



LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

Autor: María E. Flórez y José L. Ruiz
Departamento Técnico, Asociación Técnica Española de Galvanización

DESCRIPCIÓN

Este artículo tiene como objetivo en primer lugar aclarar los conceptos relacionados con los procedimientos más habituales de protección del acero frente a la corrosión mediante zinc, dado que de este conocimiento depende la correcta selección del sistema adecuado que permita asegurar la durabilidad requerida de la protección en cada caso.

En una segunda parte se profundiza sobre los recubrimientos obtenidos mediante galvanización en caliente, destacando algunas de sus propiedades más relevantes, para finalizar resaltando la contribución, como consecuencia de estas mismas propiedades, de la galvanización en caliente al desarrollo sostenible y a la economía de las construcciones en acero.

La galvanización en caliente, sistema eficaz de protección de los elementos de acero frente a la corrosión

Desde el último tercio del pasado siglo hasta la actualidad se han producido numerosos e importantes avances en las tecnologías de producción de los aceros y en la mejora de sus propiedades, que han impulsado y diversificado sus utilidades hasta hacer del acero el material sin el que no podría concebirse la civilización moderna. Las claves de este éxito son sin duda la elevada resistencia mecánica de este material, su facilidad de conformación y su coste relativamente bajo.

Pero el acero, que se obtiene de minerales constituidos por compuestos químicos complejos, es un material termodinámicamente inestable en el medio ambiente natural y tiende a recuperar su estado inicial combinado, mediante reacción con ciertos elementos agresivos que se encuentran en la atmósfera y el agua, principalmente oxígeno, sales y ácidos. Este proceso de combinación de los metales con el medio ambiente es lo que constituye el fenómeno de la corrosión, que conduce inexorablemente a su destrucción.

Se han desarrollado muy diversos métodos para impedir o retardar el fenómeno de la corrosión del acero, con diferente grado de eficacia. Estos métodos consisten fundamentalmente en la adición de algún elemento aleante que facilite su pasivación o en la aplicación de un revestimiento. En definitiva, en disponer una barrera aislante entre el metal y los elementos agresivos del medio ambiente circundante.

1. El zinc como metal protector:

La protección catódica, diferencia fundamental respecto a otros revestimientos barrera.

Dos invenciones, ya antiguas, han sido la base de un procedimiento de protección del acero frente a la corrosión de notable eficacia, cuya utilización y tecnología no ha dejado de desarrollarse en el transcurso de los años. Fue en 1742, cuando el químico francés Malouin demostró que la inmersión del acero en zinc fundido proporcionaba un recubrimiento protector de la corrosión de gran eficacia. Los posteriores desarrollos de Stanislaus Sorel y la puesta a punto en 1836 de un procedimiento económico para decapar el acero abrieron la puerta a la utilización industrial de este nuevo procedimiento de protección del acero: **la galvanización en caliente**. Fue el propio Sorel quien puso de manifiesto el efecto de "protección galvánica", que proporcionan estos recubrimientos de zinc. Había descubierto la protección catódica o de sacrificio. Por este motivo empleó el término "galvanisation" en su patente francesa presentada en Julio de 1837.

Hoy día sabemos que la corrosión de la mayoría de los metales en el medio ambiente es un fenómeno de naturaleza electroquímica, que necesita de humedad y oxígeno para que pueda desarrollarse. Una medida de la tendencia a la corrosión de los metales es su "potencial normal" y la ordenación de los metales de conformidad con sus potenciales normales constituye la **serie galvánica** de los metales que se muestra de forma simplificada en la Figura 1. Los metales situados por encima del hierro en esta tabla, como es el caso del zinc, se denominan anódicos con respecto al hierro. Esto significa que puestos en contacto con el hierro, constituirán el ánodo de la pila de corrosión que puede formarse en presencia de humedad y oxígeno y será en este ánodo en donde se experimente la oxidación, mientras que el hierro, que constituirá la parte catódica de dicha pila, permanecerá inalterado. Este es el fundamento de la **protección catódica o de sacrificio**.

LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

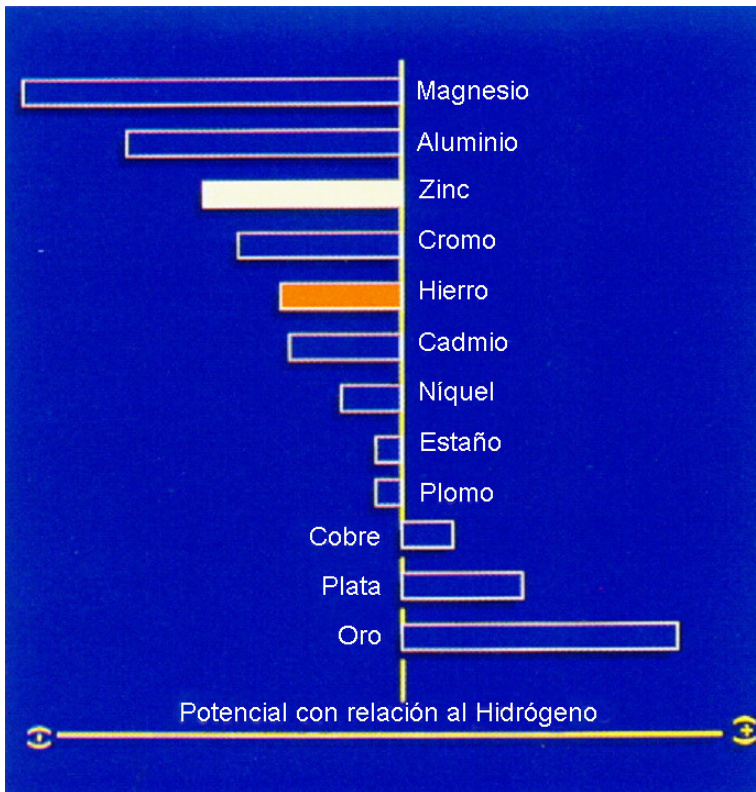


Figura 1:
Serie de potenciales electroquímicos de los metales (metales clasificados según su potencial normal).

Los recubrimientos de zinc ejercen una activa protección catódica sobre las piezas y elementos de hierro y acero sobre los que se aplican, pudiéndose asegurar que mientras exista zinc remanente sobre la superficie de dichas piezas el acero base de las mismas permanecerá inalterado.

Por otra parte, los recubrimientos de zinc proporcionan al acero una protección de tipo barrera muy eficaz, debido a que con la humedad y el anhídrido carbónico del aire el zinc forma sobre su superficie una capa de pasivación autoprotectora de carbonatos básicos de zinc muy insoluble, compacta y adherente y que es la causa de que la velocidad de corrosión del zinc sea de 10 a 30 veces inferior a la del acero.

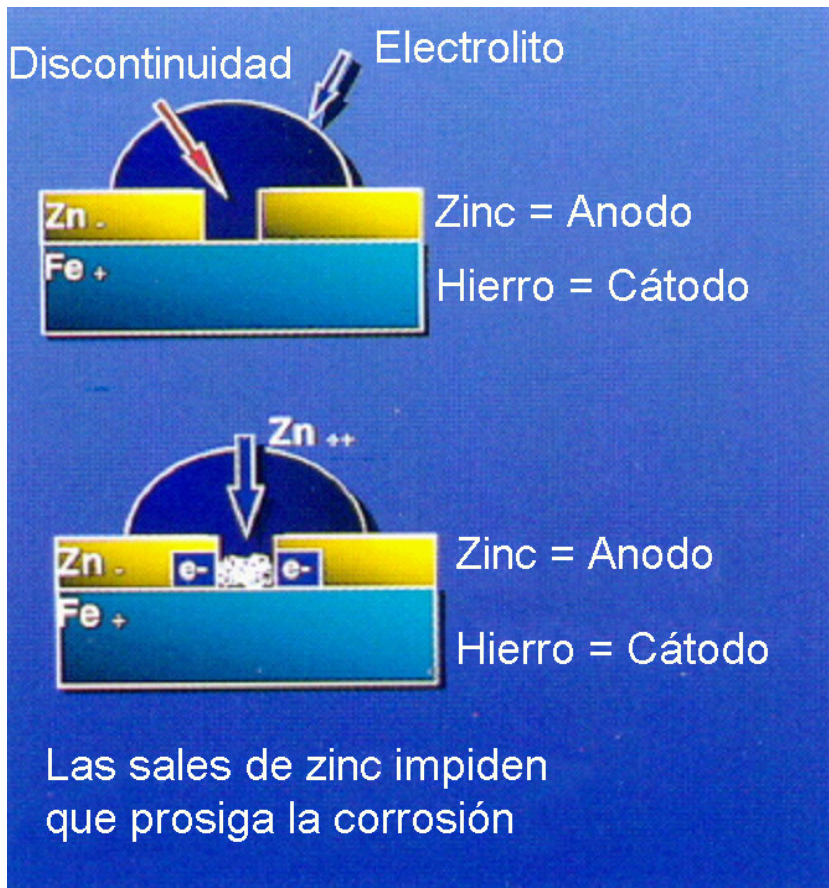
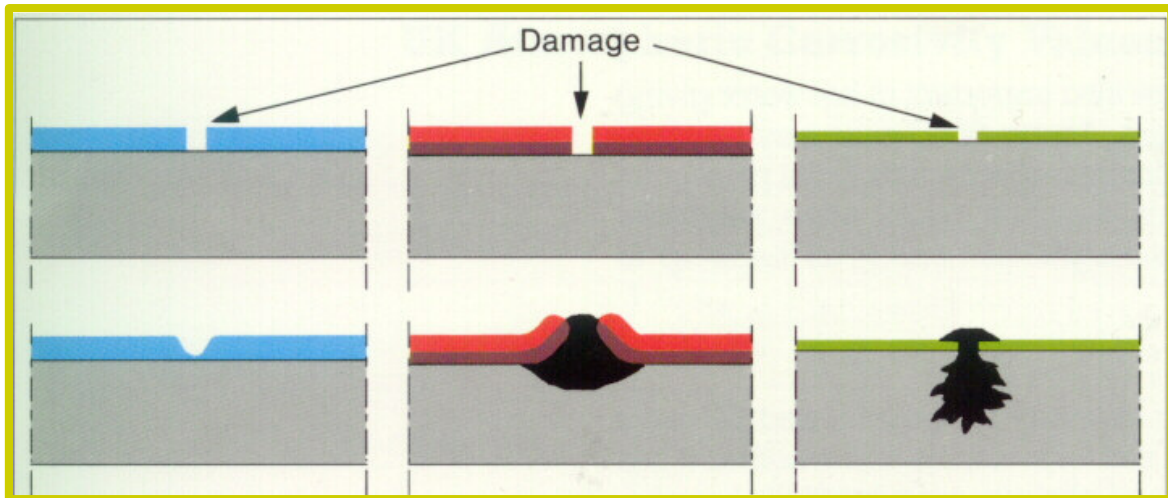


Figura 2:
Protección catódica del zinc sobre el acero de base.

Debido al efecto de protección catódica, en las piezas de acero protegidas con recubrimientos de zinc, no se oxidan las pequeñas zonas desnudas del recubrimiento que puedan producirse como consecuencia de golpes o rozaduras durante el transporte o montaje de las piezas (véase Figura 2). Estas zonas desnudas sí son motivo de preocupación y deben restaurarse en el caso de los recubrimientos que protegen únicamente por efecto barrera, como es el caso de la mayoría de las pinturas. Mayor atención debe prestarse todavía a los defectos que se produzcan en los recubrimientos de metales más nobles que el acero (situados por debajo del hierro en la serie galvánica de los metales), puesto que en las zonas desnudas de estos recubrimientos se focalizará la corrosión del acero con una intensidad mucho mayor que si éste estuviera sin proteger, tomando frecuentemente en este caso forma de corrosión por picaduras que pueden afectar a la integridad estructural del material (véase Figura 3).



Recubrimiento de zinc:

se produce una pila hierro-zinc en presencia de humedad. Los productos de corrosión del zinc protegen la superficie del acero desnuda y no se produce corrosión del acero.

Recubrimiento de pintura:

el acero se oxida en la zona de discontinuidad de la pintura. La oxidación se propaga bajo la película de pintura y va levantando ésta. Si no se repara este daño, la corrosión del acero continúa.

Recubrimiento de un metal más noble

(por ejemplo níquel, estaño o cobre): en el punto de discontinuidad se produce una corrosión del acero más rápida que si éste no estuviera recubierto. La corrosión toma a menudo forma de corrosión por picadura.

Figura 3:

Ilustración esquemática de las consecuencias de una discontinuidad en distintos recubrimientos aplicados sobre el acero.

2. Distintas formas de proteger con zinc:

Características y especificación de los distintos sistemas.

Con demasiada frecuencia se utiliza el término "galvanización" o "galvanizado" para designar (de manera genérica) a los diferentes procesos o recubrimientos que utilizan el zinc como fundamento de la protección, sin tener en cuenta que existen diferencias muy sensibles entre ellos que afectan a los sistemas de aplicación, características tecnológicas, capacidad de protección y ámbitos de utilización.

De este modo, el uso de los términos "galvanización" o "galvanizado" por sí solos en especificaciones es incompleto y por tanto, insuficiente. Con ellos solo se indica que debe aplicarse sobre el acero un recubrimiento de zinc. El procedimiento de aplicación, el espesor del recubrimiento y, por ello también, la vida útil del mismo quedan de este modo sin definir. Y es que para todos los recubrimientos de zinc, **la duración de la protección que proporcionan a los elementos de acero es directamente proporcional a la masa de zinc (o al espesor) de dicho recubrimiento**, siendo esta la característica más importante a tener en cuenta al seleccionar el sistema, con el fin de asegurar que se alcanzará la vida útil requerida.

Otra importante característica que solamente poseen algunos de estos recubrimientos de zinc es su combinación con el acero base para formar capas intermedias de aleaciones zinc-hierro, que tienen un papel determinante en la mejora de las propiedades mecánicas, como son la adherencia, la resistencia a los golpes y la resistencia a la abrasión.

En la Tabla 1 se comparan las características fundamentales de los distintos recubrimientos de zinc obtenidos por los procesos más habituales (galvanización en caliente, zincado electrolítico, metalización con zinc, recubrimientos con polvo de zinc y pinturas ricas en zinc). Dejando de momento a un lado el procedimiento de galvanización en caliente que desarrollaremos posteriormente con mayor amplitud, he aquí una breve descripción de los restantes procedimientos expuestos:

Tabla 1: Procedimientos de protección del acero mediante zinc; características de los recubrimientos obtenidos y normativa aplicable.

Procedimientos, normativa aplicable	Espesor normal del recubrimiento o (μm)	Aleación con el acero de base	Proceso de obtención
Galvanización en caliente			
1. En discontinuo: UNE EN ISO 1461 (Piezas y artículos diversos) UNE 37-507 (Tornillería) UNE 37-505 (Tubos) UNE EN 10240 (Tubos en plantas automáticas)	45 – 200 20 – 60 50 – 100	Sí Sí Sí	Inmersión en un baño de zinc fundido
2. En continuo: UNE EN 10142 (Chapa galvanizada para conformación en frío) UNE EN 10147 (Chapa Galvanizada de acero de construcción) UNE EN 10244-2 y UNE 112077 (Alambres)	20 – 40 20 – 40 5 – 30	Sí Sí Sí	Paso en continuo a través de zinc fundido

RECUBRIMIENTOS Y TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

TEMAS MONOGRÁFICOS



LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

Zincado electrolítico 1. En discontinuo: UNE EN 12329 2. En continuo: PNE-Pr EN 10152	5 – 25	No	Depósito de zinc mediante electrólisis de disoluciones acuosas de sales de zinc
	2,5 – 10	No	
Metalización con zinc UNE EN 22063	80 – 150	No	Proyección de zinc fundido con pistola
Recubrimientos con polvo de zinc 1. Sherardización: prEN 13811 2. Depósito mecánico (“Mechanical Plating”): prEN ISO 12683	15 – 45	Sí	Difusión sólida de polvo de zinc en el acero por debajo de la temperatura de fusión del zinc
	6 – 107	No	Depósito en medio acuoso de polvo de zinc en el acero con ayuda de impactos mecánicos
Pinturas ricas en zinc ISO 3549 (Zinc en polvo)	Delgada: 10 – 20 Normal: 40 – 80 Gruesa: 60 – 120	No	Aplicación con brocha, rodillo, por pistola o inmersión

Como las normas se revisan o modifican regularmente, es recomendable hacer referencia en cualquier especificación a las versiones más recientes de las mismas.

2.1.- Zincado electrolítico (o electrozincado)

En el zincado electrolítico, se depositan unos recubrimientos de zinc por electrólisis de sales de zinc en disolución acuosa con ayuda de una corriente continua. El espesor de los recubrimientos electrolíticos de zinc es sensiblemente inferior al de los correspondientes recubrimientos de galvanización en caliente, por lo que no suelen ser adecuados para exposición a la intemperie o en aplicaciones en las que se exija una cierta duración en servicio, a no ser que se protejan adicionalmente mediante pintura para prolongar su vida útil. Su adherencia al sustrato de acero es buena y su aspecto superficial liso y brillante. Norma de referencia: UNE EN 12329.

2.2.- Metalización con zinc (o proyección térmica de zinc)

Proceso en el que el zinc, en forma de alambre o polvo, alimenta a una pistola de proyección en la que es fundido mediante un arco eléctrico o llama de oxígeno y combustible, y se proyecta sobre la superficie del sustrato con ayuda de un gas pulverizador. La superficie a metalizar debe haber sido limpiada recientemente mediante chorreo abrasivo para conseguir una aceptable unión mecánica. Aunque pueden obtenerse recubrimientos gruesos, la uniformidad de los mismos depende mucho de la habilidad del operario y de la geometría de la pieza. Como los recubrimientos tienen cierta porosidad, se recomienda aplicar posteriormente sobre los mismos barnices sellantes. Norma de referencia: UNE EN 22063.

2.3.- Recubrimientos con polvo de zinc

2.3.1.- Sherardización

La sherardización es un proceso de difusión en fase sólida, en el cual las piezas pequeñas se tratan en tambores giratorios con una mezcla de polvo de zinc, sílice y/o carborundo, a temperaturas entre 380°C y 400°C. En estas condiciones se forman capas de aleaciones zinc-hierro sobre la superficie del acero con espesores variables que dependen de la temperatura y de la duración del tratamiento. Los recubrimientos así obtenidos son similares a los de la galvanización en caliente, aunque generalmente de menor espesor y no presentan la capa externa de zinc puro. Son muy resistentes a la abrasión. Norma de referencia: pr EN 13811.

2.3.2.- Depósito mecánico de zinc

Procedimiento aplicable solamente a piezas pequeñas de forma similar a la sherardización. Las piezas que van a ser recubiertas se someten primero a un pretratamiento y luego se hacen girar en un tambor junto con una mezcla de polvo de zinc, bolitas de vidrio, agua y productos químicos. Las bolitas de vidrio provocan el depósito de zinc cuando impactan sobre la superficie de las piezas como resultado del movimiento de rotación del tambor, generando un recubrimiento muy uniforme. Se pueden especificar nueve tipos de recubrimientos, con espesores comprendidos entre 6 y 107 μm , con una densidad un 25% menor que la de los recubrimientos obtenidos mediante galvanización en caliente. Norma de referencia: pr EN 12683.

2.4.- Pinturas ricas en zinc

Se trata de pinturas que contienen un elevado porcentaje de zinc metálico en la película de pintura seca (80 - 90%), que pueden aplicarse con brocha, rodillo o pistola sobre la superficie del acero, previamente preparada preferentemente por chorreo abrasivo. A veces se denomina erróneamente

“galvanizado en frío”. Sin embargo, no hay reacción metalúrgica entre el zinc y el acero base y no se forman por tanto capas de aleación. Su consistencia y espesor dependen del operario. Una de sus aplicaciones más comunes es para la restauración de las zonas dañadas (por ejemplo por la soldadura) de los recubrimientos obtenidos mediante galvanización en caliente.

Entre los recubrimientos de zinc comparados, en el resto del artículo nos centramos en los obtenidos mediante **galvanización en caliente**, dado que por sus espesores y por las capas de aleaciones zinc-hierro que los constituyen, ofrecen las mejores propiedades conjuntas de durabilidad, resistencia mecánica y economía para la protección de los elementos de acero en las condiciones más exigentes.

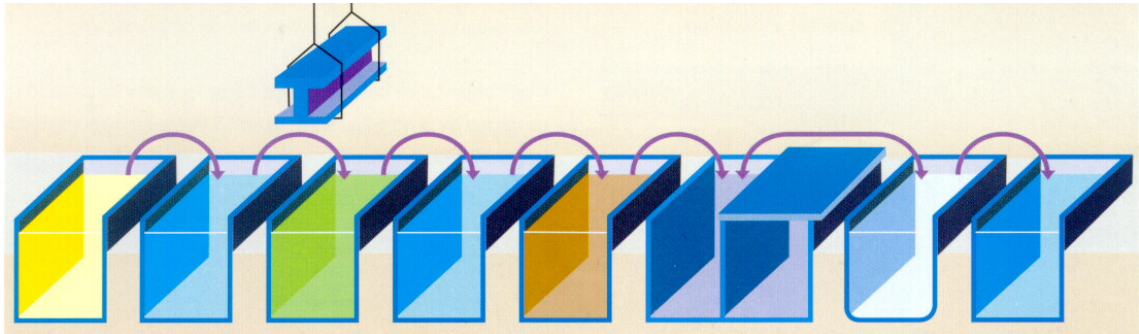
3. Galvanización en Caliente

La galvanización en caliente consiste en esencia en sumergir las piezas o elementos de hierro o acero a proteger en un baño de zinc fundido, mantenido a una temperatura de 450°C, aproximadamente. A esta temperatura tiene lugar un proceso de difusión del zinc en el acero que da lugar a la formación de aleaciones de zinc-hierro sobre la superficie de las piezas. Por razón de las diferencias en los procesos y de las características tecnológicas de los recubrimientos que se obtienen en los mismos, se distingue normalmente entre los siguientes procedimientos:

- Galvanización en caliente por procedimiento discontinuo (conocido comúnmente como galvanización general), aplicable a toda clase de piezas, artículos y construcciones fabricadas con hierro y acero.
- Galvanización en caliente por procedimiento continuo, aplicable a chapas de acero (de hasta 3 mm de espesor) y alambres de hierro y acero de prácticamente cualquier diámetro.

3.1.- Galvanización en caliente por procedimiento discontinuo

En este procedimiento las piezas a proteger se someten, previamente a la inmersión en el baño de zinc fundido, a un proceso exhaustivo de limpieza química, que incluye las fases de desengrase (normalmente alcalino), decapado (en ácido clorhídrico), fluxado en baño de sales (cloruro de zinc y cloruro amónico) y secado. En la Figura 4 se muestra un esquema de este proceso.



Desengrase Lavado Decapado Lavado Baño de sales Estufa de secado Baño de zinc Enfriamiento agua

Figura 4:
Galvanización en caliente por procedimiento discontinuo o "galvanización general".
Esquema del proceso.

Los recubrimientos que se obtienen por este procedimiento están compuestos por tres capas principales de aleaciones zinc-hierro, que se diferencian por su distinta estructura cristalográfica y distinto contenido en hierro, y una capa externa de zinc puro (véase Figura 5). El espesor de estos recubrimientos depende del espesor y de la composición del acero base, pudiendo estar comprendidos entre 45 μm , en el caso de piezas de acero con espesor inferior a 1,5 mm, hasta más de 200 μm en elementos de acero de espesor grueso ($\geq 6,0$ mm). La norma UNE EN ISO 1461 especifica las propiedades generales y los métodos de ensayo de este tipo de recubrimientos galvanizados en caliente. En ella se establecen los espesores mínimos permitidos a estos recubrimientos en función del espesor del acero base de las piezas (véase Tabla 2).

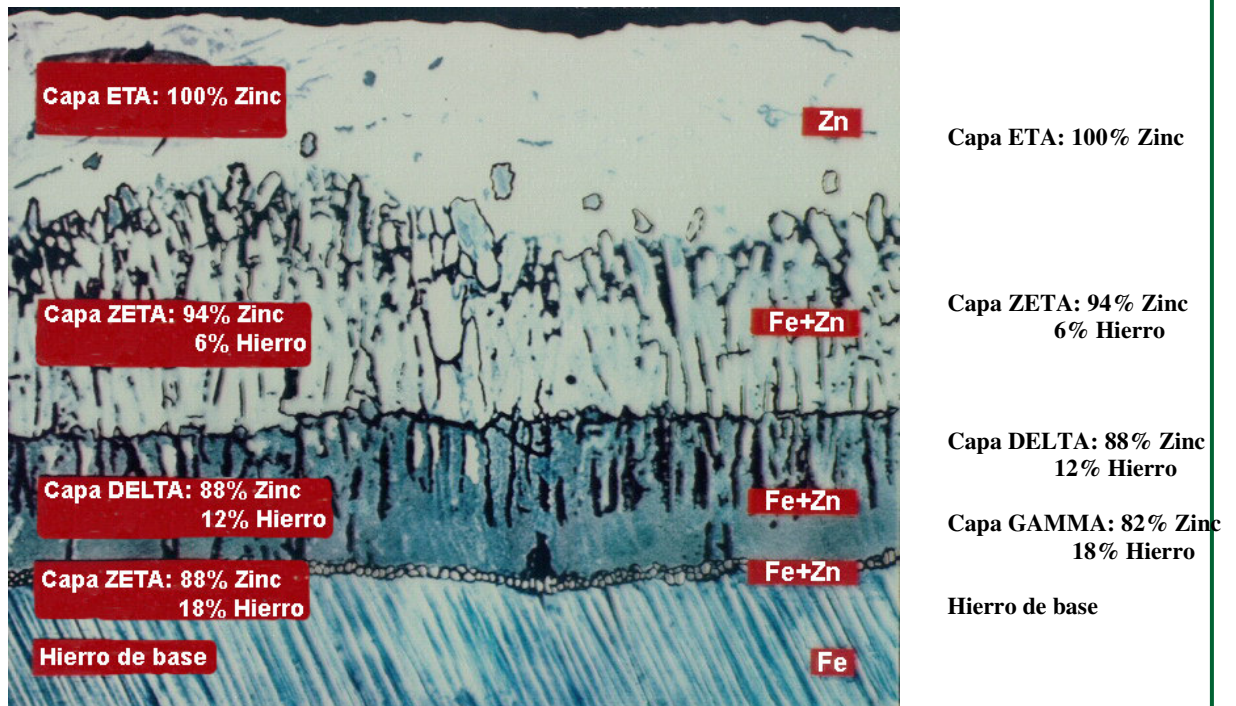


Figura 5:
Micrografía del corte de un recubrimiento obtenido por galvanización en caliente por procedimiento discontinuo.

Tabla 2: Recubrimientos galvanizados en caliente por el procedimiento discontinuo. Espesores mínimos del recubrimiento. (norma UNE EN ISO 1461).

Espesor de la pieza	Valor local (mínimo) μm (micrómetros)	Valor medio (mínimo) μm (micrómetros)
Acero \geq 6 mm	70	85
Acero \geq 3 mm hasta < 6 mm	55	70
Acero \geq 1,5 mm hasta < 3 mm	45	55
Acero < 1,5 mm	35	45
Piezas moldeadas \geq 6 mm	70	80
Piezas moldeadas < 6 mm	60	70

Las piezas pequeñas, tales como tornillos, tuercas, arandelas y otros elementos de fijación se galvanizan en discontinuo colocándolas en cestas perforadas, que permiten someterlas a un proceso de escurrido mediante

centrifugación una vez extraídas del baño de zinc. De esta manera se obtienen recubrimientos galvanizados más finos, que no ciegan las partes roscadas de las piezas con objeto de facilitar su montaje. La norma española que define los recubrimientos galvanizados sobre este tipo de piezas es la UNE 37-507.

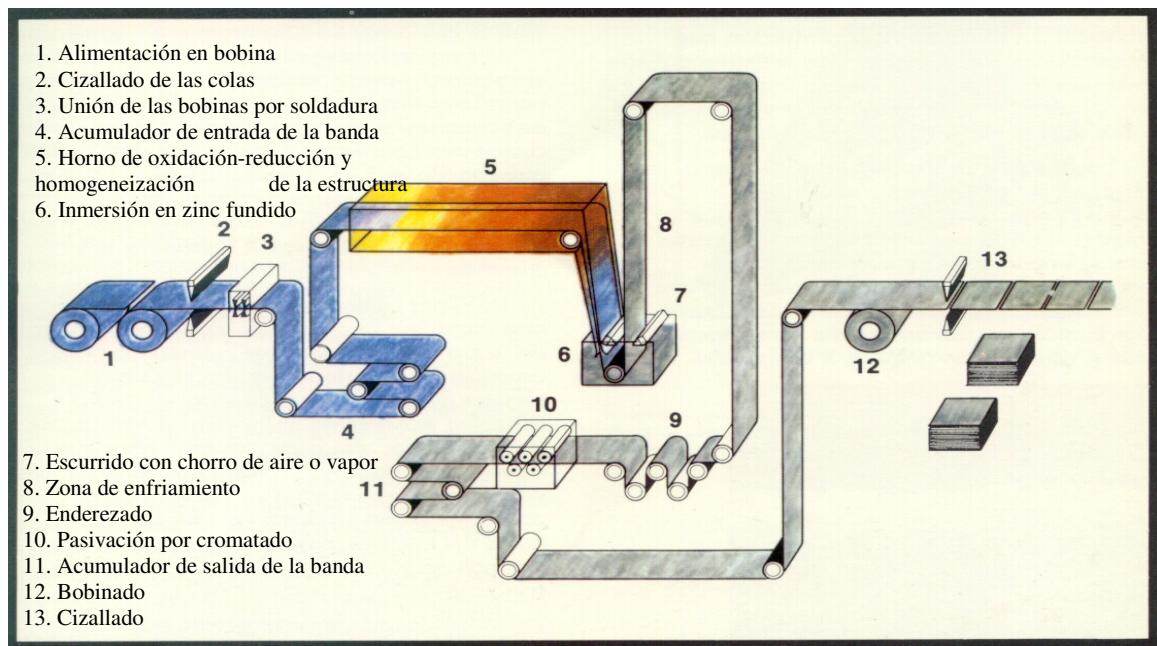


Figura 6:
Galvanización en caliente de chapa por procedimiento continuo.
Esquema del proceso.

3.2.- Galvanización en caliente por procedimiento continuo

El procedimiento de galvanización en continuo se aplica a las chapas de acero (de hasta 3 mm de espesor) y a los alambres de hierro y acero. Estos materiales se someten de manera continua a una fase previa de limpieza superficial (que puede ser química o de oxidación-reducción carbotérmica, según los procesos), antes de hacerles pasar a una velocidad bastante elevada (hasta 200 m/min) por el baño de zinc. El espesor del recubrimiento se controla con precisión mediante cuchillas escurridoras de aire/vapor a presión en el caso de la chapa, o matrices mecánicas para el alambre. En la Figura 6 se muestra un esquema de una instalación en caliente de chapa en continuo. Los recubrimientos que se obtienen sobre la chapa por este procedimiento presentan, por una parte, un desarrollo mucho más reducido de las capas de aleaciones zinc-hierro, debido al escaso periodo de tiempo que la chapa está

en contacto con el zinc fundido y, por otra, tienen un espesor sensiblemente inferior a los que se obtienen en el proceso de galvanización en discontinuo (véase Figura 7).

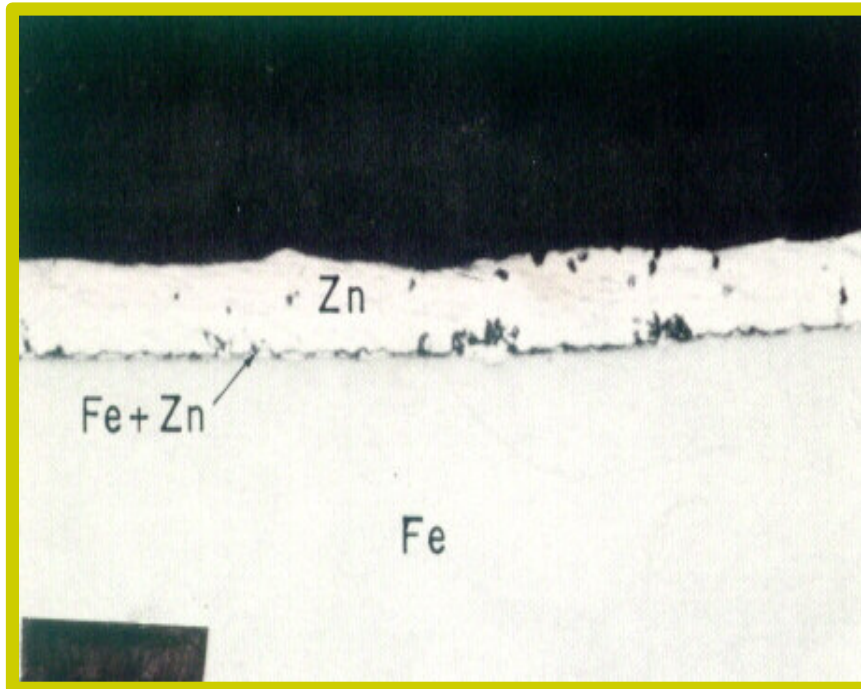


Figura 7:
Micrografía del corte de un recubrimiento obtenido por galvanización en caliente por procedimiento continuo.

Las normas que especifican las características de las chapas galvanizadas en continuo son la UNE EN 10142 (chapa galvanizada para conformación en frío) y la UNE EN 10147 (chapa galvanizada de acero de construcción). En estas normas y como se recoge en la Tabla 3, se establecen ocho posibles calidades de los recubrimientos de zinc de las chapas, que van desde 100 g/m² de chapa (equivalente a 7 μm por cada cara) hasta 600 g/m² (equivalente a 42 μm por cara). Sin embargo, las chapas que se encuentran normalmente en el mercado son chapas con recubrimientos de 275 a 350 g/m², que corresponden a espesores de 20 y 25 μm, respectivamente. Las Chapas galvanizadas con mayores espesores de recubrimiento (600 g/m² o 42 μm de espesor) pueden obtenerse por encargo.

Tabla 3: Recubrimientos galvanizados en caliente sobre chapa galvanizada en continuo. Masa mínima del recubrimiento.(normas UNE EN 10142 y UNE EN 10147).

Designación del recubrimiento	Masa mínima del recubrimiento, en g/m², incluyendo ambas caras
100	100
140	140
200	200
225	225
275	275
350	350
450	450
600	600

4. Propiedades de los recubrimientos obtenidos mediante galvanización en caliente sobre productos o construcciones de acero

De estos recubrimientos de zinc obtenidos mediante galvanización en caliente ya descritos, es importante destacar sus propiedades más relevantes, que los constituyen como eficaz protección de los elementos de acero. Entre las propiedades más significativas se encuentran las siguientes:

- La buena adherencia de estos recubrimientos al acero de base.
- Su buena resistencia a la abrasión.
- Su capacidad de recubrimiento integral de las piezas (incluyendo partes huecas).
- Su larga durabilidad sin necesidad de mantenimiento.

En cuanto a las dos primeras, nos referimos nuevamente a las micrográficas de los cortes de los recubrimientos de las Figuras 5 y 7, en las que se muestra la estructura de éstos formada por una capa externa de zinc puro y varias capas subyacentes de aleaciones zinc-hierro, más duras incluso que el acero de base y perfectamente unidas a éste mediante una unión metalúrgica. Esta estructura es la que confiere a estos recubrimientos unas interesantes propiedades mecánicas, como son una excelente adherencia y una elevada resistencia a la abrasión y a los golpes.

Por otra parte, al tratarse de un proceso por inmersión de los elementos de acero en un baño de zinc fundido, éstos quedan recubiertos tanto por el exterior como por la superficie interior de sus partes huecas, lo que no ocurre con otros procedimientos

como el zincado electrolítico o la metalización con zinc, que no permiten recubrir las partes ocultas o interiores de las piezas tratadas.

Pero la propiedad más decisiva para la elección de la galvanización en caliente como sistema de protección del acero es, probablemente, su larga duración, lo que resulta en la mayor economía de esta protección, que genera escasos o nulos costes de mantenimiento durante la totalidad de la vida en servicio del elemento galvanizado.

Como ya se precisó al hacer referencia a las distintas formas de proteger el acero mediante zinc, la vida o duración de la protección que proporcionan los recubrimientos de este tipo sobre el acero depende de la masa de zinc por unidad de superficie (a efectos prácticos se considera el espesor del recubrimiento) y, por otra parte, de la agresividad del medio ambiente al que estén expuestas las piezas.

Conocido el espesor de un recubrimiento galvanizado en caliente, bien sea por medida directa en el caso de elementos ya galvanizados, o bien como valor aproximado en base a los espesores que especifica la norma UNE-EN ISO 1461 (véase Tabla 2), y teniendo en cuenta los valores de pérdida anual de espesor de zinc que se estiman en la norma UNE-EN ISO 14713 (véase Tabla 4) para las diferentes categorías de corrosividad ambiental, puede calcularse con facilidad la duración probable de la protección que puede proporcionar un recubrimiento galvanizado a cualquier elemento de acero.

Tabla 4: Categorías de ambiente, riesgo de corrosión y velocidad de corrosión (norma UNE EN ISO 14713).

Categoría de corrosividad (Ambientes)		Riesgo de Corrosión	Velocidad de corrosión del Zinc ($\mu\text{m}/\text{año}$)
C1	Interior: seco	Muy bajo	$\leq 0,1$
C2	Interior: condensación ocasional Exterior: rural en el interior del país	Bajo	0,1 a 0,7
C3	Interior: humedad elevada, aire ligeramente contaminado Exterior: urbano en el interior del país o costero de baja salinidad	Medio	0,7 a 2
C4	Interior: piscinas, plantas químicas, etc.	Elevado	2 a 4

	Exterior: industrial en el interior del país o urbano costero		
C5	Exterior: industrial muy húmedo o costero de elevada salinidad	Muy elevado	4 a 8

Según estos datos, que las normas extraen de muchos años de experiencia en la utilización del acero galvanizado en caliente en todo el mundo, un recubrimiento galvanizado con un espesor medio de 80 μm expuesto al exterior, podría durar sin necesidad de mantenimiento más de cien años en una atmósfera rural en el interior del país (riesgo de corrosión bajo), entre 40 y 100 años en atmósferas urbanas en el interior del país o atmósferas costeras de baja salinidad (riesgo de corrosión medio), entre 20 y 40 años en ambientes industriales no húmedos o urbanos marítimos (riesgo de corrosión elevado) y entre 10 y 20 años en atmósferas industriales muy húmedas o costeras de elevada salinidad (riesgo de corrosión muy elevado), antes de la primera operación de mantenimiento. Es importante señalar que, a final de este periodo de protección, el elemento de acero estará libre de corrosión y podrá volverse a regalvanizar o proteger por cualquier otro procedimiento.

Cabe destacar por otra parte que en el mundo se ha producido una importante reducción de la contaminación atmosférica durante los últimos 30 años, sobre todo en lo que respecta al dióxido de azufre, factor de incidencia importante en la velocidad de corrosión del zinc, por lo que es de esperar en el futuro velocidades de corrosión de los recubrimientos de zinc todavía más bajas, y por tanto una duración de la protección aún mayor.

5. El acero galvanizado, material para un desarrollo sostenible

Durabilidad prolongada sin mantenimiento, reciclabilidad total de los materiales

De los múltiples ejemplos que se pueden contemplar del empleo del acero galvanizado en sectores como la industria, la construcción, las infraestructuras y los transportes, etc., se desprende la importancia de las cualidades del material utilizado en tan variadas aplicaciones. El acero por si mismo, como material versátil, conforma elementos muy diversos aportando sus características de resistencia, e incluso en numerosas ocasiones de ligereza y permeabilidad para las construcciones con él realizadas.

El tratamiento de galvanización en caliente aplicado a estos variados elementos puede dotarlos, como ya se ha destacado, de una durabilidad muy prolongada sin necesidad de mantenimiento, que será función de los espesores de los recubrimientos obtenidos y de la velocidad de corrosión de estos recubrimientos en los distintos ambientes, como se deduce de las normas UNE citadas.



LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

Dado el interés creciente en todos los ámbitos por la sostenibilidad de los materiales, no debe pasarse por alto la reciclabilidad bien establecida de los metales que componen los productos galvanizados, como son el acero y el zinc; la recuperación y reutilización de estos metales ha estado practicándose desde hace muchos años.

El zinc, metal reciclable por naturaleza al igual que el acero al que protege, puede reciclarse indefinidamente sin pérdida alguna de sus propiedades físicas o químicas. La presencia del recubrimiento de zinc sobre el acero no restringe la reciclabilidad del conjunto, ya que es posible separar y recuperar los dos metales originales aprovechando que la temperatura de volatilización del zinc es inferior a la temperatura de fusión del acero. El acero galvanizado se puede reciclar junto con otras chatarras, y el zinc volatilizado en forma de óxido durante el proceso de fusión del acero es captado en los filtros de los hornos para ser recuperado por su parte. El acero galvanizado puede también regalvanizarse en cualquier momento de su vida útil y de este modo, hacer que el recubrimiento galvanizado siga protegiendo las piezas originales.

Podemos finalmente concluir que la galvanización en caliente, como sistema eficaz de protección del acero frente a la corrosión que permite multiplicar la durabilidad de los elementos de acero expuestos a condiciones de elevada agresividad ambiental, así como por la facilidad de reciclado de los materiales galvanizados, contribuye de forma significativa a la sostenibilidad medioambiental y a la economía de las construcciones en acero.