



**GALESA**  
GALVANIZADORA VALENCIANA, S.A.

Galvanizado en caliente







[www.galesa.com](http://www.galesa.com)



---

A lo largo de más de 40 años **GALESA** ha estado prestando sus servicios en el campo de los **recubrimientos metálicos** y en concreto en el campo de la **galvanización en caliente por inmersión en zinc fundido**.

Durante todo este tiempo GALESA ha pasado por diversas fases de crecimiento hasta llegar en la actualidad a disponer de un grupo especializado de **profesionales** y de unas instalaciones, dotadas de los **medios mecánicos y tecnológicos mas avanzados**, que le permiten abordar todo tipo de proyectos con la tranquilidad de poder atender a sus clientes con plenas garantías de **éxito, calidad y servicio**.

Todo ello no hubiera sido posible sin un equipo unido por objetivos comunes compartiendo una misma cultura. Una cultura que tiene como valores fundamentales, **RESPECTO, RESPONSABILIDAD e INNOVACIÓN**.

RESPECTO al personal de la empresa, a nuestros clientes, a nuestros proveedores y al entorno que nos rodea. Trabajamos con RESPONSABILIDAD, adquiriendo el compromiso firme de cumplimiento de los trabajos que nos encargan y aplicamos la INNOVACIÓN en la forma de trabajar, buscando continuamente una mayor eficiencia y eficacia en todos nuestros procesos.

En la actualidad GALESA sigue **aportando soluciones a multitud de problemas relacionados con la corrosión del hierro en todo el territorio nacional**. Nuestros técnicos colaboran continuamente en proyectos que abarcan un amplísimo abanico de sectores, ya sea para la construcción (estructuras para naves industriales o para edificios, armaduras para el hormigón, etc...), para la industria en general, para la señalización y seguridad en sectores tan dispares como el vial, el aéreo, ferroviario o marítimo, en las instalaciones para telefonía, iluminación, en los sectores energéticos como los hidráulicos, térmicos, eólicos o fotovoltaicos, etc. Igualmente en las instalaciones para la agricultura, como en los invernaderos, en las explotaciones ganaderas o en las modernas instalaciones transformadoras alimenticias, etc...

Frente a todo tipo de necesidades en los sectores antes mencionados, o en otros cualesquiera, y con el objetivo de resolver los problemas de seguridad estructural, de mantenimiento continuado y de apariencia estética derivados de la oxidación del hierro, GALESA aporta sus soluciones con la satisfacción del trabajo bien hecho, dedicando todos nuestros esfuerzos a dar pleno cumplimiento a la confianza depositada por nuestros clientes.

---



	<b>Galesa.</b>	
	· Presentación. _____	5
	· Reseña histórica. _____	6
	· Servicios a Clientes. _____	7
<b>1</b>	<b>La corrosión del hierro.</b>	
	1.1 · El hierro como metal. _____	8
	1.2 · La corrosión. _____	9
	1.3 · Efectos de la corrosión del hierro. _____	10
	· <i>En cuanto a seguridad.</i>	
	· <i>Pérdidas económicas.</i>	
	· <i>Efectos estéticos.</i>	
<b>2</b>	<b>Sistemas de protección del hierro.</b>	
	2.1 · Recubrimientos Orgánicos. _____	13
	2.2 · Recubrimientos con metales más nobles. _____	13
	2.3 · Recubrimientos o aleaciones con metales menos nobles. _____	13
	2.3.1. La protección con aluminio. _____	14
	2.3.2. La protección con cromo: acero inoxidable. _____	15
	2.3.3. La protección con zinc. _____	15
	· <i>Galvanizado en caliente general (Galesa).</i> _____	17
	· <i>Galvanización en caliente en proceso continuo: Sendzimir.</i> _____	17
	· <i>Depósito electrolítico de zinc o zincado electrolítico.</i> _____	17
	· <i>Metalización con zinc o zincado por proyección.</i> _____	18
	· <i>Pinturas de polvo de zinc.</i> _____	18
	· <i>Protección catódica con ánodos de zinc.</i> _____	18
<b>3</b>	<b>Galvanizado en caliente general.</b>	
	3.1 · Definición. _____	19
	3.2 · Descripción del proceso. _____	19
	3.3 · Características. _____	19
	3.4 · Particularidades del galvanizado en caliente con centrifugado. _____	20
	3.5 · Aspecto superficial del galvanizado en caliente general. _____	21
	3.5.1. Influencia del Silicio y Fósforo. _____	22
	3.6 · Decálogo de razones para galvanizar en caliente. _____	23
	3.7 · Campos de aplicación. _____	25
<b>4</b>	<b>Recomendaciones de diseño. Problemas técnicos.</b>	
	4.1 · Deformaciones por dilatación. _____	28
	4.1.1. Deformaciones en chapas planas. _____	28
	4.1.2. Deformaciones en depósitos. _____	28
	4.2 · Necesidad de drenaje y ventilación en zonas críticas. _____	29
	4.2.1. Drenaje en cavidades cerradas. _____	29
	4.2.2. Drenaje en uniones soldadas de refuerzo. _____	31
	4.3 · Soldadura: evitar poros y zonas de solape. _____	32
	4.4 · Soldadura posterior al galvanizado. _____	33
	4.5 · Guía de respuestas ante dudas o preguntas. _____	34
	4.6 · Pintura sobre galvanizado: Sistema Dúplex. _____	35
	· El zinc esencial para la vida. Galvanizado y productos alimentarios. _____	36



## Presentación

Sin duda que una de las características históricas específicas que señalan el cambio al III Milenio es el aprovechamiento y desarrollo de **Energías alternativas o renovables** porque suponen, a nivel mundial, una mejor utilización de las materias primas necesarias para otros campos, como los hidrocarburos.

Entre las Energías renovables que empiezan a tomar importancia progresivamente mayor está la **energía Termosolar**. El sol es nuestro proveedor energético original, inagotable para nosotros y fuente de la que nacen todas las demás energías.

En la elección de opciones de producción de energías solares adquiere cada vez más importancia la ratio de aprovechamiento entre lo que nos ofrece el sol y lo que somos capaces de almacenar o producir, o sea el **“rendimiento energético”** que logramos conseguir, de forma que cada vez se estudia cómo hacer que “se pierda” menos energía.

Desde **GALESA** invitamos a una pequeña reflexión en torno al rendimiento, en este caso, de los materiales que se utilizan como estructura soporte de los ingenios o máquinas de aprovechamiento de la energía solar, o sea, las estructuras metálicas necesarias.

**El hierro** como la mayoría de los metales sufre **corrosión** espontánea y cuando el hierro se oxida y humedece pierde todas las características que le hacen tan útil.

Las **estructuras férreas** a la intemperie en presencia agentes medioambientales como la humedad, el salitre de las zonas costeras o la contaminación química, en combinación con el oxígeno sufren “corrosión” que obliga a mantenimientos costosos para evitarla o a gastos de reparación o sustitución de materiales, que por la corrosión se hacen inservibles.

Al igual que hubo tiempos en que la abundancia de petróleo permitía “derroches” innecesarios, cuando hablamos del hierro **podemos reflexionar en cómo hacer que no “se pierda” entre un 2% a 3 % del PIB de un país en gastos derivados de la corrosión del acero.**

Aquí es donde LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE oferta una respuesta importantísima: ES EL MÉTODO MÁS BARATO Y EFICAZ, A LARGO PLAZO, PARA RETRASAR LA CORROSIÓN DEL ACERO A LA INTEMPERIE.

Ningún otro sistema, como las pinturas o los aceros inoxidables, puede dar mejor rendimiento entre precio o coste y plazo de garantía frente a la corrosión.

De ello hablamos en estas páginas.



## Reseña histórica.

1948 - Antecesores de GALESA, la empresa "Hijos de F. Montesinos S.L.", se instala en Mislata (Valencia) con una caldera de 1,50 x 0,70 x 1m. (longitud x anchura x profundidad), con 7 Tn de zinc fundido.

1966 - Constitución de la sociedad Galvanizadora Levantina S.A., "GALESA", absorbiendo a la anterior.

1968 - Puesta en marcha de la primera fábrica en Quart de Poblet (Valencia), junto a la carretera de Madrid, en un terreno de 6.000 m<sup>2</sup>, con una caldera de 6,50 x 1,40 x 1,60 m., con 100 Tn de zinc fundido.

1975 - Cambio de nombre al actual de Galvanizadora Valenciana S.A., aunque se sigue utilizando el abreviado de GALESA.

1986 - Nueva caldera de 12,30 m x 1,60 m x 2,60 m. con 350 Tn de zinc fundido.

1997 - Certificado de Registro de Empresa y derecho de uso de la marca AENOR con el nº ER-0822/1997, según la norma UNE-EN/ISO 9002

2000 - Traslado al Polígono Industrial Castilla de Cheste (Valencia), en una superficie total de 34.000 m<sup>2</sup>, con una caldera de 14,50 m x 2,20 m x 3,0 m. con 650 Tn de zinc fundido.

2003 - Adaptación a la Norma UNE-EN/ISO 9001: 2000 - SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.

2004 - Servicio de galvanizado a alta temperatura, con centrifugación, para piezas pequeñas.

2008.- Obtención del Certificado de Registro de Empresa y derecho de uso de la Marca AENOR, según las Normas:

OHSAS 18001:2007

SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

UNE-EN ISO 14001:2004

SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL



# Servicios a Clientes

Galesa ofrece a sus clientes los siguientes servicios:

1. Galvanización en caliente por inmersión en zinc fundido.  
**Caldera de 14,50 m. de largo x 2,20 m. de ancho x 3,00 m. de profundidad.**  
Dimensiones aconsejables de las piezas: 13,50 m. x 2,00 m. x 2,50 m.
2. Posibilidad de **pasivado**, posterior al galvanizado, a petición del cliente.
3. **Metalizado a pistola** con proyección de zinc fundido, para piezas de grandes dimensiones.
4. Limpieza **por granallado** para la eliminación de pinturas, barnices y gruesas capas de óxido.
5. Caldera de alta temperatura para **galvanizado por centrifugación de piezas pequeñas** o roscadas.
6. **Suministro de toda clase de materiales para protección y señalización de carreteras:** bandas o guardarraíles, postes, viguetas, etc.
7. **Conferencia-Coloquio:** “El galvanizado como protección frente a la corrosión del hierro” en **sala de conferencias propia** (capacidad para 70 personas), con posterior visita a las instalaciones; una vez al mes, aproximadamente, o en fechas y lugares convenidos.
8. **Flota de camiones para recogida y entrega de materiales** previo acuerdo con el cliente.
9. Servicio de **asesoramiento técnico**, sin cargo, sobre todos los temas relacionados con la corrosión o protección de piezas de hierro.
10. Para mayor información consulte nuestra página web: **www.galesa.com**



# 1 La corrosión del hierro

## 1.1 El hierro como metal.

El hierro es un metal grisáceo, maleable y tenaz, que tiene propiedades magnéticas. Es el segundo metal más abundante en la corteza terrestre (5%), después del aluminio (8,13%).

Sus características técnicas son:

- dureza 4 en la escala de MOHS
- densidad 7,86 g/ml.
- punto de fusión 1.538°C

Actualmente es el metal más usado (95% en peso de la producción mundial de metales)

En la naturaleza se encuentra combinado con otros elementos principalmente en forma de sulfuros y sobretodo óxidos y carbonatos de los que se obtiene en los altos hornos, con aporte de energía proveniente fundamentalmente del carbón.

Además de utilizarse para fabricación de armas y herramientas desde 3.000 a.C., a partir de finales del s. XVIII e inicios del XIX se usa ya como elemento estructural en puentes y edificios, ferrocarriles, maquinaria, etc.



Torre Eiffel en París, 1889 (300m de altura)



Puente colgante en Bilbao, 1893.



Antiguo alto horno de Sagunto. Valencia.

El hierro obtenido en el alto horno se denomina **arrabio**, y es una aleación de hierro con otros elementos tanto metálicos como no metálicos.

Por un proceso de refinado se obtienen distintas aleaciones.

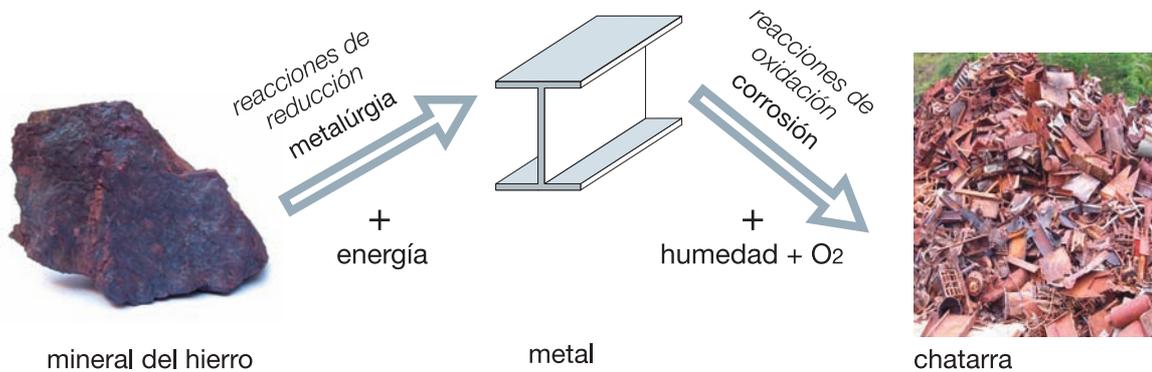
La más conocida es el **acero** que contiene menos del 2% de carbono.

La **fundición** generalmente contiene entre un 3 y 4,5% de carbono en peso.

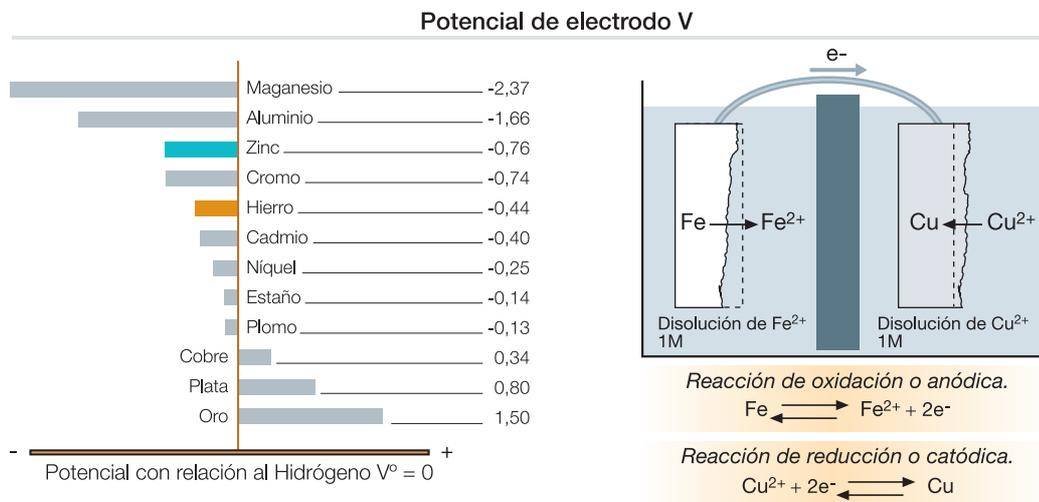
Los **aceros inoxidables** se obtienen en aleaciones con cromo, níquel, vanadio, etc.

El **acero galvanizado** es una forma especial de unión metalúrgica en la que el acero es recubierto externamente con zinc, que es un elemento menos noble que el hierro.

## 1.2 La corrosión.



- 1- La corrosión se define como el deterioro de un material metálico como resultado de las reacciones químicas de oxidación con el medio ambiente (aire-tierra-agua).
- 2- La corrosión se produce por la tendencia que tienen todos los materiales de ser solo estables en su menor nivel de energía, la que tienen en su estado natural. Por esto, cuanto más energía se necesite para obtener un metal, con mayor facilidad se producirá su corrosión.
- 3- La tendencia a oxidarse de los metales viene expresada en la siguiente lista o serie electroquímica de los metales.



- 4- En un extremo de la serie se encuentra el oro, plata y cobre con potenciales de electrodo positivo: no se oxidan fácilmente. (Metales Nobles)
- 5- En el centro de la tabla observamos al plomo, estaño, níquel y cadmio con potenciales negativos en aumento, pero menores que el hierro. Se oxidan más fácilmente que los metales nobles pero menos fácilmente que el hierro.
- 6- A partir del hierro vemos al cromo, zinc, aluminio y magnesio que en ese mismo orden tienen potenciales negativos crecientes lo que significa que se oxidan más fácilmente que el hierro y en ese mismo orden aumenta su facilidad para oxidarse.

La corrosión más grave es la que se produce en medio ambiente húmedo, pues el conjunto de dos metales distintos más humedad (con sales minerales) constituye una pila electroquímica de corrosión en la que uno de los metales, el de mayor potencial electroquímico negativo se oxida (ánodo), disolviéndose en la humedad (electrolito) y cediendo electrones al otro metal (cátodo).

La velocidad de corrosión depende de la temperatura, concentración de sales y otros factores, pero fundamentalmente de la diferencia de potencial de electrodo de los metales en contacto.

Si además de humedad se dan concentraciones significativas de agentes químicos agresivos, la corrosión puede constituir un grave o costoso problema de mantenimiento que haga dudar sobre la utilización de materiales féreos. Será muy importante conocer las formas más fáciles, económicas y duraderas de retrasar la corrosión.

## 1.3 Efectos de la corrosión del hierro.

**El hierro cuando se oxida pierde todas las características que lo hacen útil.** Se hace frágil y quebradizo y además, al hidratarse, **aumenta hasta 8 veces el volumen inicial** con lo que provoca roturas y desperfectos en muchos casos irreparables.

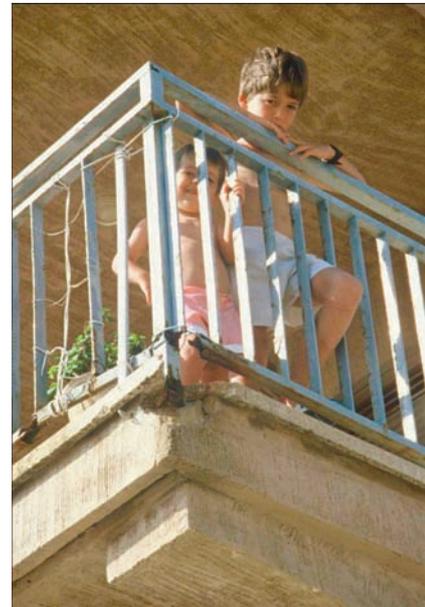
Las consecuencias de la corrosión son:

- en cuanto a seguridad

Piénsese en la seguridad de estructuras de estadios o polideportivos, las barandillas, balcones, escaleras, cubiertas de piscina, etc., que a simple vista presentan avanzado estado de corrosión.

En casi todos los casos se llega a tiempo para darse cuenta del peligro y repararlas, pero de vez en cuando se producen accidentes, incluso mortales.

También estamos acostumbrados a ver rehabilitación y reparación de balcones y fachadas de edificios porque las armaduras férreas internas se han oxidado y provocan desprendimientos peligrosos.



Viernes, 25 de julio de 1997 CIERRE Levante - EL MERCANTIL VALENCIANO - 63

La policía y los bomberos desalojaron las diez viviendas como medida preventiva

### El desplome de los balcones de un edificio de la playa de Bellreguard causa 6 heridos

Seis personas heridas, ninguna de ellas de gravedad, es el resultado del desplome de los cuatro balcones ocurrido ayer en un edificio de la playa de Bellreguard que tiene más de treinta años. El suceso ocurrió cuando el balcón superior, el cuarto piso, se vino abajo y arrastró a los inferiores, causando las heridas a las personas que allí se encontraban. La policía desalojó todo el inmueble a la espera de proceder a revisar la estructura antes de que los inquilinos regresen al lugar.



## · pérdidas económicas

### Pérdidas directas.

- a- La oxidación de hierro obliga a **reparar** materiales que han perdido parcialmente su función o en casos más graves **desechar** y **sustituir** por otros nuevos multitud de materiales, utensilios, máquinas, herramientas, tuberías... prácticamente en todos los sectores industriales, rurales y domésticos.
- b- Para evitar estas pérdidas **se han de programar medidas de prevención**, como recubrimientos aislantes, pinturas, etc. o **fabricar las piezas sobredimensionadas**, o **ejercer funciones de mantenimiento y revisiones preventivas**.

### Pérdidas indirectas.

- a- Pérdidas de producción por **paradas** no previstas, debidas a la corrosión.
- b- Pérdida de productos por **fugas** o **escapes** en tuberías, tanques, depósitos, etc.
- c- **Pérdida de calidad o incluso de utilidad del producto** por la contaminación producida por el óxido de hierro etc.

Solo a nivel económico se calcula que **las pérdidas de la corrosión del hierro suponen entre 1,25% y 3,5% del P.I.B. de un país**, cantidad que supone miles de millones de euros y sugiere la necesidad urgente de buscar soluciones eficaces.

“... El actual equipo de gobierno se vio obligado a invertir 90 millones de pesetas en la cubierta y laterales de la instalación, ya que se había oxidado y había peligro de desmoronamiento.”



“... El informe está basado en un ensayo realizado por el laboratorio ITC, cuyas conclusiones señalan que el inmueble sufre una notable degradación. Si bien es factible un proyecto de reforma, los 2.000 millones que exige presuponen un sobre coste de más de 1.200 millones respecto al proyecto de construcción de un nuevo instituto.”

- efectos estéticos

**Pérdidas de valor estético.**

El óxido de hierro hidratado tiene color rojizo-ocre muy visible y llamativo. Las manchas, inicialmente puntuales, se extienden progresivamente a toda la superficie de los materiales y afectan también al entorno circundante, produciendo un efecto no solamente estético sino de envejecimiento, dejadez y descuido.



# 2 Sistemas de protección

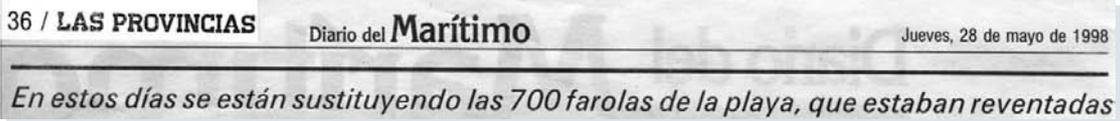
## Sistemas de protección del hierro

Recubrimientos

	2.1	2.2	2.3
	Orgánicos	Con metales más nobles	Con metales menos nobles
protección	<p>Pintura hierro</p>	<p>cobre-estaño-níquel hierro</p>	<p>zinc hierro</p>
corrosión	<p>hierro</p> <p>■ corrosión del hierro</p>	<p>Cu / Ni Sn hierro</p> <p>■ corrosión del hierro</p>	<p>Zn hierro</p> <p>■ corrosión del zinc</p>
Aspectos positivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Película <b>aislante, efecto pantalla</b> o de protección física.</li> <li>· Permiten <b>muchas opciones estéticas</b> por la gran variedad de colores, texturas y acabados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· La <b>barrera o pantalla es más dura</b> frente a los golpes y roces.</li> <li>· Dichos metales tienen un <b>efecto muy estético</b> (dorado, niquelado...)</li> <li>· <b>Tienen coeficientes de dilatación homogéneos con el hierro base.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· La <b>barrera física de protección es dura</b>: metálica. Tiene coeficiente de dilatación homogéneo con el hierro.</li> <li>· En caso de rotura o porosidad de la capa superficial, <b>la pila electroquímica se vuelve protectora</b>: es el zinc el que hace de ánodo de sacrificio, mientras que el hierro hace de cátodo (se carga de electrones, lo contrario de oxidarse).</li> </ul>
Aspectos negativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Poca resistencia a los golpes, roces y rayaduras</b>, especialmente en las aristas.</li> <li>· Fácilmente <b>alterables frente a las radiaciones</b>.</li> <li>· Frente al calor tienen distinto coeficiente de dilatación respecto al hierro, de modo que <b>la película se rompe</b> y rápidamente comienza la oxidación.</li> <li>· En definitiva, en ambientes agresivos, <b>la garantía de protección es corta.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· En caso de rotura o porosidad de la capa protectora, <b>se favorece y acelera la oxidación del hierro subyacente</b>, por ser el hierro metal menos noble (riesgo de pila electroquímica corrosiva).</li> <li>· <b>El recubrimiento suele ser muy delgado</b>, lo que implica garantías de protección limitadas.</li> <li>· <b>El coste del recubrimiento es muy alto</b> (son metales caros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Hay que elegir bien los recubrimientos galvanizados según las condiciones de uso de los materiales elegidos para no cometer errores por ejemplo usar materiales cincados electrolíticamente (de muy poco espesor de recubrimiento) en ambientes agresivos. La empresa que hace el cincado también es una empresa de "galvanizados" (término ambiguo).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>La garantía de protección es corta.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>El coste del recubrimiento es muy alto</b> (son metales caros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Se garantizan muchos años de protección.</b> (Ver página 17)</li> </ul>

### 2.3.1 La protección con aluminio.

La forma más usada de protección de hierro con aluminio consiste en utilizar ánodos de sacrificio. Se utiliza sobretodo en el interior de depósitos.



“... , estaban reventadas porque se había empleado al hacerlas un núcleo central de hierro rodeado de una fundición de aluminio y de pintura. La humedad y el salitre, muy intensos por estar las farolas en primera línea de playa, forman con estos dos metales una pila galvánica. Esta afecta sobre todo al aluminio, metal menos noble que el hierro, por lo que, al oxidarse, aumenta de volumen y revienta”.



#### Aspectos positivos

- Los ánodos de sacrificio de aluminio son fáciles de instalar y tienen bajo coste de mantenimiento.

#### Aspectos negativos

- Hay que conocer bien y **aplicar correctamente ánodos específicos** para cada proyecto.
- **Utilizar aluminio sin más en contacto con hierro puede ser un serio error** porque, en presencia de humedad, se crea una pila electroquímica protectora para el hierro pero destructiva para el aluminio, que **se deshace rápidamente**.

*Ese fue el caso de las 700 farolas del Paseo Marítimo de la Malvarrosa en Valencia. Las farolas tenían un mástil interno de hierro rodeado externamente por una cubierta de fundición de aluminio. Al ser porosa esta capa de aluminio penetró la humedad salitrosa del mar y creó una pila galvánica de descomposición del aluminio. La prensa se hizo eco del desastre económico diciendo: “se han corroído y rajado en apenas 4 años” (“Las Provincias”, 10 de Junio de 1997- J. M. Coello). Tuvieron que ser sustituidas por las actuales galvanizadas en caliente y en perfecto estado.*

### 2.3.2 La protección con cromo: acero inoxidable.

El cromo es el fundamento científico de los Aceros Inoxidables.

Como no es el campo de aplicación de Galesa sólo vamos a decir que el secreto del acero inoxidable no es el níquel (que le da dureza y belleza, pero provoca la oxidación del hierro), sino el cromo que es más electronegativo que el hierro.



Debido a la presencia cada vez mayor, de herrumbre, la tobera de calentamiento aéreo de la piscina de la Universidad Politécnica de Valencia hubo de ser granallada y pintada. La causa de dicho fenómeno radica en que el acero inoxidable AISI 304 tiene mucho carbono en su composición química. El carbono es reductor y forma carburos de cromo. El cromo queda "secuestrado" y ya no actúa como ánodo de sacrificio y la unión de los otros dos metales presentes en el inoxidable: Fe y Ni, hace que sea el hierro el que oxide, pues el níquel es más noble.

#### Aspectos positivos

- Son muy estéticos y útiles para infinidad de instrumentos, herramientas, molbiliario...
- Casi todos ellos tienen muy larga garantía frente a la corrosión.

#### Aspectos negativos

- Son difícilmente aplicables a materiales gruesos o pesados por su gran coste.
- Es necesario conocer bien la gama muy amplia de variedades comerciales de acero inoxidable, porque algunos de ellos en ambientes agresivos, pueden resultar poco inoxidables.

### 2.3.3 La protección con zinc.

Lo que hace el cromo en el acero inoxidable hace el zinc en el acero galvanizado (ánodo de sacrificio).

En los siguientes apartados detallamos distintos procedimientos de protección del acero con zinc. No necesitan la misma protección objetos situados en atmósfera o medio ambiente seco que los que han de colocarse en medios agresivos, como atmósferas industriales o costeras de elevada humedad o salinidad.

Los procedimientos para la aplicación del zinc pueden variar y, con ellos, la cantidad de zinc y las características de la capa protectora.

Cuadro comparativo de espesores con los diferentes sistemas de galvanizado.

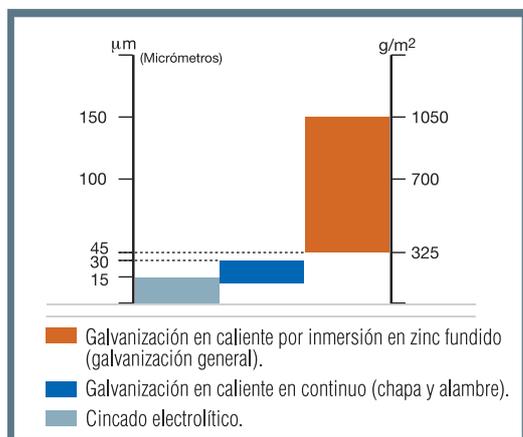
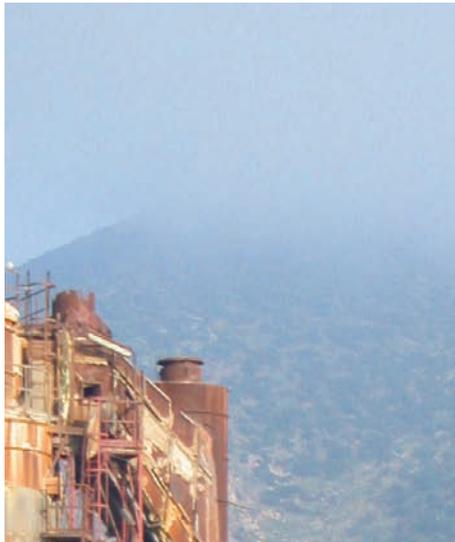


Tabla 2.3.3. A

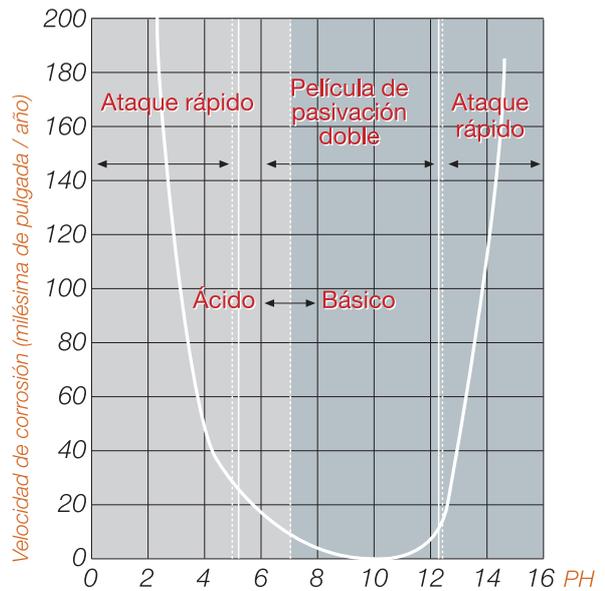
Duración de los recubrimientos galvanizados Según norma UNE-EN/ISO 14713

Categoría de corrosividad (Ambientes)	Velocidad de Corrosión del Zinc (µm/año)
C1 Interior: seco.	<0,1
C2 Interior: condensación ocasional. Exterior: rural en el interior del país.	0,1 a 0,7
C3 Interior: humedad elevada, aire ligeramente contaminado. Exterior: urbano en el interior del país o costero de baja salinidad.	0,7 a 2
C4 Interior: piscinas, plantas químicas, etc. Exterior: industrial en el interior del país o urbano costero.	2 a 4
C5 Exterior: industrial muy húmedo o costero de elevada salinidad.	4 a 8

Tabla 2.3.3. B



Los efectos de la corrosión son muy evidentes en materiales férreos expuestos a ambientes agresivos.



Influencia del pH sobre la velocidad de corrosión del zinc. El recubrimiento con zinc no es recomendable para medios con  $pH < 5$  o  $pH > 12$ .

#### Aspectos positivos

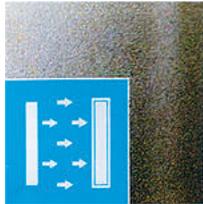
- La garantía de protección frente a la corrosión es directamente proporcional al espesor del recubrimiento de zinc, puesto que éste hace de ánodo de sacrificio. Los propios productos de oxidación del zinc actúan como autopasivantes, es decir, frenan la velocidad de oxidación, porque son duros, compactos, continuos, impermeables y muy poco reactivos.
- Cada uno de los sistemas garantiza unos mínimos fijados por las Normas correspondientes que se citan. Para decidirse por uno u otro procedimiento es aconsejable acudir a la Ficha 1.1. del apartado Fichas Técnicas o consultar con los galvanizadores.
- El tiempo de garantía en años será el cociente entre micras de recubrimiento (que dependen del proceso de recubrimiento) y la velocidad de pérdida, en micras/año (que señala como aproximación general la norma UNE EN ISO 14713, en función de la corrosividad del medio ambiente en que se sitúen las piezas, *Tabla 2.3.3. B*).

#### Aspectos negativos

- El zinc sufre ataque químico de agentes ácidos o alcalinos fuertes, de manera que su utilización no es recomendable para medios con  $pH < 5$  ó  $pH > 12$ .
- El aspecto de los recubrimientos con zinc puede ser muy variable, desde brillante y muy fino (zincado electrolítico), liso y homogéneo (perfiles de chapa galvanizada y soldada que se venden en el mercado ya galvanizados y que llevan una costura a lo largo del perfil) hasta más o menos oscuro, rugoso y basto (posible en galvanizado en caliente general sobre todo en aceros con silicio y fósforo), como explicaremos más adelante.
- Además, el acabado inicial de cualquier galvanizado tiende a perderse, puesto que la oxidación superficial del zinc da lugar a que cambie el aspecto externo de estos recubrimientos, haciéndose más opacos y grisáceos con el paso del tiempo.

**Si se confunde un tipo de galvanizado con otro se puede tener la experiencia de utilizar un “galvanizado” y “fracasar”**

La palabra genérica de “galvanizado”, puede referirse a varios tipos diferentes de recubrimientos de zinc, por lo que para conocerlos y elegir correctamente se los detallamos a continuación.



**1 -Depósito electrolítico de zinc o zincado electrolítico**, mediante corriente eléctrica en electrolitos acuosos (sales de zinc en disolución).

Se rige por las normas:

Procedimiento en discontinuo: Norma UNE-EN 12329

Procedimiento continuo: Norma UNE-EN 10152

**Aspectos positivos**

- Es un recubrimiento de zinc puro que da un acabado liso, fino y brillante como los dorados o niquelados. Se les suele añadir un tratamiento posterior de cromatado.

**Aspectos negativos**

- **La capa de recubrimiento de zinc es muy pobre**; de 2.5 a 5  $\mu\text{m}$  en proceso continuo y de 5 a 25  $\mu\text{m}$  en proceso discontinuo.
- Los iones de zinc no llegan a las zonas internas, huecos o rincones, donde la densidad de corriente es muy baja o nula. Por todo ello la garantía de este recubrimiento en el exterior es muy baja.
- Es recomendable sólo para piezas de interior, o intemperie muy seca.



**2 -Galvanización en caliente en proceso continuo o sistema Sendzimir**, para chapa y el alambre en bobinas, mediante inmersión en un crisol o pote de zinc fundido a 450°C de temperatura, (como en el proceso anterior), pero haciendo que el contacto con el zinc sea muy breve para que la capa de zinc no sea muy gruesa igualándola o limitándola además con un escurrido posterior.

Se rige por las normas:

UNE-EN 10142 (Chapa galvanizada para conformación en frío),

UNE-EN 10147 (Chapa galvanizada de acero de construcción) y

UNE-EN 10244-2 y UNE-EN 112077 para alambres galvanizados

**Aspectos positivos**

- La chapa, una vez galvanizada, puede ser después conformada, doblada, plegada, etc. Se trata de la conocida por todos como “chapa galvanizada” empleada en infinidad de ocasiones incluso en tubos y perfiles huecos que se pueden comprar en el mercado ya galvanizados: tales tubos o perfiles se identifican fácilmente por la costura o soldadura a lo largo de la pieza, que une ambos extremos del fleje inicial.

**Aspectos negativos**

- Aunque es galvanizado en caliente **la protección de zinc no suele pasar de los 20  $\mu\text{m}$** .
- Se aplica sólo a chapa fina de espesor aproximado uno o dos milímetros, raramente 3 mm.



**3 -Galvanización en caliente general**, o de productos ya acabados, mediante inmersión de los mismos en un crisol de zinc fundido a 450°C de temperatura.

Se rige por las normas:

Galvanización de piezas diversas, según UNE-EN ISO 1461:1999.

Galvanización de tornillería, según UNE 37-507

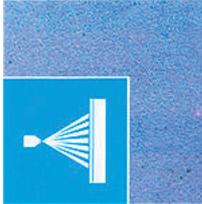
Galvanización de tubos, según UNE 37-505 y UNE-EN 10.240.

**Aspectos positivos**

- **Es el procedimiento que asegura mayor capa de zinc: desde 45  $\mu\text{m}$  hasta 85  $\mu\text{m}$  o muchas más.**
- El recubrimiento no sólo es de cinc sino que constituye una verdadera unión metalúrgica con aleaciones intermedias Fe-Zn.
- Se aplica a infinidad de productos terminados, incluso muy grandes, limitados únicamente por el tamaño de la caldera de zinc.

**Aspectos negativos**

- El acabado superficial puede en ocasiones resultar no suficientemente liso y estético para el gusto del cliente. La norma antigua sobre galvanizado decía que el acabado superficial debería ser “razonablemente liso”. Consultar el punto 3.5.



#### 4 -Metalización con zinc o zincado por proyección.

Procedimiento de obtención de recubrimientos de zinc sobre superficies previamente preparadas por granallado, mediante la proyección de zinc semifundido con ayuda de una pistola atomizadora alimentada con un hilo o alambre de zinc o con polvo de zinc.

Se rige por la norma:  
UNE 22063:1994

##### Aspectos positivos

· Se puede aplicar a piezas enormes, que no caben en los crisoles de galvanización general, o piezas in situ, imposibles de trasladar.

##### Aspectos negativos

· **Es un proceso muy caro y a veces muy difícil de aplicar**, cuando los materiales son finos o de muy poca superficie o no se puede acceder a algunas zonas de las piezas.



#### Pinturas de polvo de zinc con aglutinantes.

Pinturas pigmentadas con suficiente cantidad de polvo de zinc como para que aplicadas sobre las piezas a proteger, una vez secas, formen un recubrimiento conductor de la electricidad. Zinc en polvo.

Se rige por la norma:  
UNE-EN ISO 3549

##### Aspectos positivos

· Son fáciles de aplicar con brocha, rodillo o pistola, incluso spray de zinc (poco recomendable).

##### Aspectos negativos

· La aplicación ha de ser muy cuidadosa y correcta tanto en cuanto a la limpieza previa, como a la calidad del producto rico en zinc y el espesor adecuado. **Los sprays de zinc no son recomendables**, no porque sean de mala calidad sino porque suelen aplicarse tan solo como embellecedores, con **muy poca capa de recubrimiento**. Es mucho mejor aplicar los sprays **después de** una buena capa de pintura rica en zinc.



#### Protección catódica.

Procedimiento basado en el contacto eléctrico de las piezas a proteger con un ánodo de zinc en presencia de un electrolito. En estas condiciones el metal menos noble (ánodo de sacrificio de zinc) se va disolviendo lentamente, preservando del ataque corrosivo a la pieza de acero a la que está conectada.

Ánodos de sacrificio: se rige por la norma: pr EN 12496

##### Aspectos positivos

· Se aplica a estructuras de acero sumergidas o enterradas.

##### Aspectos negativos

· Para ser eficaz se requiere un buen contacto eléctrico del ánodo de sacrificio con el acero y una adecuada densidad de corriente.

# 3 Galvanizado en caliente general

según Norma UNE EN/ISO 1461



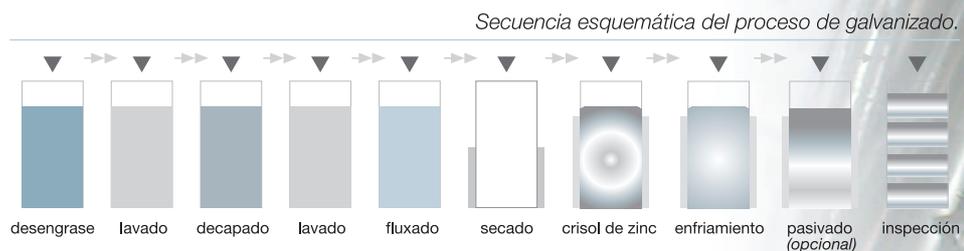
## 3.1 Definición.

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

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

## 3.2 Descripción del proceso.

Las piezas que van a ser galvanizadas se limpian de grasas (desengrase) y óxidos (decapado), y se introducen en un baño de zinc fundido a 450°C, produciéndose durante la inmersión una reacción químico-metalúrgica entre el hierro y el zinc, con varias capas de aleación hierro-zinc y una capa exterior de zinc puro.

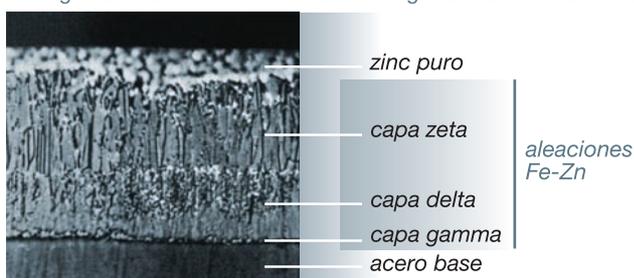


## 3.3 Características.

**Se garantiza un espesor de zinc muy superior al cincado electrolítico y también al galvanizado en caliente por proceso continuo** (Sistema Sendzimir).

**El recubrimiento** no es una mera deposición superficial de zinc sino que **constituye una verdadera aleación metalúrgica superficial** con 3 capas de aleaciones Fe-Zn y la cuarta más externa de zinc puro. Las aleaciones Fe-Zn aunque son frágiles son más duras que el acero base, lo que significa que resisten muy bien golpes o rozaduras sin desprenderse.

Micrografía de un recubrimiento de acero galvanizado en caliente.



**La protección es total**, llega incluso a los rincones y al interior de las zonas huecas ya que obligatoriamente ha de penetrar el zinc en el interior, pues en caso contrario, las piezas flotarían en el zinc fundido.

Esta es una de las razones para colaborar con nuestros técnicos, ya incluso en la fase de diseño, para conseguir el más adecuado, que nos garantice una buena calidad a un precio razonable.



Cuadro comparativo de espesores con los diferentes sistemas de galvanizado.

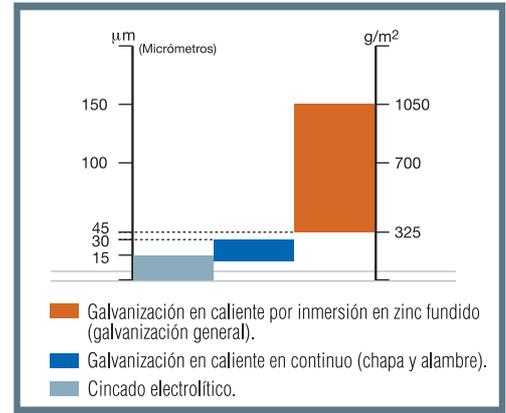


Tabla 3.3. A

Masas del recubrimiento.  
Según norma UNE-EN/ISO 1461

Espesor de la pieza	Valor local (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	masa g/m <sup>2</sup>	espesor μm	masa g/m <sup>2</sup>	espesor 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

Tabla 3.3. B

Duración de los recubrimientos galvanizados.  
Según norma UNE-EN/ISO 14713

Categoría de corrosividad (Ambientes)	Velocidad de Corrosión del Zinc (μm/año)
C1 Interior: seco.	<0,1
C2 Interior: condensación ocasional. Exterior: rural en el interior del país.	0,1 a 0,7
C3 Interior: humedad elevada, aire ligeramente contaminado. Exterior: urbano en el interior del país o costero de baja salinidad.	0,7 a 2
C4 Interior: piscinas, plantas químicas, etc. Exterior: industrial en el interior del país o urbano costero.	2 a 4
C5 Exterior: industrial muy húmedo o costero de elevada salinidad.	4 a 8

Tabla 3.3. C

### 3.4 Particularidades del galvanizado en caliente con centrifugado.

Las piezas pequeñas se galvanizan colocándolas en unas cestas metálicas perforadas, que se introducen dentro de un crisol de zinc a temperaturas de hasta 560°C y a continuación se someten a una centrifugación para su escurrido final.

La temperatura, tiempo de inmersión y la velocidad y duración del centrifugado pueden ajustarse automáticamente y de forma individualizada para cada producto.

Diámetro espesor de la pieza	Valor local (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	masa g/m <sup>2</sup>	espesor μm	masa g/m <sup>2</sup>	espesor μm
Piezas roscadas:				
> 6 mm	285	40	360	50
≤ 6 mm Ø	145	20	180	25
Otras piezas (incluyendo piezas moldeadas):				
Espesor ≥ 3 mm	325	45	395	55
Espesor < 3 mm	250	35	325	45

Tabla 3.4. A

#### 3.4.1 Descripción del proceso

El proceso es similar al del galvanizado en caliente anteriormente descrito, para las piezas grandes o normales.



### 3.5 Aspecto superficial del galvanizado en caliente general.

La norma UNE-EN-ISO-1461, actualmente vigente, en el punto 6.1, al referirse al aspecto del galvanizado, dice textualmente: **“La presencia de zonas grises más o menos oscuras, o una cierta irregularidad superficial no debe constituir causa de rechazo. Igualmente, las manchas de almacenamiento húmedo, productos de corrosión blancos o de color oscuro, constituidos principalmente por óxidos básicos de cinc, que se forman durante el almacenamiento en condiciones de humedad después de la galvanización, no deben constituir motivo de rechazo, a condición de que el espesor del recubrimiento subyacente permanezca por encima del valor mínimo especificado”.**

Nota 1.- **“Rugosidad” y “aspecto liso” son nociones relativas.** La rugosidad de los recubrimientos que se obtiene sobre las **piezas galvanizadas después de su fabricación** no es la misma que la de los productos escurridos mecánicamente, tales como las chapas y los alambres galvanizados (en proceso continuo)”.

Nota 2.- **“No es posible formular una definición del aspecto y del acabado que tenga en cuenta todos los requisitos prácticos”.**



Por tanto, deben considerarse “normales”, es decir, que se atienen a lo especificado en la norma correspondiente, los materiales galvanizados en caliente que presenten:

- 1- Una cierta irregularidad superficial, debida al propio proceso del galvanizado.
- 2- Zonas grises mas o menos oscuras en toda o en parte de su superficie debidas al alto contenido de silicio en el acero base.
- 3- Manchas blancas u oscuras, lo que técnicamente se denomina corrosión blanca, debidas al ataque químico de la humedad o agua de lluvia retenida en materiales recién galvanizados.



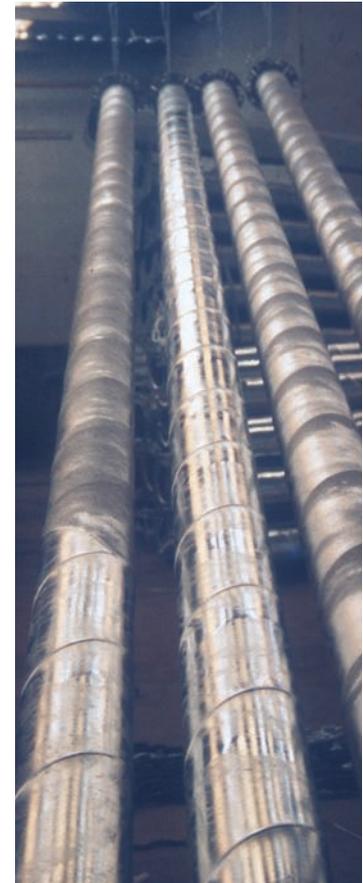
### 3.5.1 Influencia del silicio y del fósforo.

El **aspecto gris oscuro** se debe a la **composición química** del acero base (en concreto al % de Silicio y % de Fósforo) y no indica mala calidad del galvanizado. Al contrario **estos materiales “feos” poseen mayor espesor de recubrimiento; y, por tanto, mayor protección frente a la corrosión.**

La *Tabla 3.5.1. B* muestra la influencia que tienen los contenidos de silicio y fósforo del acero base sobre la cinética de las reacciones zinc-hierro durante la galvanización en caliente (efecto Sandelin).

Las clases de acero 2 y 4 producen recubrimientos más gruesos y una superficie más rugosa y de color más o menos gris oscuro mate.

Como indicación general se puede decir que los productos siderúrgicos laminados en frío suelen ser bajos en Silicio (Clase 1) y, por tanto, dan acabados más lisos y brillantes. No obstante hay que tener en cuenta que el brillo se irá perdiendo, pues el zinc lo ponemos para que se oxide él y no el hierro. La ventaja es que los compuestos de oxidación del zinc son duros, compactos e impermeables y no hinchan ni manchan.



Clase de Acero	Silicio + Fósforo (%)	Características de Recubrimiento
1	Si + P < 0,03%	Reacción hierro-zinc normal. Recubrimiento plateado brillante de espesor normal.
2	0,03% < Si + P < 0,13%	Dominio Sandelin: elevada reactividad hierro-zinc. Recubrimiento grueso de color gris oscuro.
3	0,13% < Si + P < 0,28%	Dominio Sebisty: reacción hierro-zinc normal. Recubrimiento de espesor medio y aspecto plateado mate.
4	Si + P > 0,28%	Elevada reactividad hierro-zinc. Recubrimiento grueso de color gris oscuro.

Tabla 3.5.1. A

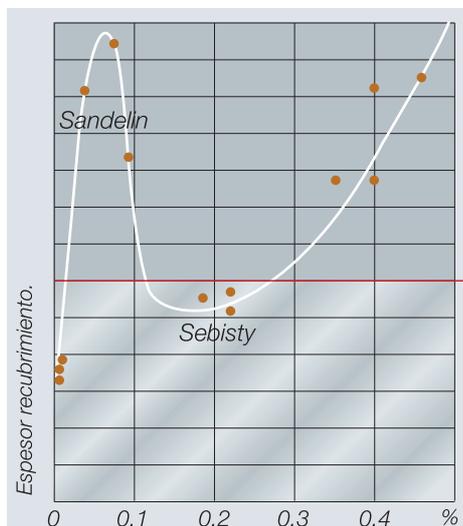


Tabla 3.5.1. B - Influencia del contenido en silicio y fósforo del acero sobre el espesor del recubrimiento galvanizado.

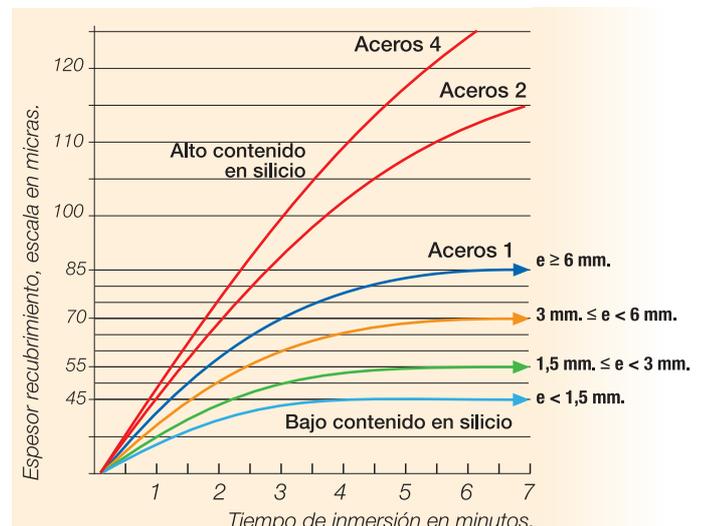


Tabla 3.5.1. C

## 3.6 Decálogo de razones para Galvanizar en caliente.

Dedicando sólo un minuto le invitamos al siguiente juego de preguntas/respuestas.

Observando las torres de tendido eléctrico, pórticos y postes de señalización así como guardarraíles o quitamiedos de carreteras, postes de la catenaria de RENFE, o cualquier otro material podríamos plantearnos las siguientes:

	Preguntas	Respuestas
1 <sup>a</sup>	¿Son de hierro?	Si
2 <sup>a</sup>	¿Son de acero inoxidable?	No
3 <sup>a</sup>	¿Están pintados?	No
4 <sup>a</sup>	¿Ha visto usted que tengan mantenimiento?	No
5 <sup>a</sup>	¿Muestran óxido de hierro?	No
6 <sup>a</sup>	¿Puede que los este viendo sin que el hierro se oxide desde hace 10, 20, 30 ó 40 años?	Si
7 <sup>a</sup>	¿A pesar de que algunos de ellos se encuentran en ambientes muy agresivos?	Si



La contestación Si a las preguntas 6<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup> le indicará sin error que se trata de materiales galvanizados en caliente por inmersión en zinc fundido.

**Al igual que las Empresas Eléctricas, el Ministerio de Obras Públicas o RENFE usted puede conocer las razones para beneficiarse de este milagro técnico que se llama Galvanizado en caliente según Norma UNE-EN-ISO 1461.**

- 1 Larga duración.**  
El galvanizador le garantiza micras según la Norma UNE-EN ISO 1461 (ver *Tabla 3.3. C*, página 17). Dividiendo micras garantizadas por velocidad de pérdida en micras/año (Ver tabla según Norma UNE-en ISO 14713) obtiene años de garantía. De todas formas puede salir a la calle: fácilmente encontrará farolas, postecillos de señales de tráfico, torres de tendido eléctrico, etc. que llevan 10-20-30 y más años a la intemperie sin problemas de oxidación.
- 2 Mantenimiento innecesario.**  
Insistimos: Las construcciones de acero galvanizado, como las líneas de electrificación de los ferrocarriles o las líneas de transporte de energía, no necesitan normalmente mantenimiento alguno a lo largo de toda la vida en servicio de las mismas. En casos especiales se puede acudir al sistema Dúplex: Galvanizado + pintura (que explicamos más adelante). Se multiplican así los efectos protectores.
- 3 Economía.**  
El razonable coste inicial de la galvanización unido a la elevada duración de los recubrimientos galvanizados, dan como resultado que este procedimiento sea el más económico de todos los conocidos para la protección a largo plazo de las construcciones férreas a la intemperie.
- 4 Versatilidad.**  
La galvanización en caliente sirve para la protección de toda clase de piezas y artículos de acero ya que protegen tanto de la corrosión atmosférica como de la provocada por las aguas o el terreno. Igualmente se pueden proteger desde pequeñas piezas, como clavos y tornillos, hasta grandes elementos estructurales.



### 5 Fiabilidad.

Los recubrimientos galvanizados en caliente son uno de los pocos sistemas de protección del acero que están perfectamente especificados por las normas nacionales e internacionales. Las principales normas españolas y/o internacionales que afectan a estos recubrimientos son las siguientes:

UNE-EN ISO 1461: Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo.

UNE-EN 10.242:95: Accesorios roscados de fundición maleable para tuberías.

pr UNE 37-505: Recubrimientos galvanizados sobre tubos de acero. Especificaciones para recubrimientos aplicados en instalaciones no automáticas.

UNE 37-507: Recubrimientos galvanizados de tornillos y otros elementos de fijación.

UNE-EN ISO 14713: Protección frente a la corrosión de estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de zinc y aluminio.

La medida del espesor de los recubrimientos puede realizarse con suma facilidad tanto en el taller como en obra mediante sencillos medidores magnéticos o electromagnéticos no destructivos.

### 6 Tenacidad del recubrimiento.

El galvanizado en caliente es una verdadera aleación metalúrgica superficial. Las aleaciones internas zinc-hierro son más duras que el acero base por lo que confieren al acero galvanizado una elevada resistencia a los golpes y a la abrasión propios del manejo, transporte, almacenamiento y montaje del material, mientras que la capa externa de zinc puro es más blanda y amortigua los golpes.

### 7 Recubrimiento integral.

Al tratarse de inmersión en zinc líquido quedará recubierta la totalidad de la superficie de las piezas tanto interior como exteriormente, siempre que hayan sido preparadas con un adecuado diseño que permita la entrada de zinc a todos los rincones y partes ocultas.

### 8 Protección triple.

Los recubrimientos galvanizados protegen al acero de tres maneras distintas:

1. Porque constituyen una **barrera metálica dura, unida metalúrgicamente al hierro base**.
2. Porque proporcionan protección catódica (**mientras haya zinc no se oxidará el hierro**) incluso a las pequeñas zonas que puedan quedar desnudas (bordes de cortes o taladros, arañazos, etc.)
3. Porque **los productos de oxidación del zinc** son compactos, homogéneos, duros, impermeables e inertes y **actúan de pasivantes** (frenan la velocidad de corrosión de la capa protectora).

### 9 Fácil de soldar.

Es cierto que soldar a posteriori piezas galvanizadas en caliente es engorroso. Es cierto que hay que adecuar y conocer bien la técnica operatoria y los parámetros adecuados de soldeo (ver *Ficha Técnica 2.10*). Pero las zonas del recubrimiento quemadas por efecto del calor de la soldadura se pueden restaurar fácilmente mediante metalización con zinc o pintura rica en zinc.

Es muy práctico conocer el efecto de las pinturas de enmascaramiento. Ver apartado correspondiente sobre Soldadura después de galvanizado, punto 4.4, página 33.

### 10 Fácil de pintar.

Pintar el acero galvanizado se hace o bien por motivos decorativos de señalización, camuflaje, etc., o bien para aumentar la duración de la protección en ambientes muy agresivos. Es primordial conseguir una buena adherencia de las pinturas sobre el acero galvanizado. Al tratarse de superficies metálicas lisas es necesario "morder" dicha superficie para abrir poro.

Es importante no improvisar. Hay que aplicar una imprimación previa adecuada o utilizar pinturas específicas para material galvanizado.

## 3.7 Campos de aplicación.

1.- **Ingeniería civil:** Estructuras, puentes, escaleras exteriores (también de caracol) pasarelas, tubos de drenaje, pabellones y naves comerciales, industriales o deportivas, incluidas piscinas, o piezas sumergidas en agua de mar, cerramientos...



2.- **Armaduras para el hormigón:** Redondos lisos, corrugados, mallazos y ferrallas en zonas muy agresivas o de elevada salinidad. Los ensayos de adherencia realizados por el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento sobre barras corrugadas de diámetros 8 -16 y 32 mm, demostraron que en las barras de 32 mm la adherencia más elevada corresponde a las galvanizadas. En las de diámetro 16 y 8 mm la adherencia de las galvanizadas es inferior a la de las barras en acero negro pero superior al mínimo exigido por las normas. *Ver Ficha Técnica 5.1.*



3.- **Materiales para calles y vías públicas:** Soportes de señalización vertical y de tráfico, barreras de seguridad o quitamiedos, columnas, báculos y pórticos de información.



4.- **Servicios de electricidad, gas, agua y telecomunicaciones:** Postes y torres eléctricas, subestaciones, estructuras para generación de energía solar o eólica, equipos para tratamiento de aguas incluso aguas residuales o marinas...



5.- **Agricultura, ganadería, pesca y horticultura:** Instalaciones cubiertas o al aire libre para ganados, silos, tanques, invernaderos, piscifactorías, equipos de riego, mataderos, etc...



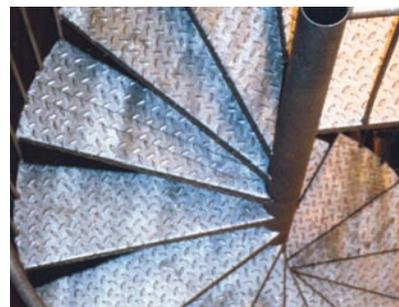
6.- **Elementos de transporte por ferrocarril, carretera, naval o aéreo:** apoyos, soportes, tirantes y herrajes de catenarias, cabinas de señalización, marquesinas de andenes, infraestructuras para el metro...plataformas de camiones o remolques equipos y materiales para puertos y muelles, tubos de refrigeración de motores de barcos, anclas, cadenas, aparejos de pesca...equipamiento de aeropuertos, vallados, iluminación, pantallas antirruído...



7.- **Dispositivos de fijación:** tuercas, tornillos, arandelas, clavos, abrazaderas, accesorios de unión de tuberías...



8.- **Equipos industriales:** Equipos de muelles de carga y descarga, escaleras, andamiajes, depósitos, tanques, cisternas, cintas transportadoras, equipos de minas y canteras...



9.- **Materiales de arte y decoración:** Esculturas, monumentos, materiales para jardines y parques públicos, parques infantiles, postes publicitarios....



# 4 Recomendaciones del diseño de las piezas. Problemas técnicos

## 4.1 Deformaciones por dilatación.

El contacto de los materiales féreos con el zinc fundido a 450°C puede originar deformaciones como efecto de la dilatación térmica.

La deformación afecta en mayor o menor medida en función del espesor de los materiales, la distribución geométrica de las partes, el sistema y secuencia de las soldaduras, las tensiones residuales internas acumuladas en la construcción de las piezas, etc. En algunos casos es conveniente aplicar un tratamiento térmico antes de la galvanización.

La deformación puede, en casos extremos, anular la funcionalidad del material.

Es muy importante conocer este tema, consultando o teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:



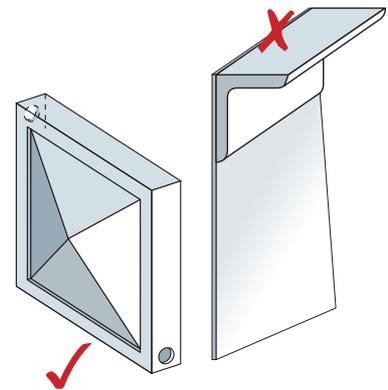
### 4.1.1 Deformación en chapas planas.

La deformación de las chapas será mayor cuanto menor sea su espesor o sección transversal y sobre todo cuando chapas finas se ensamblan a angulares o materiales mucho más gruesos.

Cuando sea posible, la superficie de la chapa se debería diseñar en punta de diamante o con nervaduras.

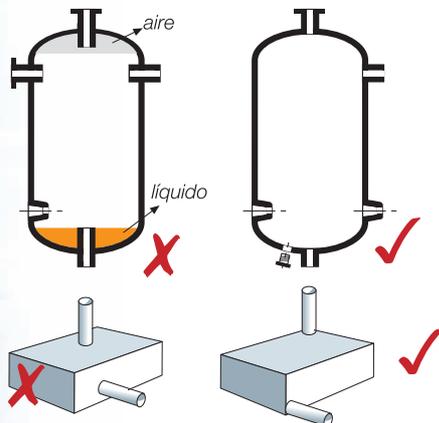
Para evitar o minimizar la distorsión se recomienda:

- *utilización de diseños simétricos.*
- *empleo de espesores de material uniformes.*
- *separación de materiales finos y gruesos (p.e. en el caso de puertas, separar la chapa del marco)*
- *utilización de técnicas de soldeo adecuadas para evitar la acumulación de tensiones. (ver Ficha Técnica 2.9)*

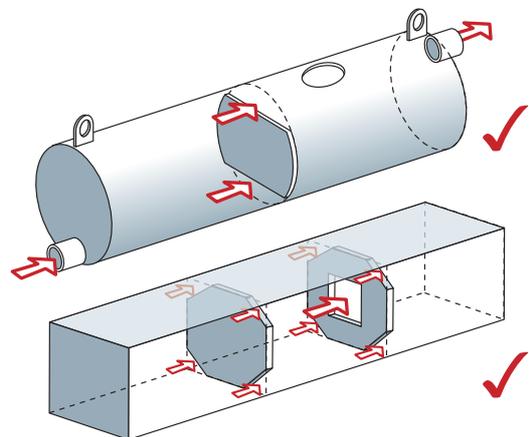


### 4.1.2 Deformación en depósitos.

Es mayor en depósitos prismáticos abiertos donde las caras presentan mucha superficie de chapa fina frente a los apoyos o guías gruesos. Será necesario hacer refuerzos o nervaduras. En los depósitos cilíndricos el fenómeno es mucho menor pero no puede excluirse del todo. En ocasiones hay que hacer pruebas previas.



Depósito vertical hasta 3m.



Depósito horizontal superior a 3m.

## 4.2 Drenaje.

Necesidad de drenaje y ventilación en zonas críticas.

### 4.2.1 Drenaje en cavidades cerradas.

Cualquier material de hierro que tenga zonas internas huecas estancas con un volumen igual o superior al 10% del volumen total, flota cuando se intenta sumergirlo en zinc líquido, porque el empuje hacia arriba (Principio de Arquímedes) es entonces superior al propio peso de la pieza.

Este es el **primer motivo** por el que las piezas huecas han de estar abiertas o perforadas con orificios de drenaje y de ventilación.

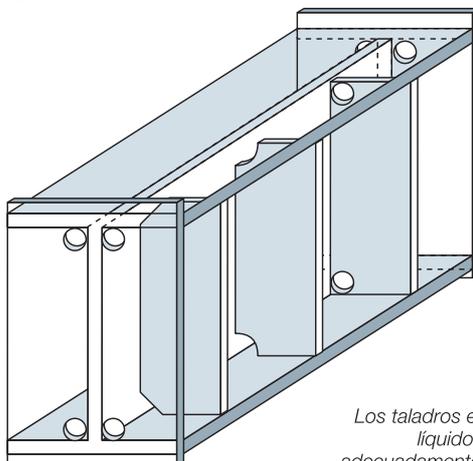
Los orificios, taladros, cortes o escotaduras tienen dos funciones:

**1ª.-** En la parte inferior de las zonas huecas, o fondo de los recovecos cóncavos, los agujeros han de permitir que entren y salgan por ellos tanto los líquidos de desengrase y decapado previos al galvanizado, como el propio zinc líquido. Por ello es importante que los agujeros sean de diámetro adecuado (Tabla 4.2.1. A). Además deberán hacerse lo más cercanos posible al extremo inferior, para que al extraer las piezas el drenaje sea completo (no queden líquidos o zinc retenidos).

**2ª.-** En la parte superior de las zonas huecas o techos de los cajones o rincones convexos, los agujeros han de permitir que no quede aire retenido, de manera que al sumergir las piezas la ventilación sea completa. Si no sale el aire no entran los líquidos de desengrase y decapado ni el propio zinc y esa zona no se galvanizará, habremos dejado un punto interno de comienzo de oxidación. También aquí el diámetro de los agujeros, o taladros o escotes de ventilación ha de ser lo más grande posible, pues además de la salida del aire deben salir las posibles escorias o tierras que se forman en la caldera de zinc.

Medida de los perfiles huecos (mm)			Diámetro mínimo de los orificios en mm.		
○	□	▭	1 orificio	2 orificios	4 orificios
15	15	20x10	8		
20	20	30x15	10		
30	30	40x20	12	10	
40	40	50x30	14	12	
50	50	60x40	16	12	10
60	60	80x40	20	12	10
80	80	100x60	20	16	12
100	100	120x80	25	20	12
120	120	160x80	30	25	20
160	160	200x120	40	25	20
200	200	260x140	50	30	25

Tabla 4.2.1. A



*Los taladros eran pequeños. Quedó zinc líquido retenido que no pudo salir adecuadamente y se solidificó al enfriarse.*



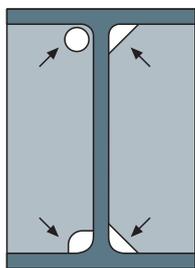
El **segundo motivo**, no menos importante, de la necesidad de hacer agujeros de drenaje es que los líquidos acuosos del desengrase y decapado retenidos en las zonas cóncavas, cuando entran en contacto con el zinc líquido a 450°C se evaporan instantáneamente. Esto origina explosiones de vapor de agua que pueden afectar a la seguridad de los operarios o, incluso provocar fisuras en las soldaduras o deformaciones y reventones en los materiales.

La *Tabla 4.2.1. A* muestra los **taladros o cortes necesarios mínimos correctos**: es decir, en todas y cada una de las zonas huecas; si la forma de colgar las piezas es la de la *Fig. 4.2.1. A*, **un orificio por la zona inferior derecha para entrada y salida de los líquidos y un orificio en diagonal opuesta en la zona superior izquierda para ventilación o salida de aire**.

Si la forma de colgar la pieza fuera de inclinación inversa los agujeros de drenaje deberán hacerse en la zona inferior izquierda y los de ventilación en la superior derecha. (*Fig. 4.2.1.B*)

**Lo ideal y más seguro será hacer siempre orificios pasantes, es decir, tanto a la izquierda como a la derecha: por abajo y por arriba, de modo que de igual la forma de colgarla.** (*Fig. 4.2.1. C*)

El tamaño de los taladros debe ser proporcional al volumen de las zonas huecas.



Sección transversal de una viga principal que muestra los tres tipos de cortes necesarios para facilitar el paso del metal durante el proceso de galvanización en caliente.

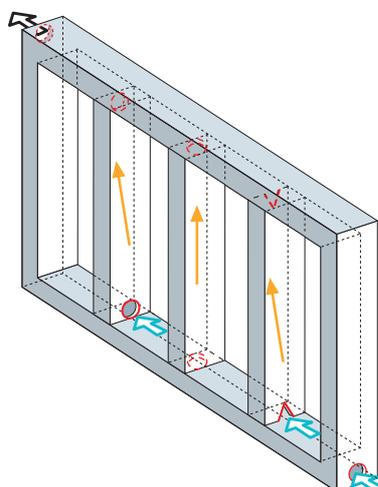
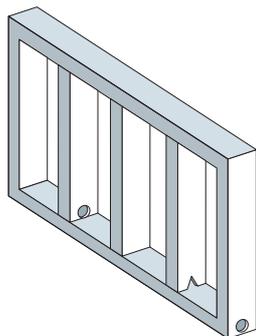
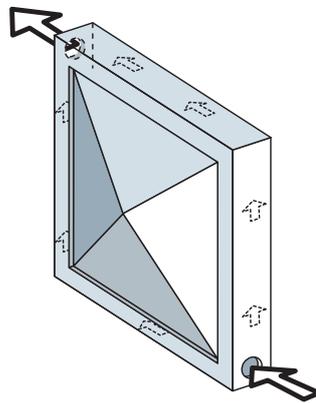


Fig. 4.2.1. A

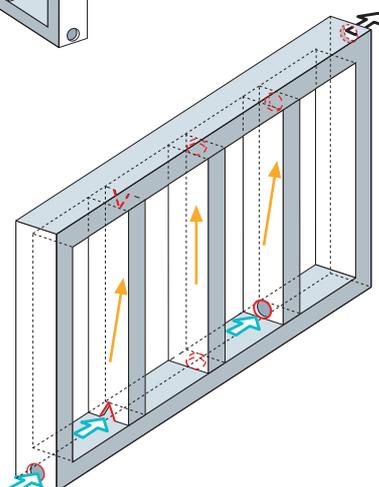


Fig. 4.2.1. B

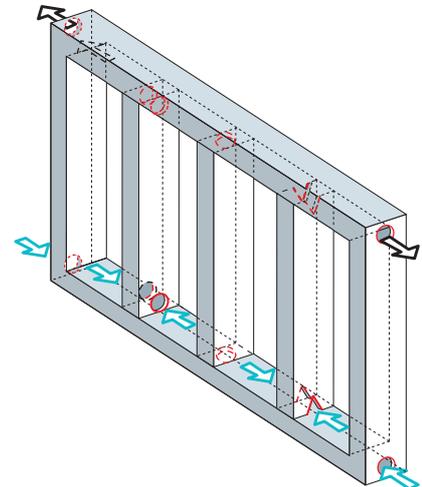


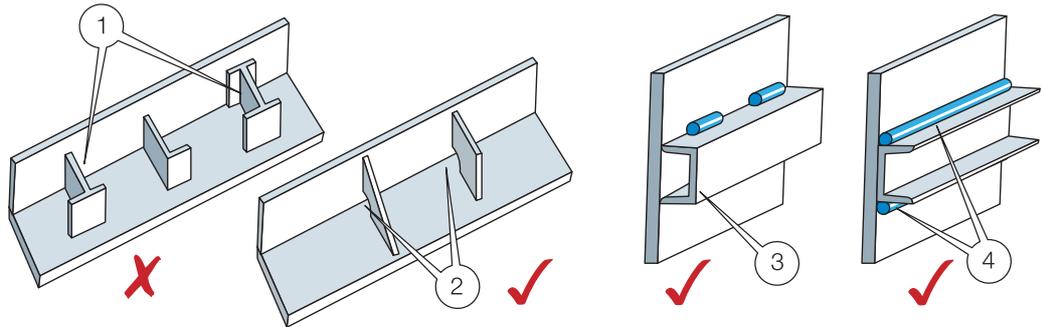
Fig. 4.2.1. C- Opción óptima.

➡ Entrada de zinc.  
➡ Salida de aire.

#### 4.2.2 Drenaje en uniones soldadas de refuerzo.

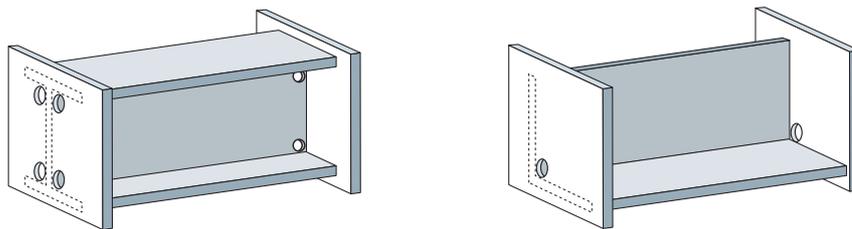
De acuerdo con lo expuesto en el punto anterior:

- Cuando se utilicen cartelas de refuerzo en vigas habrá que dejar escotado o taladrado el rincón de unión entre el alma y las alas.



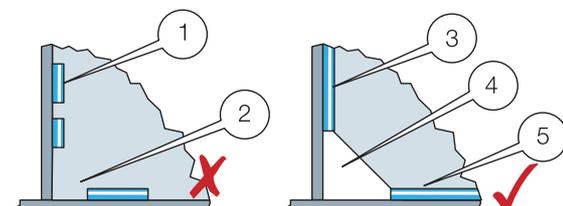
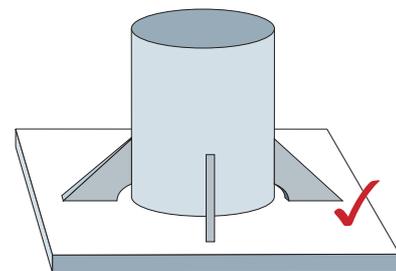
1. Evitar rigidizadores de pequeña sección y los perfiles en T o en U.
2. Utilizar preferentemente rigidizadores simples.
3. Con soldadura discontinua, evitar superficies de solape.
4. Utilizar preferentemente soldadura continua, lisa y libre de escoria y de proyecciones de soldaduras, cuando haya superficies de solape.

- Cuando se utilicen placas de asiento de perfiles abiertos hay que practicar los orificios adecuados lo más cerca posible de cada rincón de 3 caras.



- Practicar orificios de, al menos, 13 mm de diámetro en las placas de asiento de los perfiles, lo más cerca que se pueda de los ángulos interiores.

- Cuando se utilicen escuadras de unión entre tubos o perfiles huecos y las placas de base las escuadras deberán ir recortadas o taladradas de manera que queden libres las zonas de contacto entre ambas.



1. Evitar las soldaduras discontinuas en el rigidizador.
2. Evitar que el refuerzo llegue demasiado cerca del alma.
3. Utilizar preferentemente la soldadura continua.
4. Dejar una abertura grande para facilitar el acceso.
5. Situar preferentemente el refuerzo alejado del alma.

## 4.3 Soldadura, evitar poros y zonas de solape.

Al galvanizar piezas que tienen uniones con solape y soldadura discontinua (ver Fig. 4.3. A) se produce un efecto negativo muy significativo.

La soldadura discontinua permite que por las rendijas estrechas del contacto entre las placas, entren líquidos del decapado llenando la zona de solape.

Estos líquidos al entrar en contacto con el zinc fundido saldrán expulsados violentamente en forma de gases de manera que se impide la entrada de zinc en toda la zona interna de contacto o solape. Es decir dicha zona interna no se galvaniza.

Por lluvia o humedad alta no es infrecuente que penetre agua en esas zonas de solape que no quedaron galvanizadas, de manera que al poco tiempo empiezan a “rezumar” óxido que mancha llamativamente todo el material, produciendo la impresión errónea de que las piezas galvanizadas “se están oxidando”.

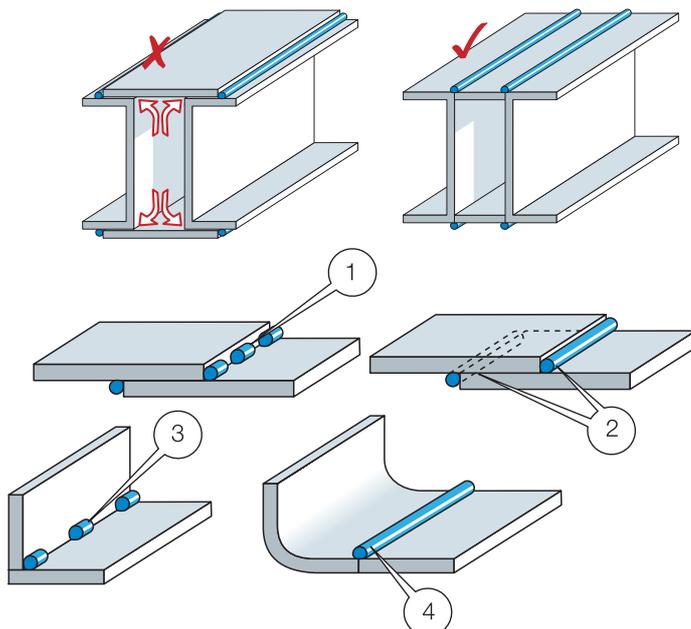
El mismo efecto que el comentado se produce en cualquier soldadura cuando el soldador deja “poros”, en los que penetran los líquidos, pero no puede entrar el zinc. Se convierten en un punto del que salen líquidos negros o rojos de óxido del hierro que ensucian el material galvanizado.

No hay más remedio que limpiar lo manchado y sellar las rendijas o los poros.

La Fig. 4.3. B hace referencia al caso de solape de gran superficie entre placas unidas con soldadura continua o cerrada. Existe el peligro de que por algún poro entre líquido acuoso del decapado que rellene la zona interna de solape. Si las placas son finas se deformarán por la fuerza de la expansión de los gases producidos, produciendo incluso fisuras o rotura de las soldaduras. Es conveniente entonces practicar uno o más taladros en una de las dos caras para que los gases tengan salida. Como en el caso de los poros o rendijas estrechas habrá que, posteriormente al galvanizado, sellar esos taladros para impedir que entre agua o humedad a la zona interna no galvanizada.

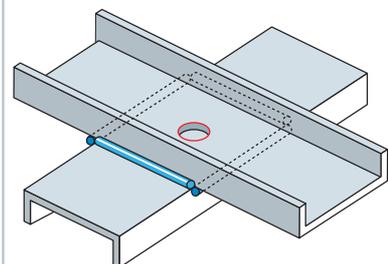


Fig. 4.3. A



1. Evitar las uniones en solape con soldadura discontinua.
2. Utilizar preferentemente uniones solapadas cerradas completamente.
3. Evitar los ángulos vivos y las soldaduras discontinuas.
4. Utilizar preferentemente ángulos redondeados y las soldaduras a tope (a testa) continuas.

Fig. 4.3. B



En superficies en contacto se debe practicar un taladro, especialmente cuando el acero es de poco espesor. El tamaño del taladro estará en relación con el área de las superficies solapadas. Puede ser necesario más de un taladro dependiendo de la forma de la zona de solape.

## 4.4 Soldadura posterior al galvanizado,

pintura de enmascaramiento y pintura rica en zinc.

Cuando se hace ensamblado de piezas no mediante tornillos, sino mediante soldadura posterior al galvanizado, surge una dificultad: la soldadura de materiales ya galvanizados en caliente es engorrosa y complicada (ver *Ficha Técnica 2.10*).

Para ayudar a los soldadores podemos realizar el siguiente protocolo:

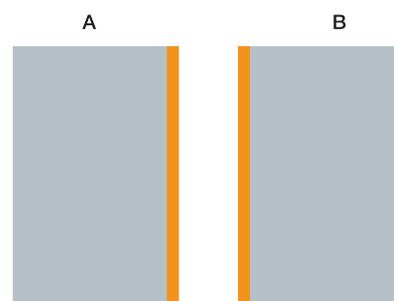
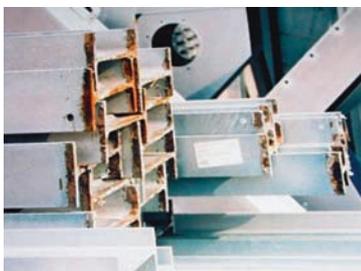
**1º. Pintar con pintura de enmascaramiento** las zonas que sabemos que han de ser soldadas después de galvanizadas. Esa pintura **impide la toma de zinc en esa zona sobre la que irá el cordón de soldadura** (es suficiente una anchura de 2 ó 3 cm. a cada lado). La pintura debe aplicarla el taller que fabrica las piezas, para que cuando lleguen a la planta de galvanización esté debidamente adherida y resista todo el proceso de desengrase, decapado e inmersión en zinc fundido, sin que salte. Esta pintura queda carbonizada al entrar la pieza en el zinc fundido.

**2º.** Con un cepillo metálico se eliminan los restos de pintura quemada y se limpia la superficie de ambas partes que van a ser soldadas.

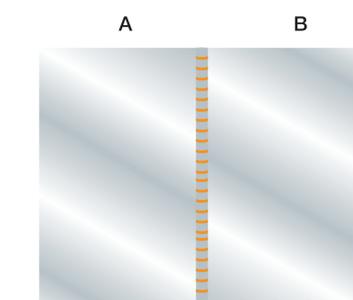
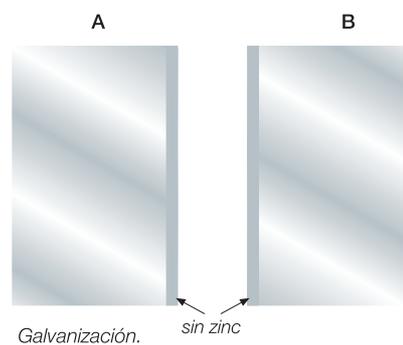
**3º.** Se realiza la soldadura de manera totalmente normal.

**4º.** Tanto sobre el cordón de soldadura realizada como sobre el resto de superficie que ha quedado sin zinc hay que aplicar un **proceso de reacondicionamiento o protección**. La Norma UNE-EN-ISO 1461, admite tres procedimientos posibles:

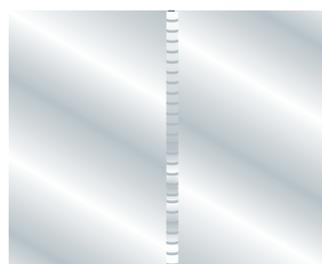
- . Proyección térmica de zinc o metalizado a pistola: (el mejor, pero muy caro y no siempre asequible)
- . **Pintura rica en zinc de calidad adecuada:** es el sistema más práctico (remitimos a lo expuesto en el punto 2.3.3.5, página 18 y la Ficha Técnica 2.12)
- . Barritas de aleación de bajo punto de fusión.



— Pintura de enmascaramiento.  
Previa al galvanizado.



Soldadura normal.



Reacondicionamiento con pintura rica en zinc. Se puede **añadir (no sustituir) spray de zinc** para que quede más homogéneo el acabado.

## 4.5 Guía de respuestas ante dudas o preguntas.

### Sobre manipulación del acero.

- Nunca maneje los materiales recién galvanizados con las manos desnudas.
- Utilice guantes de trabajo gruesos de buena calidad para su manipulación.
- Inspeccione el material para detectar rebabas cortantes o punzantes.
- Elimine las rebabas y pinchos con una lima de grano grueso.

### Sobre operaciones de corte y soldadura.

- Capte el humo en el mismo puesto de soldadura.
- Ventile el taller adecuadamente.
- No inhale los humos que se producen al cortar o soldar.
- Consulte con el médico si se ha inhalado mucho humo de zinc.

### En caso de incendio el recubrimiento galvanizado:

- No protege al acero frente al fuego.
- No se quema por debajo de 900°C
- Por encima de esa temperatura se debe evitar aspirar los humos de óxido de zinc producidos.
- Por lo demás no constituye riesgo alguno para los bomberos.

### Sobre diseño y fabricación.

- Pueden galvanizarse todas las clases de acero suave, algunos aceros poco aleados, las fundiciones de hierro y la fundición de acero.
- Pueden galvanizarse piezas con una gran variedad de formas, tamaños y pesos, pero conviene conocer o preguntar las **dimensiones del crisol del zinc**.
- Observe siempre las recomendaciones sobre la disposición de los **agujeros de respiración** en los perfiles y en los cuerpos huecos.
- Prevea una **holgura** adicional de 4 veces el espesor del recubrimiento galvanizado en la tornillería y en las partes roscadas.
- Prevea una **holgura** adicional de 1mm en las partes de las piezas que vayan a estar acopladas a otras y deban mantener su movilidad.
- No galvanice piezas soldadas con soldadura blanda, (p.e. de estaño) porque fallarán las uniones.
- No utilice durante la soldadura eléctrica por arco productos antisalpicaduras que contengan **silicona**, porque el recubrimiento galvanizado no se formará correctamente sobre las zonas en donde se hayan aplicado.
- Elimine mediante chorreado con granalla la arena de moldeo adherida a las piezas de fundición, porque el recubrimiento galvanizado no se forma sobre ella.
- Evite en lo posible las superficies **solapadas**. Si no fuera posible, tenga en cuenta las recomendaciones de diseño para facilitar la ventilación en estas zonas.
- Recuerde que el galvanizador debe colgar sus piezas para introducirlas en el baño de galvanización. Asegúrese de que se dispongan los necesarios **puntos de enganche**.
- No pretenda galvanizar construcciones que sean muy robustas en un plano y muy débiles en otros, ya que pueden sufrir **distorsiones**. Consulte previamente con el galvanizador.
- Evite las superficies grandes de chapa fina que no estén adecuadamente rigidizadas, porque es fácil que sufran **deformaciones**.
- Para el caso de piezas o estructuras complicadas y siempre que inicie la fabricación de materiales que deban ser galvanizados es muy aconsejable que se ponga en **contacto con nosotros**, mejor incluso en la fase del diseño. Cualquier corrección o detalle que en ese momento no tenga importancia para usted puede facilitar enormemente el proceso del galvanizado, con una mejor calidad o incluso con un precio más ajustado.

## 4.6 Pintura sobre galvanizado. Sistema Dúplex

Norma UNE EN ISSO 12944: partes 1-6.

Los sistemas dúplex a base de una o varias capas de pintura sobre los recubrimientos galvanizados se utilizan generalmente cuando es necesario utilizar determinados colores con fines de balizaje o identificación o por motivos iconográficos de marca. A veces también es necesaria una protección especial por la gran agresividad del medio ambiente.

**Aspectos positivos** La duración de protección frente a la corrosión es mucho más prolongada que la que corresponde a la suma de cada sistema individual por separado: galvanizado y pintura. Esto es debido a que se produce un efecto sinérgico de protección mutua pintura-zinc que viene expresada en la siguiente fórmula.

$$\text{Duración total de la protección con dúplex} = K * (\text{Duración del zinc} + \text{Duración de la pintura})$$

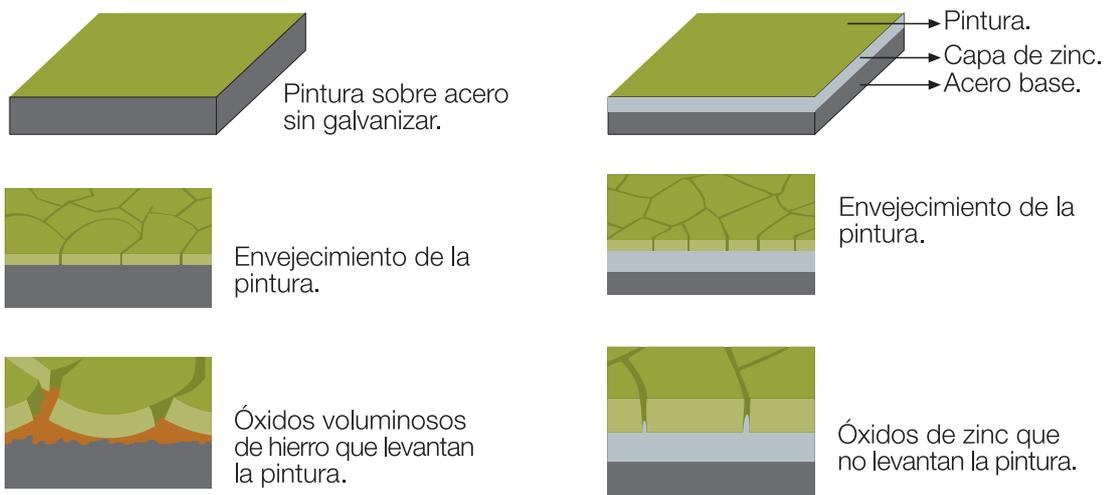
**siendo  $1.2 < K < 2.5$**

(El valor de **k** depende del tipo de pintura y las condiciones ambientales de exposición)

Lo explicamos:

Con el paso del tiempo una pintura aplicada directamente sobre hierro no sólo se cuartea, sino que se ahueca y despega porque los óxidos de hierro al hidratarse aumentan hasta 8 veces el volumen original de hierro.

En cambio, si la pintura está aplicada sobre zinc, cuando la pintura se cuartea, se oxidará el zinc, pero los productos de corrosión del zinc son compactos y no voluminosos, por lo que la pintura no se despegará ni ahueca y permanece perfectamente adherida al sustrato.



**Aspectos negativos** No se puede aplicar sin más una pintura directamente sobre el galvanizado porque la capa de zinc da una superficie muy lisa y falta de anclaje, de manera que al poco tiempo la pintura se despegará.

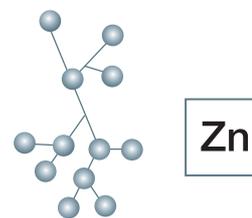
Es necesario abrir poro sobre la superficie de zinc, bien mecánicamente con chorro de arena o bien químicamente con una imprimación adecuada. Recientemente las mejores marcas comerciales de pinturas fabrican pinturas específicas para aplicar sobre galvanizado que ya llevan incorporada la imprimación previa.

Respecto a la preparación superficial y los tipos de pintura más adecuados consultar la *Ficha Técnica 4.3* correspondiente a Galvanización en caliente más pintura: Sistema Dúplex.

# El Zinc, esencial para la vida.

Galvanizado y productos alimentarios.

El zinc es uno de los elementos naturales que se denominan oligoelementos, es decir elementos químicos que los seres vivos necesitan en pequeñas cantidades, y cuya ausencia produce trastornos más o menos graves. Todos estamos familiarizados con que la ausencia de hierro en nuestro organismo produce anemia.



Zinc

Respecto al zinc se conoce la importancia que tiene en el proceso reproductor de las células, así como en el sistema inmunológico frente a las infecciones. Desde hace mucho tiempo se conoce la capacidad del zinc para cicatrizar las heridas y mantener la piel sana de manera que se utiliza en pomadas para las escoceduras, champús preventivos de la caída del cabello y en cremas bronceadoras y de protección solar. También se conocen sus efectos estimulantes de la actividad cerebral y de la fertilidad tanto masculina como femenina.

El zinc se encuentra fundamentalmente en las verduras, carnes rojas (hígado y carne de vaca) y pescados, especialmente las ostras. Otras fuentes son los cereales, las judías, los quesos y los frutos secos.

Nuestra cultura ecológica cada vez más consciente de los riesgos de contaminación por metales pesados hace que se tomen medidas de protección tanto del medio ambiente como de las personas, a través de la regulación de los productos añadidos a los alimentos.

Los aficionados a la caza de patos en la Albufera de Valencia conocen bien la prohibición de usar perdigones de plomo, porque la acumulación de dicho metal en los lodos hace que disminuya o se anule la fertilidad de las aves acuáticas.

Al respecto un detalle muy curioso y a la vez desconocido es que al contrario de lo que sucede con los demás metales pesados, **el zinc sobrante de nuestro organismo es excretado por la orina** sin producir trastornos posteriores, incluso en las personas que han estado sometidas a una sobredosis.

Veámos el caso de lo que se denomina **Fiebre del zinc o fiebre del soldador**.

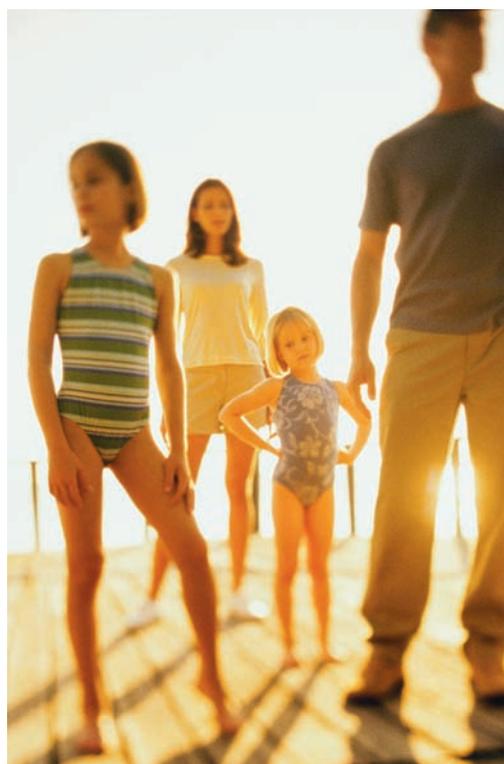
La elevada temperatura en las operaciones de soldadura sobre materiales galvanizados provoca la vaporización parcial del zinc que forma humos blanco-grisáceos de óxido de zinc. Para evitar una excesiva exposición del operario a los humos de zinc es necesario disponer de algún ventilador o dispositivo de aspiración junto a la zona de soldadura.

Sin embargo, si no se tomaron las debidas precauciones tendentes a evitar que se acumule zinc en los pulmones del soldador, se puede producir en el operario un cuadro clínico característico denominado "fiebre del zinc".

Desde antiguo era recomendada la toma de leche abundante. El resultado es que, a pesar de lo aparatoso del cuadro clínico, el operario a las 48 horas estará con los niveles normales de zinc y habrán desaparecido todos los síntomas. Sencillamente el zinc ha sido excretado por la orina.

En consonancia con lo expuesto cabe citar el REAL DECRETO 397/1990 de 16 de Marzo, actualmente vigente, por el que se aprueban las condiciones generales de los **materiales para uso alimentario**, distintos de los poliméricos. El Artículo 3º dice textualmente: "**Se autorizan para uso en contacto con los alimentos y productos alimentarios, los materiales incluidos en la siguiente lista positiva:**

- b) Aluminio y sus aleaciones.
- d) Acero recubierto de cromo, estaño o **zinc. (este es el caso del acero galvanizado)**.
- e) Aceros inoxidables.
- g) **Zinc y sus aleaciones.**
- h) Estaño y sus aleaciones.





*Los contenidos de esta guía han sido elaborados por Galvanizadora Valenciana, S.A. © 2010*

*Diseño y maquetación S&R COMUNICACIÓN - [www.srcomunicacion.com](http://www.srcomunicacion.com)*





**GALESA**  
GALVANIZADORA VALENCIANA, S.A.



**Galvanizadora Valenciana S.A.**

Pol. Ind. Castilla. Vial, 2, 46380 CHESTE - (Valencia)

Tel. 962 514 041 - Fax 962 514 037

web: [www.galesa.com](http://www.galesa.com) · e-mail: [galesa@galesa.com](mailto:galesa@galesa.com)