

PROCEDIMIENTO DE GALVANIZACION EN CALIENTE

La galvanización en caliente es uno de los sistemas más eficaces de protección del hierro y el acero frente a la corrosión que experimentan estos materiales cuando se exponen a la atmósfera, las aguas y los suelos.

Consiste en la formación de un recubrimiento de zinc sobre las piezas y productos de hierro o acero mediante inmersión de los mismos en un baño de zinc fundido a 450°C.

La reacción de galvanización solamente se produce si las superficies de los materiales están químicamente limpias, por lo que éstos deben someterse previamente a un proceso de preparación superficial.

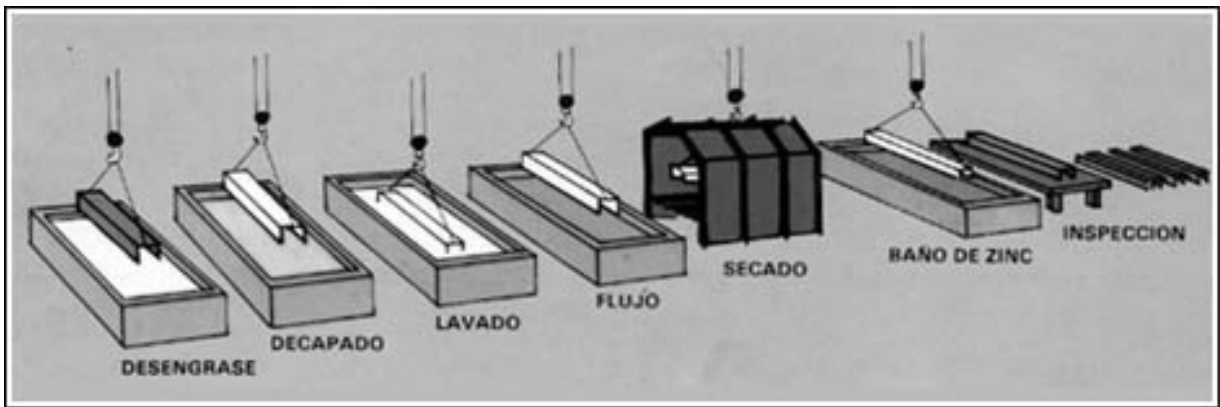
Durante la inmersión en el zinc fundido, se produce una reacción de difusión entre el zinc y el acero, que tiene como resultado la formación de diferentes capas de aleaciones zinc-hierro. Al extraer los materiales del baño de zinc, estas capas de aleación quedan cubiertas por una capa externa de zinc puro. El resultado es un recubrimiento de zinc unido metalúrgicamente al acero base mediante diferentes capas de aleaciones zinc-hierro.

Desde el punto de vista industrial se distinguen tres tipos principales de instalaciones o procedimientos de galvanización:

- Procedimientos discontinuos
- Procedimientos automáticos o semiautomáticos
- Procedimientos continuos

Instalaciones discontinuas o de galvanización general

Son aquellas en las que se galvanizan piezas y productos de peso y tamaños muy diversos (desde tornillería hasta elementos estructurales de gran tamaño), por lo que no es fácil la automatización del proceso. En este tipo de instalaciones la preparación superficial se realiza por vía química. En el esquema siguiente se ilustran las principales etapas del proceso:

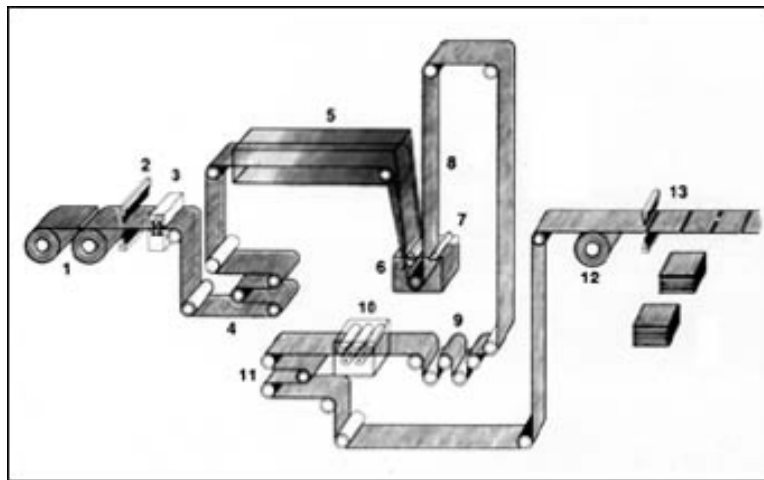


Instalaciones automáticas o semiautomáticas

Permiten la galvanización de productos en serie, tales como tubos, perfiles, accesorios de tuberías, etc.. En estas instalaciones la preparación superficial se realiza también por vía química (en algunos casos por chorreo abrasivo), y el movimiento de los materiales a través de las distintas etapas del proceso está total o parcialmente automatizado.

Instalaciones continuas

La galvanización del alambre (en carretes) y de la banda y fleje (en bobinas) se efectúa en líneas de galvanización que trabajan en continuo y en las que la preparación superficial previa a la inmersión en el baño de zinc puede realizarse por vía química (como es el caso más frecuente en el alambre) o por vía termoquímica en hornos de atmósfera apropiada, sistema más ampliamente empleado para el fleje y la banda.

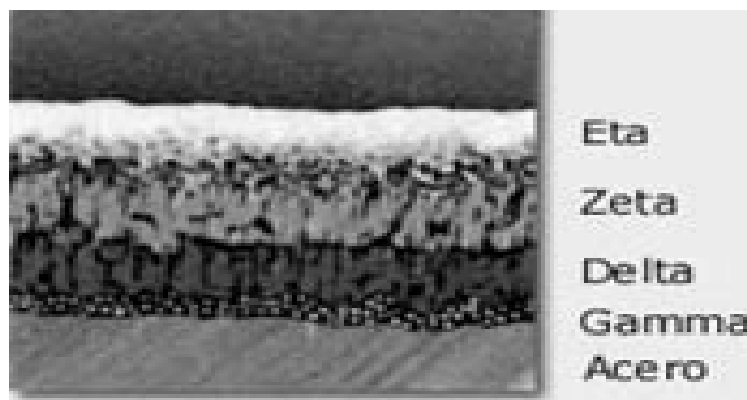


ESQUEMA DE UNA INSTALACION DE GALVANIZACION EN CONTINUO DE CHAPA.

1 Alimentación en bobina. **2** Cizallado de las colas. **3** Unión de las bibinas por soldadura. **4** Acumulador de entrada de la banda. **5** Horno de oxidación-reducción y homogeneización de la estructura. **6** Inmersión en zinc fundido. **7** Escurrido con chorro de aire o vapor. **8** Zona de enfriamiento. **9** Enderezado. **10** pasivación por cromatado. **11** Acumulador de salida de banda. **12** bobinado. **13** Cizallado.

PROPIEDADES DE LA GALVANIZACION

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.



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.

1. 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.

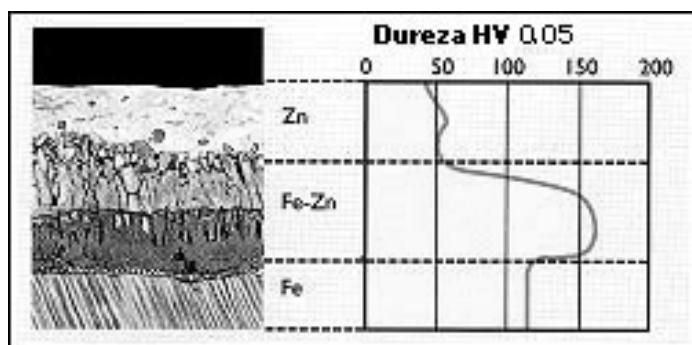


Diagrama de dureza de los recubrimientos galvanizados

2. Resistencia a la corrosión

Los recubrimientos galvanizados proporcionan al acero una protección triple.

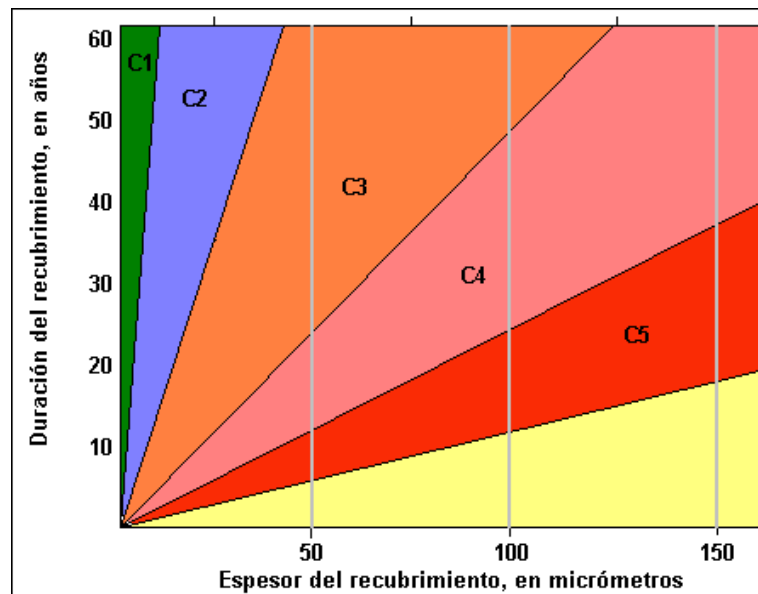
- *Protección por efecto barrera.* Aislándolo del medio ambiente agresivo.
- *Protección catódica o de sacrificio.* El zinc constituirá la parte anódica de las pilas de corrosión que puedan formarse y se irá consumiendo lentamente para proporcionar protección al acero. Mientras exista recubrimiento de 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.).

2.1. 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 (originados por actividades urbanas o industriales) y los cloruros (normalmente presentes en las zonas costeras).

El tiempo de protección frente a la oxidación, está en proporción directa al espesor del recubrimiento y en proporción inversa a la agresividad del medio ambiente en que se encuentre.

Velocidad de corrosión del zinc en diferentes atmósferas (9223 / UNE EN ISO 14713)		
Categoría de Corrosividad del ambiente	Ambiente	Pérdida media anual de espesor de zinc (μm)
C1 Muy baja	Interior: Seco	0,1
C2 Baja	Interior: Condensación ocasional Exterior: Rural en el exterior del país.	0,1 a 0,7
C3 Media	Interior: Humedad elevada y alguna contaminación del aire. Exterior: Urbano no marítimo y marítimo de baja salinidad.	0,7 a 2,1
C4 Alta	Interior: Piscinas, plantas químicas, etc. Exterior: Industrial no marítimo y urbano marítimo	2,1 a 4,2
C5 Muy alta	Exterior: Industrial muy húmedo o marítimo con elevado grado de salinidad	4,2 a 8,4



Duración de protección proporcionada por los recubrimientos galvanizados en diferentes atmósferas.

Sistemas Recomendados por la UNE EN ISO 14713:1999 para protección del acero sin mantenimiento superior a 20 años.

	C1	C2	C3	C4	C5
Perdida media demasa de Zinc (gr/m ² /año)	< 5	5-15	15-30	30-40	40-60
Sistema Protección/espesor (µm)					
Galvanización en Caliente (UNE EN ISO 1461)	25-85	45-85	85	115	150-200

2.2. 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 utilizaciones 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.

2.3. Corrosión en agua de mar

Los recubrimientos galvanizados resisten bastante bien el ataque corrosivo del agua de mar. Ello se debe a que los iones Mg y Ca presentes en este agua inhiben la acción corrosiva de los iones cloruro y favorecen la formación de capas protectoras.

3. Ventajas

Las principales ventajas de los recubrimientos galvanizados en caliente pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Duración excepcional.
- Resistencia mecánica elevada.
- Protección integral de las piezas (interior y exteriormente).
- Triple protección: barrera física, protección electroquímica y autocurado.
- Ausencia de mantenimiento.
- Fácil de pintar.

NORMAS SOBRE GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

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 española e internacional UNE EN 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.

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.

Masas y espesores mínimos de recubrimiento correspondientes en muestras sin centrifugar.

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 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:

Espesores mínimos del recubrimiento sobre piezas centrifugadas.

Diámetro o espesor de la pieza	Valor local (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Piezas roscadas:				
≥20 mm Ø	325	45	395	55
≥6 mm hasta < 20 mm Ø	250	35	325	45
< 6 mm Ø	145	20	180	25
Otras piezas (incluyendo piezas moldeadas)				
Espesor ≥3 mm	325	45	95	55
Espesor < 3 mm	250	35	325	45

Esta norma no especifica métodos de comprobación de la adherencia de los recubrimientos, por considerar que éstos son capaces de soportar normalmente una manipulación congruente con sus aplicaciones sin que se produzcan desprendimientos ni descascarillados en los mismos. En los casos necesarios, el ensayo de adherencia a utilizar será objeto de acuerdo entre el cliente y el galvanizador.

Recubrimientos sobre tubos

La norma que especifica los requisitos y los ensayos relativos a los recubrimientos galvanizados en caliente sobre los tubos de acero aplicados en plantas automáticas es la UNE-EN 10.240:1997.

Esta norma contempla las siguientes calidades de recubrimiento:

A.1, A.2 y A.3 para instalaciones de gas y agua

B.1, B.2 y B.3 para otras aplicaciones

Espesores locales mínimos del recubrimiento de los tubos.

	Calidad de Recubrimiento					
	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	B.3
Superficie interior	55 µm	55 µm	45 µm	(1)	(1)	(1)
Cordón interior de soldadura	28 µm	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
Superficie exterior	(1)	(1)	(1)	55 µm	40 µm	25 µm

(1) No especificado

La Calidad A.1 tiene además exigencias de composición química, por tratarse de recubrimientos destinados a estar en contacto con agua potable. Opcionalmente puede extenderse esta exigencia a las calidades A.2 y A.3.

Recubrimientos sobre chapas y bandas

Los recubrimientos obtenidos por galvanización en continuo de bandas vienen especificados en las siguientes normas:

- **UNE 36130 2R:1991 y UNE 36130/1ªM:1996.** "Bandas (chapas y bobinas) de acero bajo en carbono, galvanizadas en continuo por inmersión en caliente para conformado en frío. Condiciones técnicas de suministro".
- **UNE 36137 1R:1992 y UNE 36137/1ªM:1996.** "Bandas (chapas y bobinas) de acero de construcción, galvanizadas en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro".

Estas normas contemplan los posibles espesores de recubrimiento sobre las chapas y bobinas que se indican en la tabla (expresados en masa del recubrimiento de zinc por ambas caras de la chapa por unidad de superficie de la misma). Sin embargo, no todos estos espesores de recubrimiento están disponibles en todos los tipos de acero y espesores de chapa en que se fabrican las bandas.

Tipo de recubrimiento	Masa mínima de recubrimiento, en g/m ² ambas caras	
	Ensayo de muestra simple	Ensayo de triple muestra
100	85	100
140	120	140
200	170	200
225	195	225
275	235	275
350	300	350
450	385	450
600	510	600

Estas normas especifican igualmente ensayos de adherencia del recubrimiento, basados en pruebas de doblado sobre mandril de diámetro variable en función del espesor del recubrimiento y de la calidad del acero base.

Estas chapas y bobinas pueden suministrarse también con recubrimientos de aleación hierro-zinc (ZF) y con distintos aspectos y acabados (estrella normal (N), estrella mínima (M), acabado ordinario (A), acabado mejorado (B), acabado superior(C)).

Recubrimientos sobre alambres

Los recubrimientos sobre alambres galvanizados en continuo, sus condiciones de suministro y métodos de ensayo vienen especificados en las siguientes normas:

- **UNE EN 10218-1.** "Alambres y productos trefilados en acero. Generalidades. Parte 1. Métodos de ensayo".

- pr UNE 37-506-00. "Recubrimientos de galvanización en caliente, de calidad comercial, sobre alambres de acero. Características generales. Designación de calidades".
- pr EN 10244-2. "Steel wire and wire products - Non - ferrous metallic coatings on steel wire. Part2: Zinc or zinc alloy coatings on steel wire".
- EN 10257-1. "Zinc or zinc alloy coated non alloy steel wire for armouring either power cables on telecommunications cables – Part 1: hand cables".
- EN 10257-2. "Zinc or zinc alloy coated steel wire for armouring either power cables or telecommunications cables – Part 2: Submarine cables".

Otras especificaciones de interés relacionadas con los recubrimientos y productos galvanizados:

- UNE 37-501-88. Galvanización en caliente. Características y métodos de ensayo.
- UNE 37-505-89. Tubos de acero galvanizados en caliente. Características. Métodos de ensayo.
- UNE 37-507-88. Recubrimientos galvanizados en caliente de tornillería y otros elementos de fijación.
- UNE 37-509-89. Instalaciones de fontanería realizadas con tubo de acero galvanizado. Recomendaciones para la prevención de la corrosión prematura.
- UNE 19.047-85. Tubos de acero soldados y galvanizados para instalaciones interiores de agua fría y caliente.
- UNE EN ISO 14713. Protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de zinc y aluminio – Directrices (ISO 14713:1999).

Fdo. Joaquin Villalba Pascual
Ingeniero Superior Industrial Colegiado N° 2703-CV
Gerente Parkings y Marquesinas SL (PARMAR)