indeterminados, es necesario tomar en cuenta varias consideraciones importantes para mantener y cuidar el recubrimiento en buen estado, y más si se van a tener los materiales almacenados expuestos a la intemperie o en condiciones con altos niveles de humedad

El principal objetivo es **evitar las manchas de “corrosión blanca”** (óxidos de zinc), provocados por humedad estancada y/o constante en las piezas.

Estas recomendaciones son aplicables para cualquier tipo de material galvanizado en caliente:

- ✓ Almacenar las piezas de tal manera que permita la circulación del aire entre las mismas piezas,
- ✓ No dejar los materiales por mucho tiempo a la intemperie en condiciones de lluvia, niebla o humedad elevada,
- ✓ Almacenar los materiales delicados bajo techo,
- ✓ No depositar las piezas sobre charcos, barro o hierba húmeda,
- ✓ Separar los materiales del suelo mediante listones de madera, al menos unos 150 mm.,
- ✓ No cubrir las piezas con lonas o telas de plástico (posible condensación).
- ✓ Utilizar separadores (madera, cerámica, etc.) para evitar el contacto directo entre las superficies galvanizadas.
- ✓ Apilar las piezas con una cierta inclinación, para favorecer el escurrido del agua.
- ✓ Proveer una ventilación adecuada en el transporte de las piezas galvanizadas durante períodos prolongados.



Galvanización y Construcción Sostenible

10

Las tecnologías del futuro se caracterizarán por ser de bajo costo en energía y por generar pocos residuos. En este contexto, el galvanizado representa una solución reciclable que reduce el consumo energético en la fabricación de las estructuras.

La presión sobre la industria mundial para que se responsabilice por las consecuencias de sus acciones sobre el medio ambiente se encuentra plenamente justificada, la cual es ejercida en gran parte gracias a la búsqueda de la sostenibilidad por parte de la sociedad.

La filosofía de la sostenibilidad es muy simple. Consiste en garantizar una mejor calidad de vida para todos los habitantes del planeta y para las generaciones venideras. Este concepto incluye además cuatro metas importantes:

- El reconocimiento de las necesidades de cada individuo por parte del progreso social,
- El mantenimiento de los niveles elevados y estables del crecimiento económico,
- La protección efectiva del medio ambiente,
- El uso prudente de los recursos naturales.

El proceso de galvanización en caliente ha tenido buenos resultados sobre la protección efectiva del medio ambiente y el uso prudente de los recursos naturales, por lo que puede ser considerado como un factor importante en la contribución sostenible de la construcción.



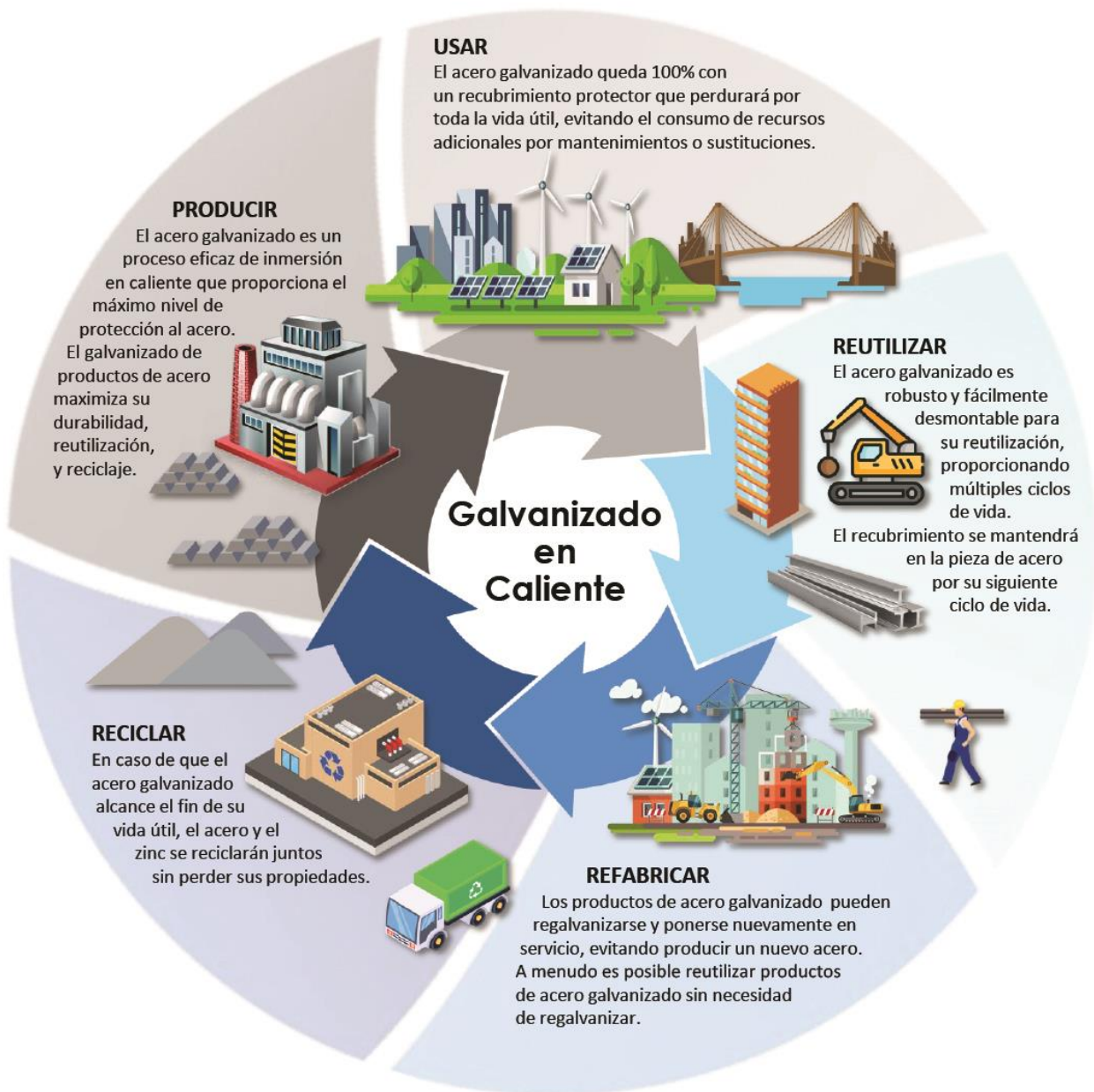
El galvanizado en caliente representa la solución que **reduce el consumo energético** en la fabricación de las estructuras.

10.1 El acero galvanizado en una economía circular

A diferencia de una economía lineal tradicional (extraer, fabricar, usar y finalmente desechar), en una economía circular, cada nuevo producto está diseñado para una máxima longevidad y reutilización futura y, al final de su vida, se convierte en un recurso potencial, en lugar de un elemento de desecho a eliminar.

La economía circular abarca más que la producción y el consumo de bienes y servicios. Su objetivo es desconectar el crecimiento económico del agotamiento de los recursos naturales.

Dados sus numerosos atributos, incluido el de ser esencial, versátil, duradero e infinitamente reciclable, el zinc contribuye a la economía circular de numerosas maneras.



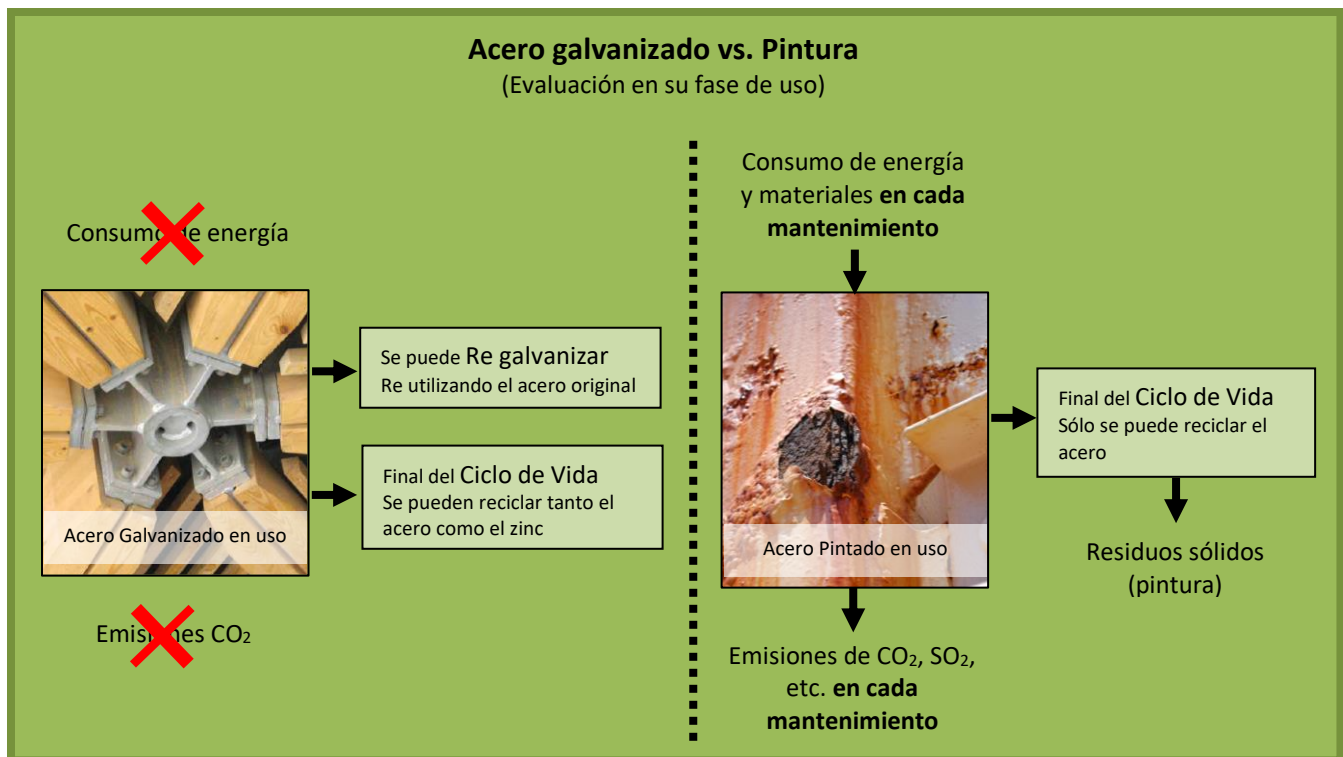
10.2 Evaluación del Ciclo de Vida



El acero galvanizado es tan esencial e importante en la sostenibilidad de los proyectos de construcción ya que no requiere de mantenimientos continuos, evitando gastos importantes y/o recursos financieros que pueden ser empleados de manera más útil en otras cosas.

El mantenimiento es a menudo un proceso peligroso en las estructuras de acero. La galvanización evita estas operaciones arriesgadas como los trabajos de mantenimiento en altura y los cierres de tráfico en puentes.

Finalmente, el mantenimiento tiene también un coste medioambiental. Se ha llegado a demostrar que los costos de energía de ciclo de vida de una estructura de acero galvanizado son significativamente menores que los de otra que tenga que ser pintada repetidamente. El 80% de las ventas de pinturas están destinadas al mantenimiento. Un estudio realizado en Alemania indicó que, **por cada 9 toneladas que se galvanicen, se ahorraría 1 tonelada de CO₂**



Otros Procesos de Galvanizado

Comparación de Normas de galvanizado por inmersión en caliente

En el mercado de los productos para la construcción, se encuentran distintos materiales de acero galvanizado (tubos y láminas), los cuales están elaborados por otras normas de galvanizado por inmersión en caliente y que varían de acuerdo al tipo de material y a su uso. A continuación, describiremos cada una de éstas normas para una mejor comparación y entendimiento de las mismas.

12.1 Galvanizado en continuo de láminas (Norma ASTM A653)

La lámina galvanizada en caliente es producida en líneas continuas de revestimiento de zinc. Las bobinas de acero laminado, son soldadas interminablemente para formar una lámina continua. Después de pasar por la etapa de limpieza y recocido, es sumergida en el baño de zinc fundido y retirada verticalmente por donde es pasada a través de “cuchillas de aire” para obtener un revestimiento limpio y con el espesor deseado. Luego del enfriamiento, enderezado y tratamiento contra el óxido de zinc, la lámina es cortada o bobinada para su distribución o posteriores pinturas y/o moldeado (perling, láminas de techo, etc.) (Ver figura 11)

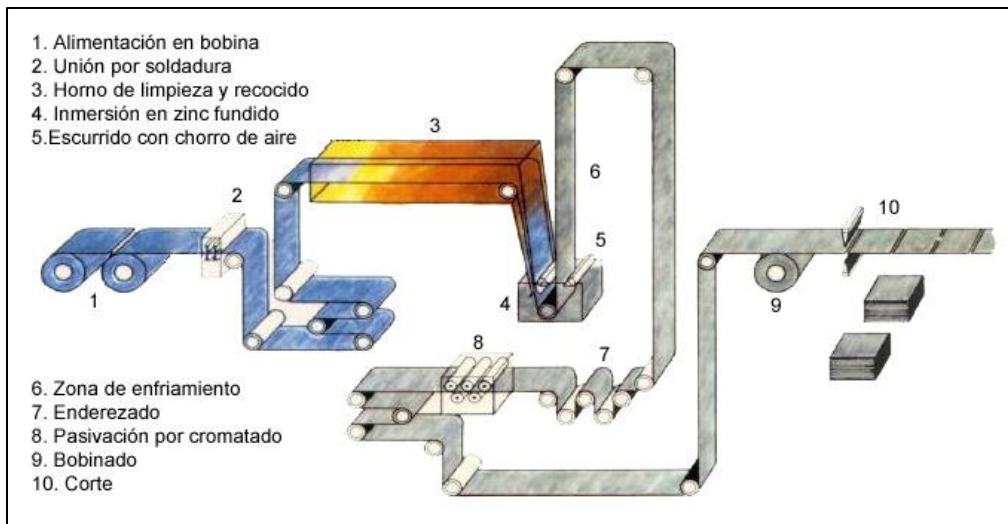
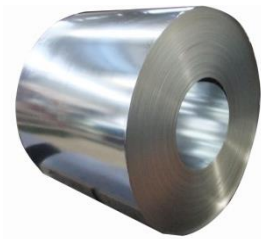
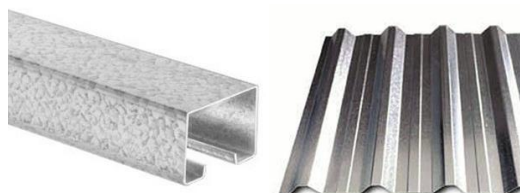


Figura 11. Diagrama del proceso de galvanizado continuo de láminas

La Norma que regula este tipo de proceso es la ASTM A653, y la misma especifica que en promedio las láminas deberán tener un espesor del recubrimiento de entre 8 a 25µm. Esto significa que tendrá una durabilidad en un ambiente altamente corrosivo de 1 a 2 años aproximadamente antes de su primer mantenimiento.



12.2 Galvanizado de tubos (proceso semiautomático) (Norma ASTM A53)

Los tubos son galvanizados por un sistema de producción automatizado mediante el cual cada unidad de tubo se sumerge en el tanque de galvanizado mediante un mecanismo de rotación continuo (figura 12). Inmediatamente después del retiro del baño de zinc, el exceso es limpiado de las superficies exteriores pasando el tubo por un anillo con aire a presión (figura 13). Por último, el interior del tubo se limpiará con un chorro de vapor a presión.

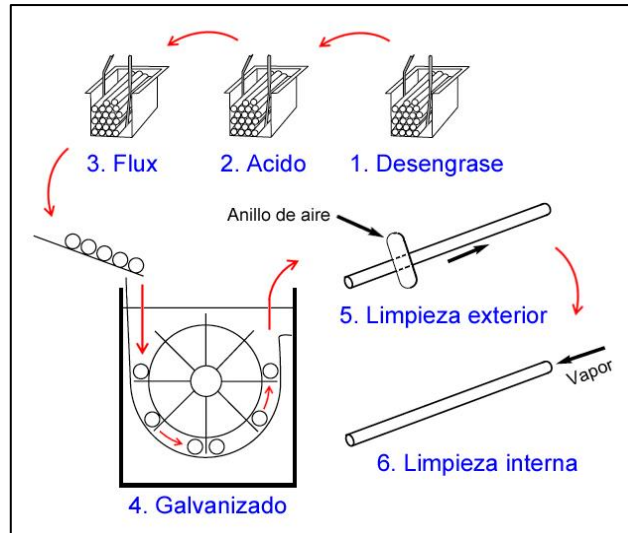


Figura 12. Diagrama del proceso semiautomático de tubos



Figura 13. Anillo de aire a presión

La norma ASTM A53 (2012) en el punto 17.2, indica que cada tubo debe tener como mínimo un recubrimiento de 400g/m² en cada lado de la superficie (interna o externa); esto equivale a un espesor mínimo promedio de 56.6µm ($\mu\text{m} = \text{g/m}^2 \div 7.067$).

12

Otros sistemas de protección mediante el Zinc

Comparación de metodologías

En la actualidad, existen varios sistemas de protección contra la corrosión del acero mediante revestimientos de zinc que por lo general se denominan “galvanizado”, pero cada uno tiene características únicas. Estas características no solo afectan la aplicabilidad, sino también la economía y el rendimiento en el ambiente. El método de aplicación, la adhesión al metal base, la dureza, la resistencia a la corrosión y el espesor de cada revestimiento de zinc varían (ver figura 14).

	Metodología				
	Galvanizado en caliente	Metalización con Zinc	Pintura de alto contenido de zinc	Galvanizado en continuo	Electro galvanizado (Electrolítico)
Método de aplicación					
Especificación	ASTM A123 , ASTM A153	AWS C2.2	SSPC-PS Guía 12.00, 22.00; SSPC-PS Pintura 20; SSPC-PS 12.01	ASTM A653	ASTM B633
Tamaño de piezas	Tornillería hasta grandes vigas (depende del tamaño del crisol)	Ilimitado	Ilimitado	Bobinas de láminas de hierro de no más 72” de ancho (1.83m)	Piezas pequeñas (depende del tamaño de las tinas)
Tiempo de curación	<1 hora	<24 horas	24 a 72 horas	<1 hora	<1 hora
Cobertura superficial	100%, bordes, esquinas e interiores. Especial en superficies planas.	Inconstante, según capacidad del operario. No recubre superficies internas.	Inconstante, según capacidad del operador. Tiende a ser delgado en bordes y esquinas. No recubre superficies internas.	100%, Controlado con cuchillo de aire.	100%
Adherencia al metal base	Aleación Metalúrgica ~3,600 psi	Mecánico ~1,500 psi	Mecánico ~400-600 psi	Aleación Metalúrgica ~3,600 psi	Mecánico ~300-500 psi

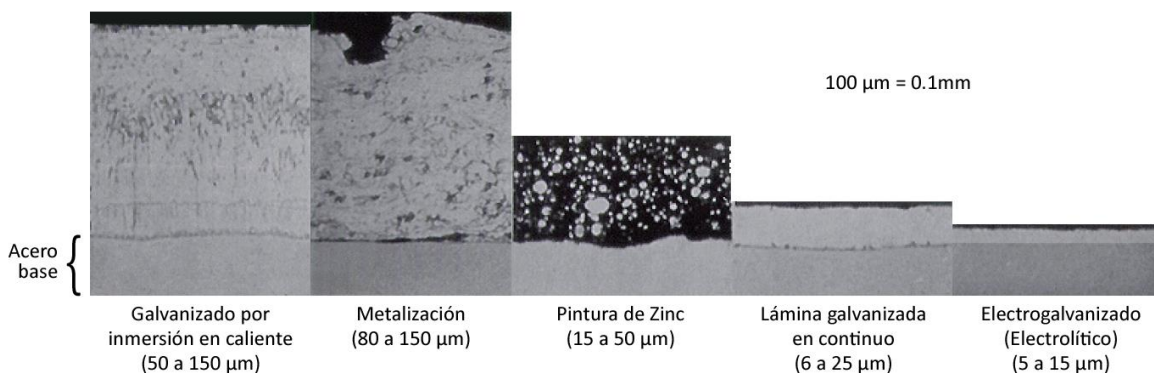


Figura 14. Espesores de los distintos recubrimientos con zinc



Galvanizado por inmersión en caliente



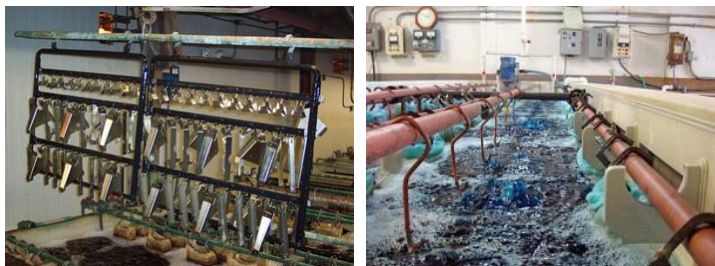
Metalizado (Zinc spray)



Pintura de Zinc (Galvanizado en frío)



Galvanizado en continuo



Electro galvanizado (electrolítico)

Preguntas frecuentes

13

1. ¿Cómo es que el Galvanizado protege al acero de la corrosión?

El Zinc utilizado en el proceso de galvanizado proporciona una barrera impermeable entre el sustrato del acero y los elementos corrosivos de la atmósfera. No permite que la humedad y los cloruros y sulfuros corrosivos ataquen el acero. El zinc funciona como ánodo de sacrificio, lo que significa que se corroe antes que el acero.

2. ¿Cuánto tiempo puedo esperar que dure mi estructura o pieza galvanizada?

El acero galvanizado por inmersión en caliente resiste muy bien la corrosión en numerosos ambientes extremos. No es de extrañar que el acero galvanizado dure más de 30 años bajo ciertas condiciones.

3. ¿Por qué la apariencia del acero galvanizado varía de un proyecto a otro o de una pieza a otra, y existe alguna diferencia en la garantía de protección contra la corrosión de acuerdo a la apariencia de los recubrimientos?

La apariencia del recubrimiento (gris mate o brillante) no afecta en nada la protección contra la corrosión. La protección va en función a la cantidad de zinc en el recubrimiento, más zinc equivale a una mayor vida útil.

4. ¿El acero galvanizado en servicio puede soportar altas temperaturas durante largos períodos de tiempo?

El acero galvanizado por inmersión, puede estar expuesto a temperaturas constantes inferiores a los 200°C sin problema alguno. No se recomienda para temperaturas mayores de los 200°C a menos que sea expuesto de forma intermitente.

5. ¿Por qué debería querer pintar sobre acero galvanizado?

Conocido como Sistema Duplex, la pintura y el zinc en combinación protegerán la estructura de 1.5 a 2.5 veces más que si fuera solamente galvanizado. Además ayudará con la belleza estética según se requiera, adicionándole color a la estructura. **Consúltenos sobre el manual para pintar acero galvanizado.**

6. ¿Y si el artículo que se va a galvanizar es más grande que las dimensiones de la caldera? ¿Puede todavía ser galvanizado?

Cuando las piezas son muy largas o no pueden ser galvanizadas en una sola inmersión por su tamaño, los galvanizadores pueden realizar el trabajo en 2 o más pasos, sumergiendo las partes que quedan expuestas sin galvanizar. A éste proceso se le conoce como “doble inmersión”.

7. ¿Hay alguna consideración especial para el diseño y fabricación de las piezas que van a ser galvanizadas en caliente?

Sí. Específicamente, el acero fabricado debe permitir el fácil flujo de los productos químicos de limpieza y zinc fundido sobre y a través de ella (partes internas). **Consúltenos sobre el manual de diseño de piezas a galvanizar.**

8. ¿El espesor del recubrimiento de zinc es consistente a lo largo de toda la pieza?

El espesor del recubrimiento depende del espesor, rugosidad, composición química, y diseño de la estructura que será galvanizada. Todos o uno de éstos factores pueden ocasionar que el espesor del recubrimiento galvanizado no sea uniforme.

9. ¿Cuánto peso aumenta mi estructura al ser galvanizada?

En promedio el peso del artículo se incrementará en alrededor de un 3.5%

10. ¿Existe alguna manera de no galvanizar ciertas áreas intencionalmente?

Sí, pero los procedimientos para ello pueden no ser 100% efectivos.

11. ¿Qué es el galvanizado en “frío”?

No existe la galvanización en frío. El término se utiliza a menudo en referencia a la pintura rica en zinc.

12. ¿Cuánto cuesta galvanizar?

El presupuesto para galvanizar dependerá del peso de las piezas, dimensiones, tipo de material (tubo, angular, platina, etc.) y de la cantidad de cada pieza.

10+1

Buenas razones para Galvanizar en Caliente

1	Larguísima Duración Un recubrimiento de 100 micras, puede durar de 12 a 25 años en un ambiente extremadamente corrosivo.		6	Resistente El recubrimiento galvanizado es muy resistente a los golpes y raspones, ya que el zinc se alea con el metal base.	
2	Libre Mantenimiento Los recubrimientos galvanizados no requieren mantenimiento, punto.		7	Se puede pintar Y además combina muy bien con el hormigón, aluminio, acero inoxidable y la madera.	
3	Económico A la larga, debido al nulo mantenimiento, le sale más barato que pintar.		8	Se puede soldar Con procedimientos estandarizados bajo normas internacionales.	
4	Versátil Se puede galvanizar desde piezas pequeñas como tornillos, hasta grandes estructuras.		9	Recubrimiento TOTAL Se cubre el 100% de la superficie de la pieza, tanto externa como internamente.	
5	Fiable El galvanizado en caliente es un proceso controlado y especificado por las Normas ASTM A123 y ASTM A153.		10	No depende del clima Las estructuras galvanizadas pueden ser instaladas sin importar las condiciones del clima.	

11

No contamina el medio ambiente

El zinc del recubrimiento es 100% natural y no daña el medio ambiente.

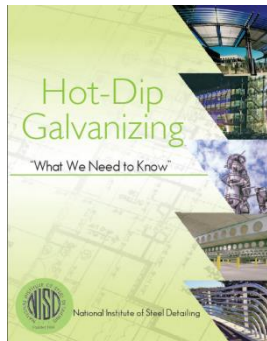
Otras Normas relacionadas con acero galvanizado

ASTM A 143	Prácticas para Protección contra la fragilización del galvanizado en caliente.
ASTM A 385	Práctica para proporcionar alta calidad de recubrimientos de zinc (por inmersión en caliente).
ASTM A 767	Especificación para galvanizado de Barras de acero para hormigón.
ASMT A 780	Práctica para Reparación de daños en los recubrimientos galvanizados.
ASTM B 6	Especificación para el Zinc
ASTM D 6386	Práctica para la preparación de la superficie galvanizada para pintarla.
ASTM E 376	Práctica para medir el espesor del recubrimiento mediante instrumento de partículas magnéticas.
AWS D-19.0	Prácticas para soldar acero galvanizado
ASTM A 653	Especificación estándar para láminas de acero galvanizado en continuo.
ASTM A 53	Especificación estándar para tubos de acero galvanizado en proceso semiautomático.

Referencias Bibliográficas:



American Galvanizers Association (AGA)
 “The Inspection of Hot-Dip Galvanized Steel Products”.
 2016
www.galvanizeit.org



National Institute of Steel Detailing and the American Galvanizers Association
 “Hot-Dip Galvanizing, What We Need to Know”
 Marzo, 2009
www.nisd.org

Otras referencias:

- Asociación Técnica Española de Galvanizadores, ATEG. www.ateg.com
- European General Galvanizers Association, EGGA. www.egga.com
- GALVANIZERS ASSOCIATION (Reino Unido). www.galvanizing.org.uk
- Hot Dip Galvanizers Association of Southern Africa, HDGASA. www.hdgasa.org.za
- Asociación Mexicana de Galvanizadores AC, AMEGAC. www.amegac.org.mx

Principales aplicaciones



Arquitectura & Ing. Civil

Fachadas de edificios, Estructuras, Cerramientos, etc.



Armaduras para hormigón

Armaduras para puentes, Muros de contención, Carreteras de concreto, etc.



Seguridad Vial

Puentes, Barreras de seguridad, Señalización, Pasos peatonales, etc.



Energía y Telecomunicaciones

Torres y Estructuras para distribución de energía y telecom.



Agro-Industria

Invernaderos, Sistemas de riego, Ganaderías, Pesca, Porquerizas, etc.



Elementos de transporte

Plataformas, Carretas, Piezas y accesorios para barcos, Chasis, cadenas, etc.



Elementos de fijación

Tuercas, Tornillería, Clavos, Accesorios de fijación, etc.



Arte & Decoración

Esculturas, Monumentos, Decoración en general, etc.



Deporte y tiempo libre

Estadios, Piscinas, Polideportivos, Parques, Sistemas de iluminación, etc.



Mobiliario Urbano

Bancas, Basureros, Estaciones de trenes y de buses, Casetillas, Postes de alumbrado, etc.



Barandas, Escaleras y Portones

Cercas, Rejas, Barandas, Escaleras, Portones, etc.

Y muchas más aplicaciones...

Llámenos
(506)2227-7743

Visítenos
www.industriash7.com

Contáctenos
info@grupoh7.com

200m sur de entrada principal de Walmart San Sebastián. San José. Costa Rica.