

**ZINC** | **international**  
zinc association



¡ Galvaniza !



# Todos los caminos apuntan a la excelencia del GIC: Normas y apariencia

**ZINCposios GIC, IZA, 2024.**

**Emmanuel A. Ramírez G. (IZA).**

Para FEDIMETAL, Ecuador, 20 de Marzo 2024.

# Contenido:

1. Generalidades de ISO 1461/NMX-H-004 (General/ por Lote).
2. Generalidades de ASTM A-123.
3. Diseñando para el GIC.
4. Información de la orden y lo que debemos saber.
5. Apariencias del GIC.

# Objetivo del GIC.

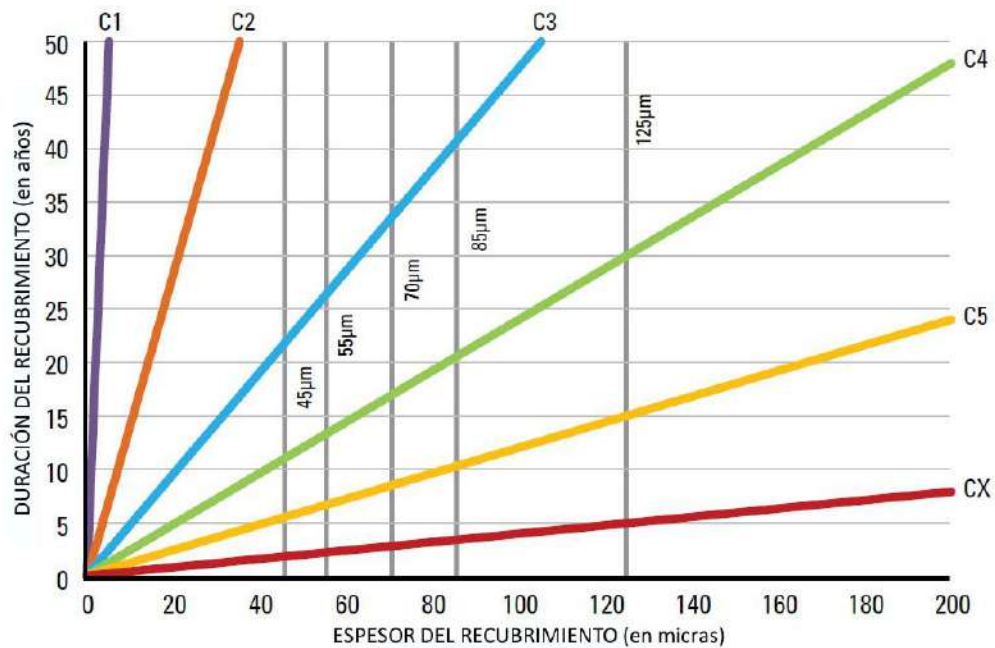
- Proteger al acero y/o hierro contra la corrosión a través de una capa de Zinc (min. 98-98.5%) y otros metales.
- **IMPORTANTE: El GIC no es un recubrimiento de ORNATO NI UN ACABADO.**

▪(ver AMEGACÁPSULA): [https://www.youtube.com/watch?v=\\_Vtpk9bgJOM](https://www.youtube.com/watch?v=_Vtpk9bgJOM)

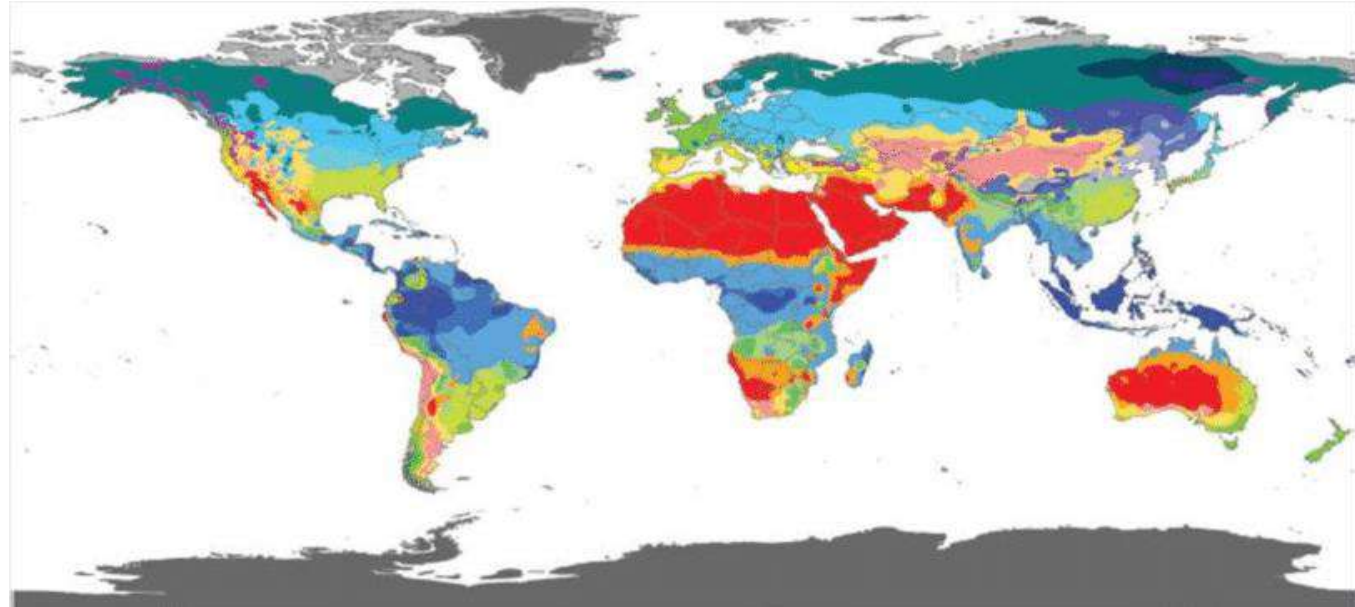
# Antes de Construir, debemos considerar...

Climas según. Köppen-Geiger.

Checar: ISO 9223, 9224, 12944.



Gráfica: Tiempo requerido para el primer mantenimiento dependiendo del ambiente en el que se encuentra la pieza. Fuente: ISO 9224



[https://www.researchgate.net/figure/Koppen-climate-classification-Map-Map-references-Pill-et-al-2007\\_fig1\\_324265237/download](https://www.researchgate.net/figure/Koppen-climate-classification-Map-Map-references-Pill-et-al-2007_fig1_324265237/download)

- Apoyo de: corrosionistas, asociaciones de galvanizadores, asociaciones de otros recubrimientos.

# 1. Generalidades de ISO 1461/NMX-H-004.

- Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y ensayo.
- APOYO: ISO 14713:2011, directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de zinc.



Imagen: Biblioteca IZA, Latinoamérica, baño de galvanizado.

- ISO 1461/NMX-H-004: 98.5% Zinc, 1.5% receta de la casa.



Imagen: Biblioteca IZA, Latinoamérica, medición de espesores.

- Superficie significativa.
- Muestra de control.
- Área de referencia.
- Espesores acero y GIC.
- Inspección en planta.
- Reparación hasta cumplir.
- Óxido blanco.
- Requerimientos del contrato.



Imagen: Biblioteca IZA, Latinoamérica, diseño previo al GIC.

- Diseño: ISO 14713, consultar al galvanizador antes de elaborar piezas: ACUERDOS.
- Química del acero, libres de grasas y escoria.
- ¿Pretratamiento especial?



Imagen: Biblioteca IZA, Latinoamérica, acabado de piezas.

1. Libre de defectos a simple vista.
  2. Color y rugosidad: NO SON MOTIVOS DE RECHAZO.
  3. Libre de residuos de Flux y Ceniza que afecten al recubrimiento.
  4. Remover bordes y picos que puedan causar heridas.
- <https://galvalatina.com/2022/03/29/serie-de-videos-de-inspeccion-de-acero-galvanizado-por-inmersion-en-caliente-general-o-por-lote/>

# Requerimientos ISO 1461/NMX-H-004:

- Espesor: Tabla 3, 4: ISO 1461.
- Retoque:  $\leq 0.5\%$  ,  $\leq 10\text{cm}^2$ .
- Métodos de reparación: Metalizado (ISO 2063), soldaduras base zinc, pinturas ricas en zinc (ISO 3549). Min.  $100\mu\text{m}$ .
- Adherencia: "El recubrimiento de zinc debe adherirse al substrato lo suficientemente bien como para resistir el transporte, manipulación, ensamble y servicio de las piezas tal y como se planeó."

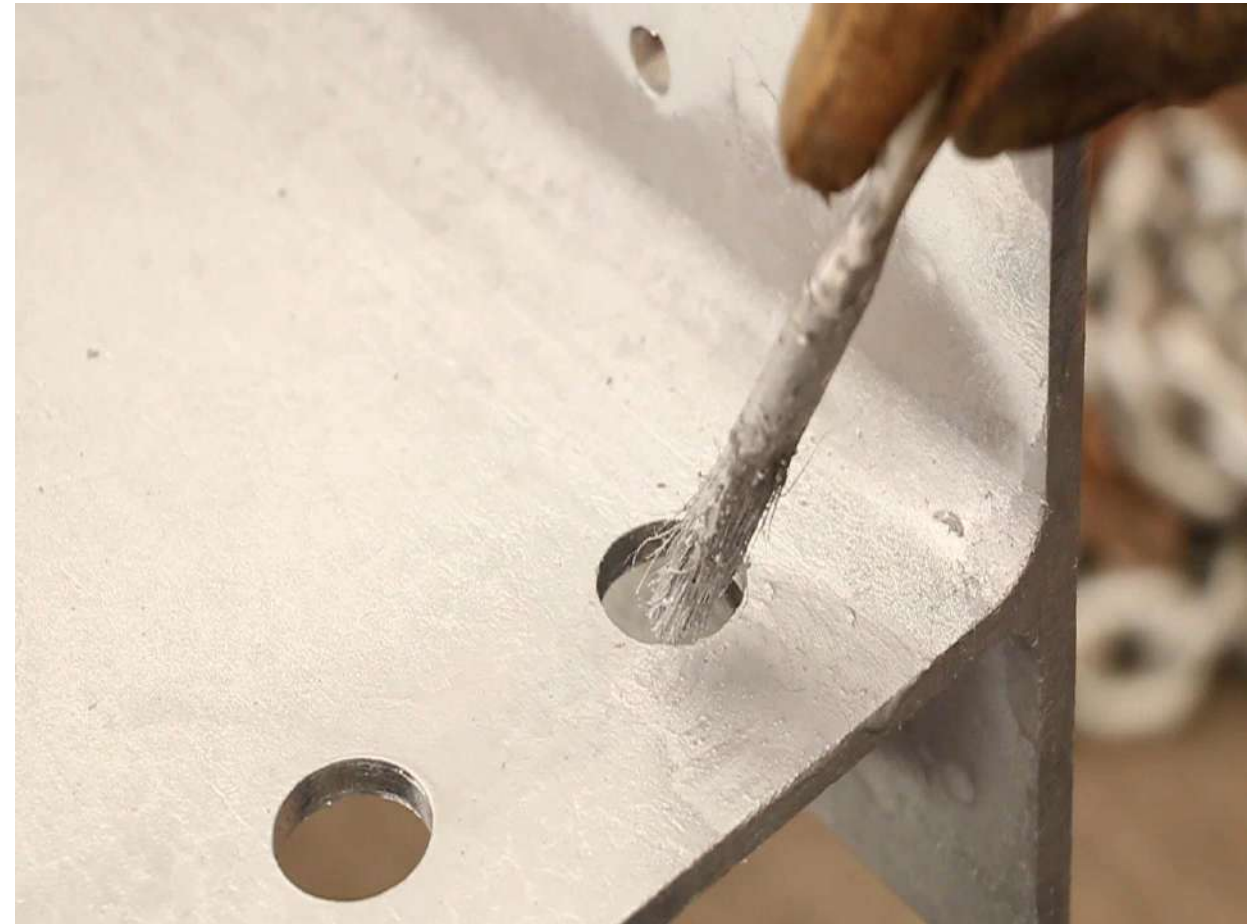


Imagen: Biblioteca IZA, Latinoamérica, touch-up, HDGASA-IZA, Galvalatina, Serie de Videos.



**NMX-H-004-SCFI-2020:**

**INDUSTRIA SIDERÚRGICA -PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO RECUBIERTOS CON ZINC (GALVANIZADOS POR INMERSIÓN EN CALIENTE)-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.**

*“SIDERURGICAL INDUSTRY-ZINC (HOT-DIP GALVANIZED) COATINGS ON IRON AND STEEL PRODUCTS-SPECIFICATIONS AND TEST METHODS”.*

# ¿Qué encontramos?

## Especificaciones de:

- Baño de galvanización en caliente.
- Espesor.
- Aspecto.
- Métodos de muestreo y de ensayo.
- Criterios de aceptación de los productos terminados.
- **Requerimientos que el Galvanizador debe pedir al cliente.**

# NMX-H-127-CANACERO-2019

**Industria Siderúrgica- Método de Reparación de Áreas Dañadas y Sin Recubrimientos Galvanizados Por Inmersión en Caliente.**

“Siderurgical industry- Repair of Damaged And Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings”.

# NMX-H-127-CANACERO-2019

**Esta Norma comprende 3 métodos de reparación:**

- a) Reparación usando pinturas ricas en zinc.**
- b) Reparación usando zinc atomizado (metalizado)**
- c) Reparación por soldadura base zinc**

## 2. Generalidades de ASTM A123.

- 1.1 Finalidad/ alcance: Requerimientos del recubrimiento GIC.

- PROTEGER AL ACERO DE LA CORROSIÓN.

- **APOYO: A 143/A143M: Prácticas para proteger al acero estructural de la fragilización y procedimientos para detectarla** (*Standard Practice for Safeguarding Against Embrittlement of Hot-Dip Galvanized Structural Steel Products and Procedure for Detecting Embrittlement*).
- **A 384/A384M: Prácticas para proteger a ensamblajes de acero de distorsiones y deformaciones durante la inmersión** (*Practice for Safeguarding Against Warpage and Distortion During Hot-Dip Galvanizing of Steel Assemblies*).
- **A 385-03: Práctica de la Norma para Entregar Revestimientos de Zinc de Alta Calidad (Inmersión en Caliente).**
- **A 780/A780M: TOUCH-UP!**

# A 143/A143M: Prácticas para proteger al acero estructural de la fragilización y procedimientos para detectarla

## ■ 4. Factores claves en la fragilización: pérdida de las propiedades físicas y químicas del acero.

- Fragilización por envejecimiento acelerado (almacenamiento prolongado, intemperismo):
  - Pérdida total o parcial de la ductilidad del acero.
- Fragilización por proximidad de una soldadura
  - Soldadura aumenta dureza, reduce ductilidad.
- Tratamiento térmico o deformación en frío (zonas endurecidas).
  - Configuración geométrica.





Imagen: Biblioteca IZA, Latinoamérica, baño de galvanizado.

- A123: 98% Zinc, 2% receta de la casa.

Adquieren compromiso y responsabilidad  
(5. Materiales y su manufactura)

¡¡Trabajo en equipo!!

- Proveniencia y especificaciones del acero.
- Diseñador de la pieza.
- Cliente del galvanizador.
- EL GALVANIZADOR DEBE ESTAR SIEMPRE PARA APOYAR A LAS OTRAS PARTES INVOLUCRADAS.

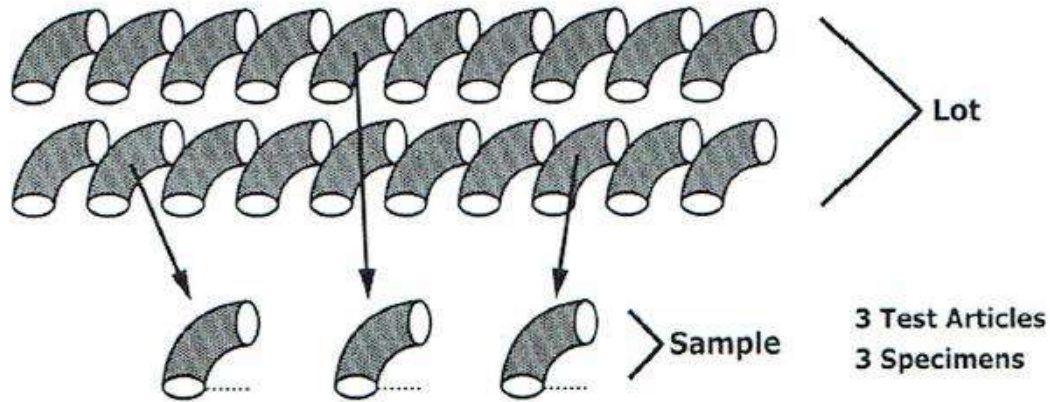
← A 143, A 384, A 385



- Las que nos competen:
- 3.2.1: Espesor promedio del recubrimiento: *el promedio de 3 especímenes.***

### Single-specimen Articles

Articles whose Surface Area is equal to or less than 160 sq. in. (100,000 sq. mm)



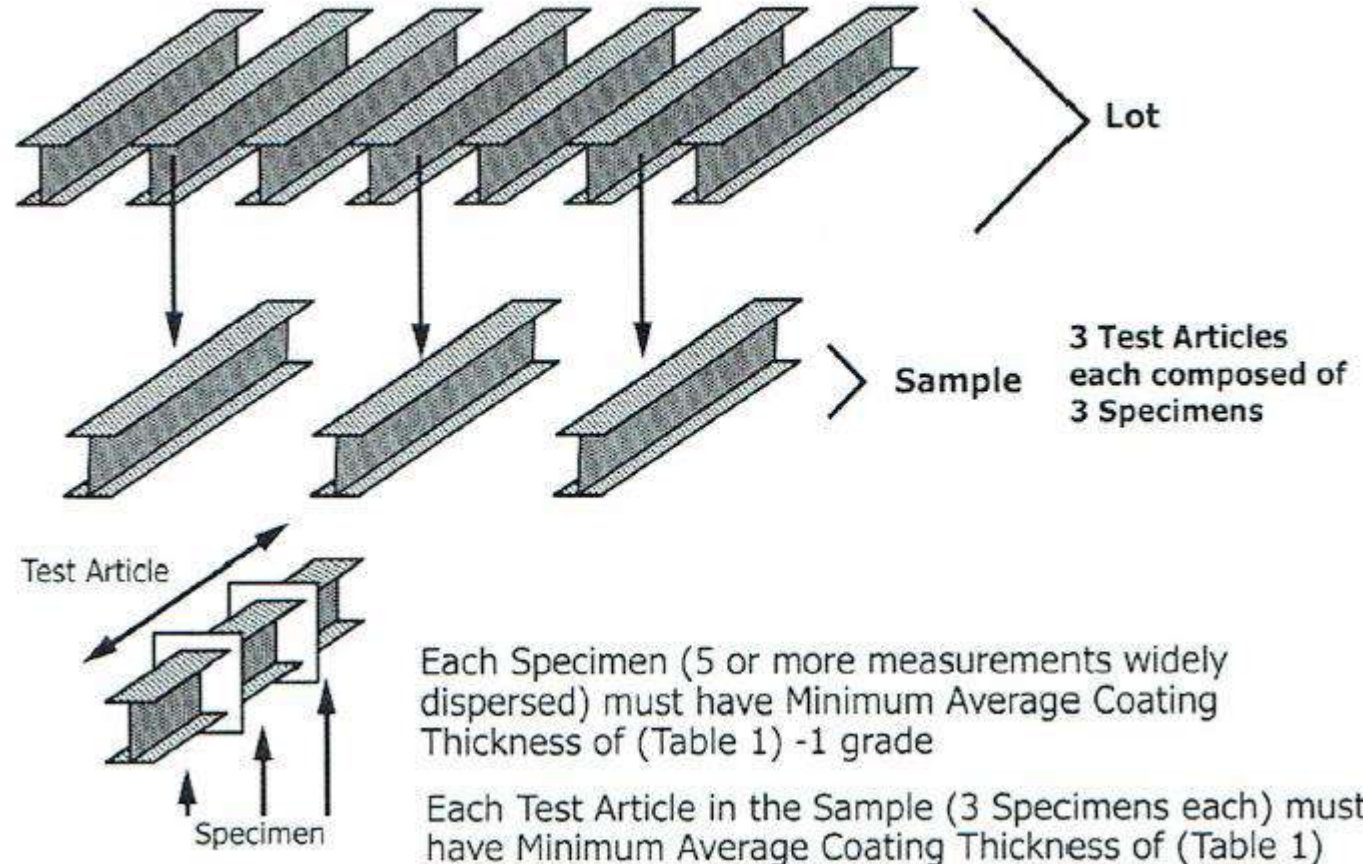
Each Specimen (5 or more measurements widely dispersed) must have Minimum Average Coating Thickness of (Table 1) -1 grade

All Test Articles (Specimens) Together must have Minimum Average Coating Thickness of (Table 1)

Imágenes: Fig 1. ASTM A123.

### Multi-Specimen Articles

Articles whose Surface Area is greater than 160 sq. in. (100,000 sq. mm)



Each Specimen (5 or more measurements widely dispersed) must have Minimum Average Coating Thickness of (Table 1) -1 grade

Each Test Article in the Sample (3 Specimens each) must have Minimum Average Coating Thickness of (Table 1)

## ■ 3.2.3: Grado de espesor (recubrimiento).

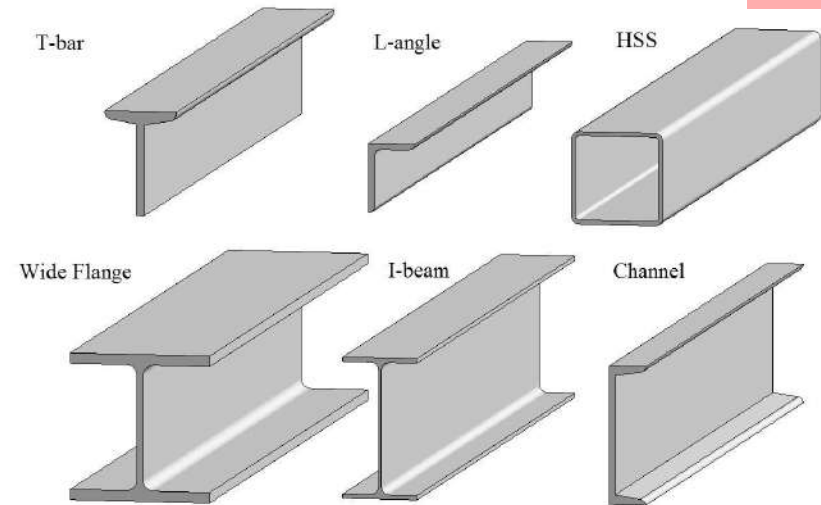
TABLE 1 Minimum Average Coating Thickness Grade by Material Category

Tabla 1: ASTM A123.

Material Category	All Specimens Tested					
	Steel Thickness Range (Measured), in. [mm]					
	<1/16 [<1.6]	≥1/16 to <1/8 [≥1.6 to <3.2]	≥1/8 to <3/16 [≥3.2 to 4.8]	≥3/16 to <1/4 [≥4.8 to <6.4]	≥1/4 to <5/8 [≥6.4 to <16.0]	≥5/8 [≥16.0]
Structural Shapes	45	65	75	75	100	100
Strip and Bar	45	65	75	75	75	100
Plate	45	65	75	75	75	100
Pipe and Tubing	45	45	75	75	75	75
Wire	35	50	60	65	80	80
Reinforcing Bar	...	...	...	...	100	100



[http://www.wermac.org/pipes/pipe\\_vs\\_tube.html](http://www.wermac.org/pipes/pipe_vs_tube.html)



[https://www.pinterest.de/pin/496310821437283511/?nic\\_v1=1a3D8x%2FkmeJIA84tk%2BppAVDoXWHLdml9pSNcRnNSJ6NlxKghiP4p4eT2GJZzX74sjW](https://www.pinterest.de/pin/496310821437283511/?nic_v1=1a3D8x%2FkmeJIA84tk%2BppAVDoXWHLdml9pSNcRnNSJ6NlxKghiP4p4eT2GJZzX74sjW)

TABLE 2 Coating Thickness Grade<sup>A</sup>

Coating Grade	mils	oz/ft <sup>2</sup>	µm	g/m <sup>2</sup>
35	1.4	0.8	35	245
45	1.8	1.0	45	320
50	2.0	1.2	50	355
55	2.2	1.3	55	390
60	2.4	1.4	60	425
65	2.6	1.5	65	460
75	3.0	1.7	75	530
80	3.1	1.9	80	565
85	3.3	2.0	85	600
100	3.9	2.3	100	705

<sup>A</sup> The values in micrometres (µm) are based on the Coating Grade. The other values are based on conversions using the following formulas: mils = µm × 0.03937; oz/ft<sup>2</sup> = µm × 0.02316; g/m<sup>2</sup> = µm × 7.067.

Tabla 2: ASTM A123.

- Propiedades del recubrimiento

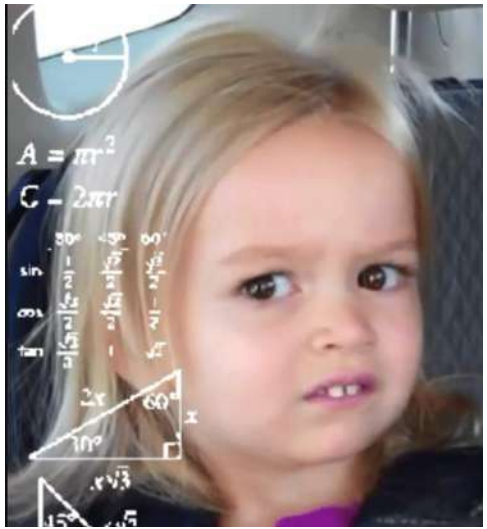


### ■ 3.2.4: Inclusiones considerables de dross.

*¿Tamaño?*

**OJO:**  
Aunque sean pequeñas...

- ¿Resbaladilla?
- ¿Soportes para paneles solares?



No rechazable	Rechazable
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pequeñas: siempre y cuando o afecten la funcionalidad de la pieza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusiones grandes: al manipular el material pueden desprender recubrimiento y dejar zonas desnudas.</li> <li>• Se deben remover y repara de acuerdo a A780.</li> </ul>



Imagen: Troubleshooting guideline. Dross pimples on finished products. American Galvanizers Association. Denver, Colorado, U.S.A., 2011.

# Medidas para evitar inclusiones de dross:



<https://www.azom.com/news.aspx?newsID=52588>

- Burbujear Nitrógeno en la paila.
- Minimizar la agitación al llevar a cabo la inmersión.
- Remover dross de la paila (1 vez al mes como mínimo).
- Evitar arrastre de hierro de los tanques de decapado (enjuagar y escurrir).
- Filtrado del flux: el contenido de hierro en la tina previa al flux  $\leq 0.5\%$ .

## PAILA:

Aluminio (<0.03%) y Níquel (0.04-0.06%): adiciones constantes.

## OJO:

Pailas nuevas: generan dross flotante (dejar interaccionar con Zn).



<https://www.offferidweb.com/preparation/carrying-dragging-techniques-lets-get-carried-away/>

# ...Terminología:

¡El tamaño sí importa!

3.2.6: Pieza/artículo Multiespecimen: “GRANDE”  $> (0.1\text{m}^2 = 1000\text{cm}^2 = 100'000\text{mm}^2, 160\text{in}^2)$ .

Se dividen en secciones iguales (3 especímenes).

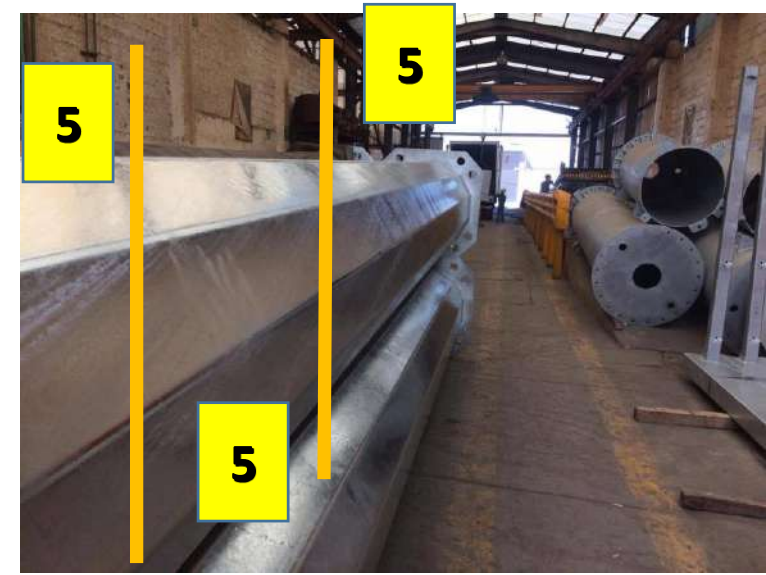


3.2.8: Pieza/artículo espécimen simple: “PEQUEÑO”  $\leq (0.1\text{m}^2 = 1000\text{cm}^2 = 100'000\text{mm}^2, 160\text{in}^2)$ .

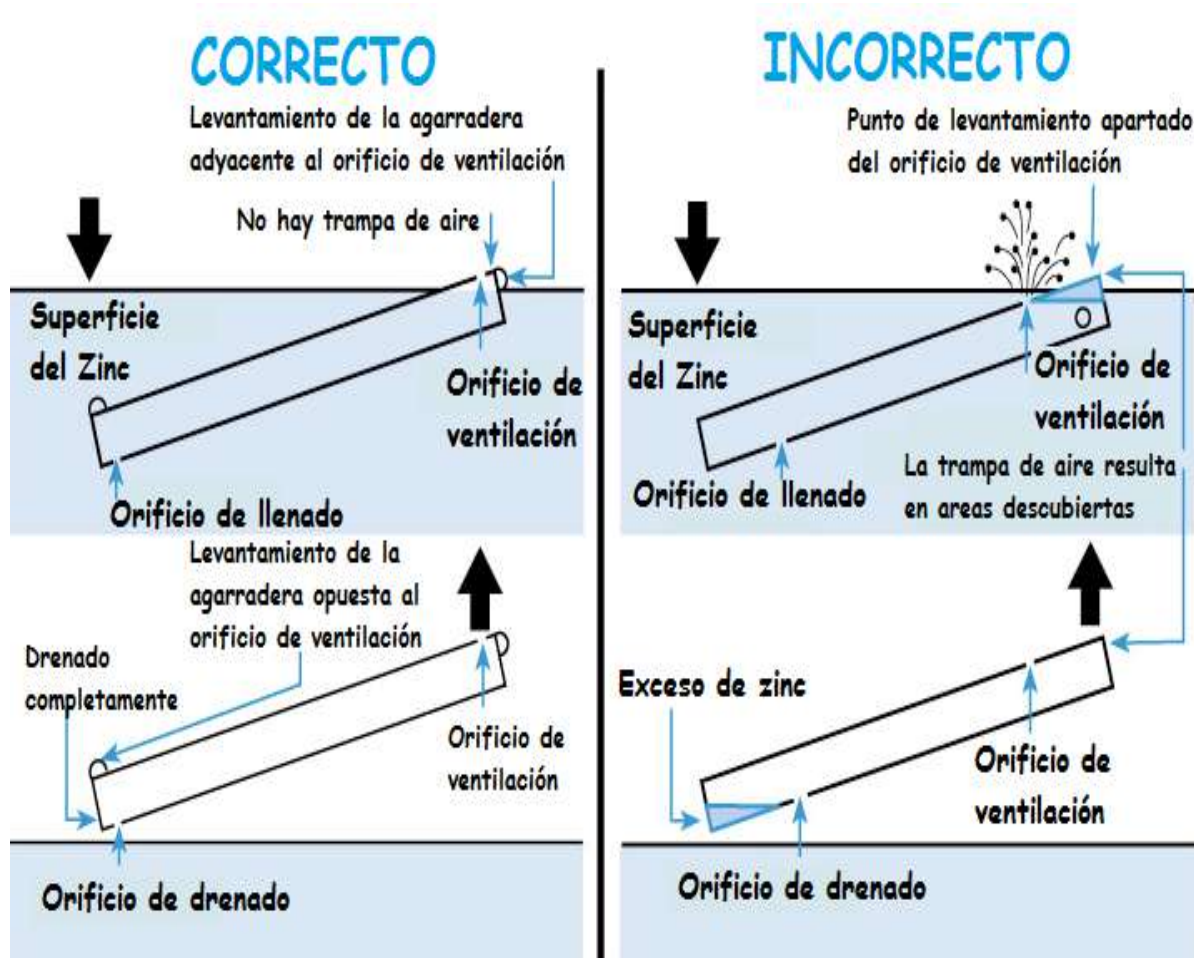
Piezas centrifugadas.

Cada pieza= 1 espécimen.

## ¡5 mediciones por espécimen!



# 3. Diseñando para el GIC



- Requisitos esenciales
- Ventilación y drenado
- Remover rebabas y bordes puntiagudos
- Control de Distorsión
- Acero Apto para el GIC
- Requerimientos de Espesor
- Ni aluminio ni pinturas base aceite
- Soldadura limpia (escoria & salpicadura)

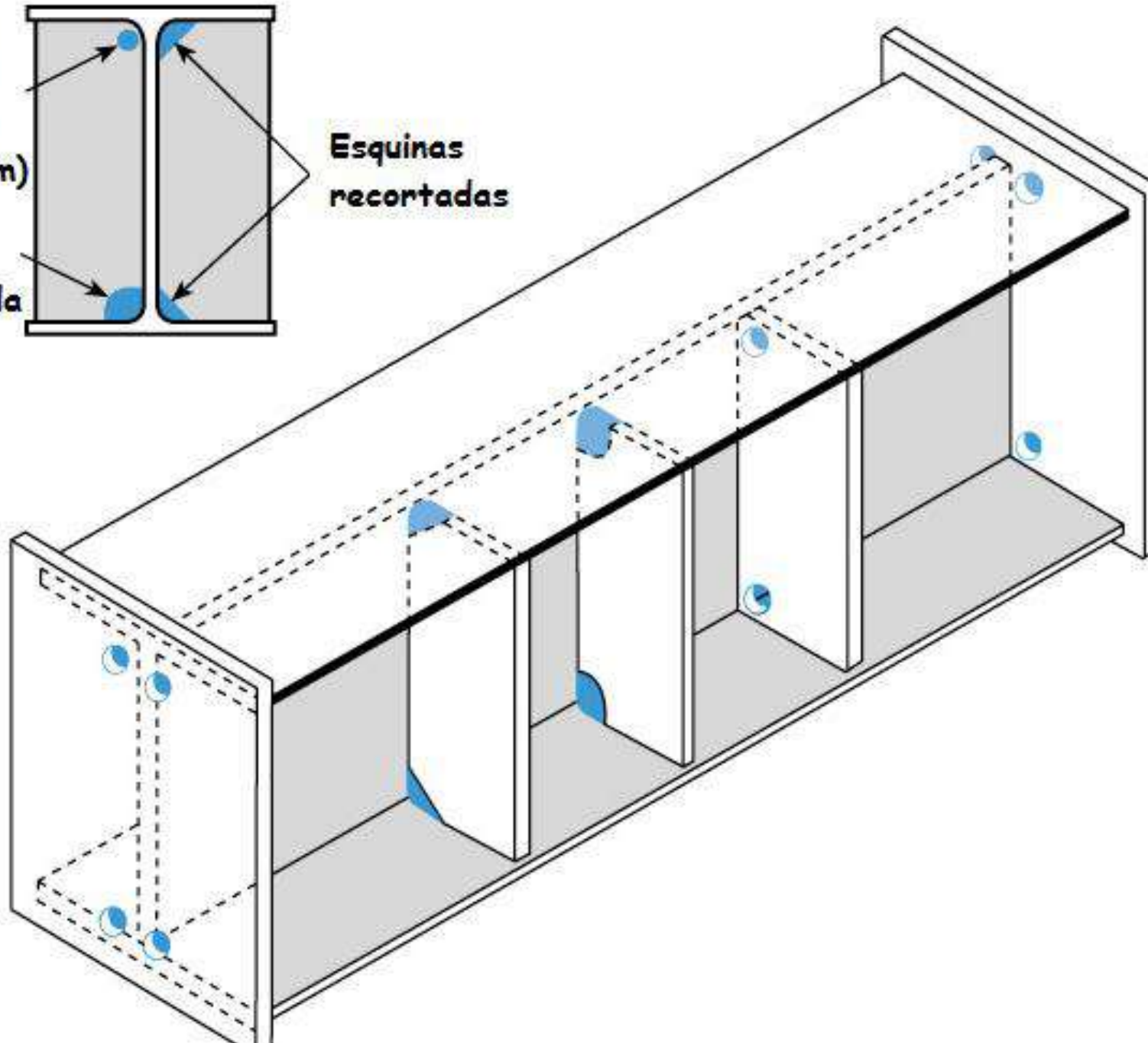


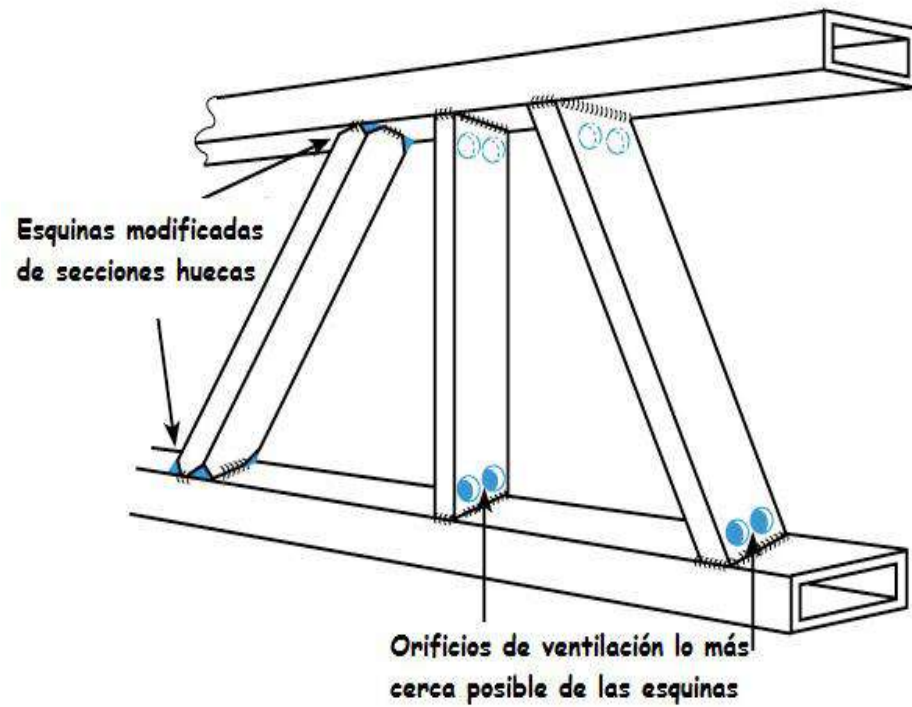
**¡Si el acero no está limpio, no se galvanizará!**

**Orificios  
circulares  
(diámetro  
min. 25mm)**

**Esquina  
redondeada**

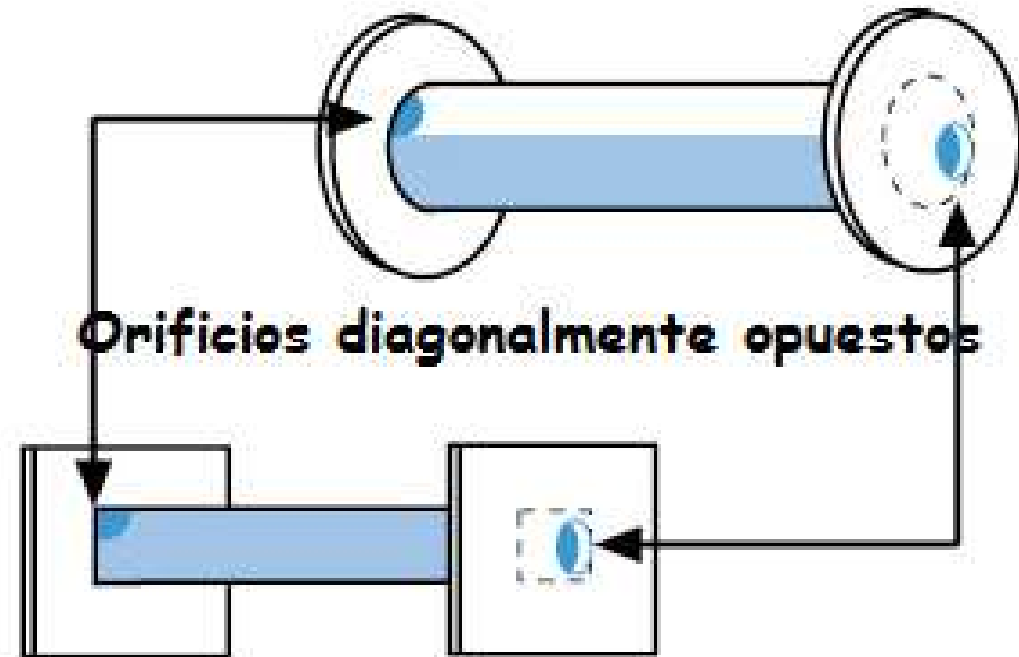
**Esquinas  
recortadas**

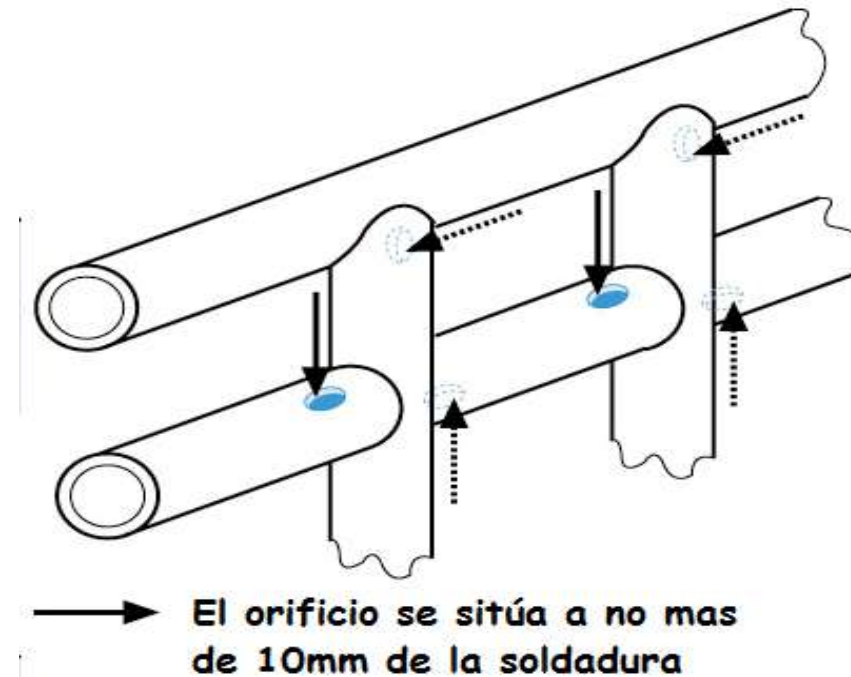
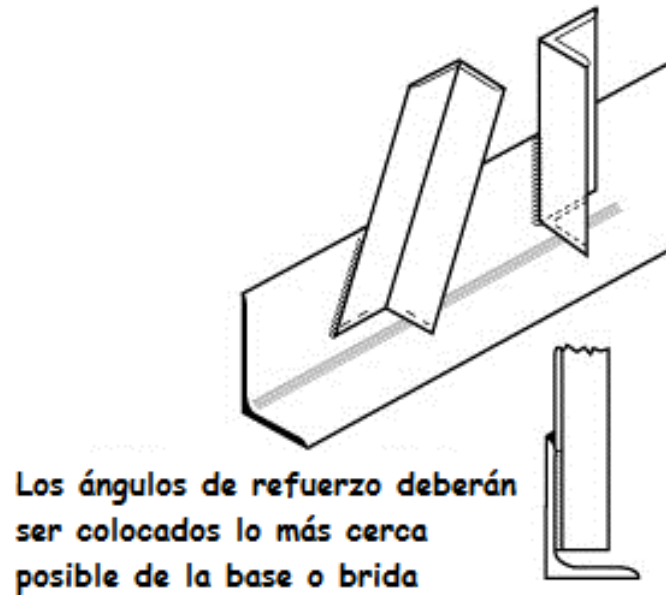
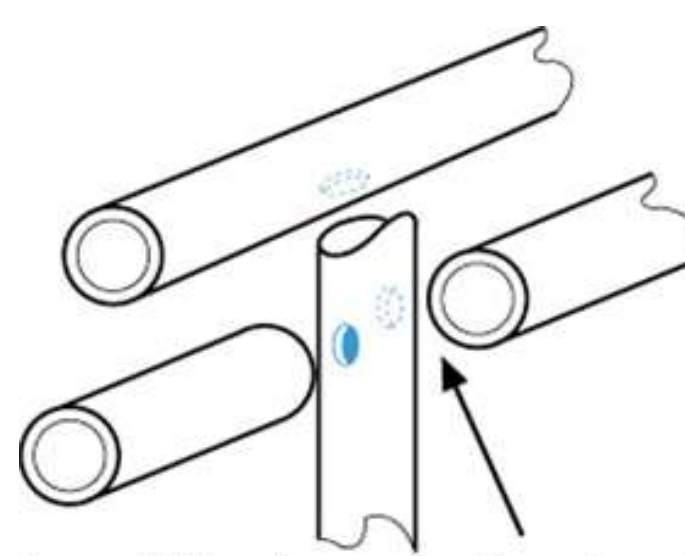
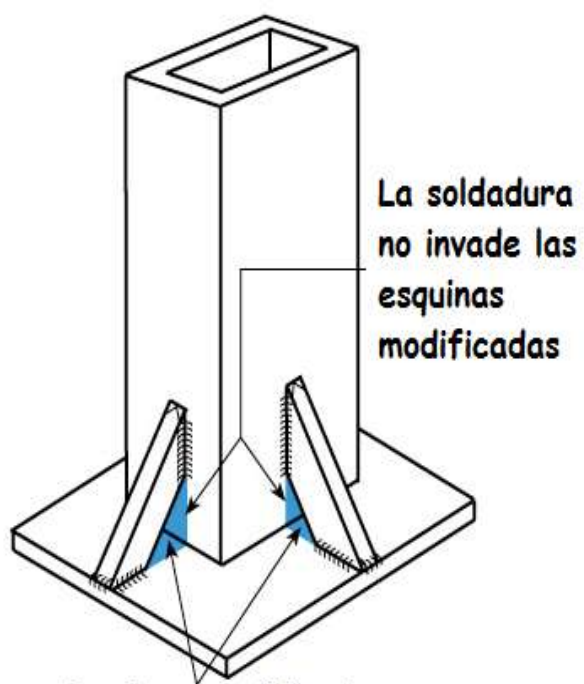




## EJEMPLOS

Orificios de Ventilación y Drenado  
(Aún en secciones abiertas)





## 4. Información de la orden y lo que debemos saber

**ORDERING  
INFORMATION**



<https://www.istockphoto.com/es/foto/un-cliente-satisfecho-es-la-mejor-estrategia-de-negocio-de-todos-gm659193344-120270229>

# Información de la orden:



- 4.1.1 Cantidad de piezas y peso.
- 4.1.2 Descripción (tipo, tamaño del producto) y peso.
- 4.1.3 Designación ASTM y fecha de expedición.
- 4.1.4 Identificación: ¿acero, hierro? 5.1 Condición de la superficie?.
- 4.1.5 ¿Plan de muestreo alternativo? 7.3: MUTUO ACUERDO.
- 4.1.6 Pruebas especiales requeridas: 8.1 MUTUO acuerdo: espesor, pruebas destructivas de adherencia, de masa de Zinc, etc.
- 4.1.7 Requerimientos especiales (almacenamiento, espesores).
- 4.1.8 Etiquetado e identificación.

# Materiales y Manufactura

- 5.2 Fabricación: diseñador y fabricante responsables de la pieza y características que debe tener. Deben consultar al galvanizador.
- El cliente adquiere responsabilidad (NMX-H-004-SCFI-2020, Apéndices A, C, D).



# A considerar en todas las normas:



- **Grietas:** en zonas de oxicorte, soldadura, taladrado, trabajo en frío.
  - No son fácilmente detectables (tamaño, cubiertas).
  - Detección: montaje, hasta primera inspección.
  - Comprometen propiedades de la pieza (SEGURIDAD!!!!!!!!!!).
  - No víctimas registradas (Europa).
  - Requieren reparaciones inmediatas.
- Átomos del metal líquido penetran en la red cristalina del metal base y...

¿Y de quien es responsabilidad?

# Parámetros principales que pueden originar LMAC/LME:

- Velocidad muy alta de propagación de la fractura en comparación con la velocidad en el aire o en el vacío.  **El galvanizador.**
- La composición química del metal líquido (metales bajo punto de fusión, restos sales flux).
- La composición química del metal sólido.  **¿Responsable?**
- La microestructura del metal sólido.
- Límites de grano.

## Acabado

No es motivo de rechazo si la pieza está protegida contra la corrosión.

Imagen: Berlín, Alemania. Biblioteca AMEGAC



## PROPIEDADES DEL RECUBRIMIENTO:

**NMX**

- **NMX-H-004-SCFI-2020:**
  - 6. Propiedades del recubrimiento:
    - “rugosidad y aspecto liso: términos relativos”.
    - “Presencia de zonas grises de diferente tonalidad (aspecto celular): NO DEBEN CONSTITUIR MOTIVO DE RECHAZO...”
- **ISO 1461:**
  - 6. Coating properties:
    - El objetivo principal del recubrimiento (GIC) es proteger al acero de la corrosión.
    - Consideraciones relacionadas con estética, decoración serán secundarias.
    - Aspecto liso y rugosidad son términos relativos. No es posible establecer una definición de apariencia o acabado “ideal” que cumpla con todos los requerimientos.
    - La presencia de zonas grises de diferente tonalidad (aspecto celular) o algunas áreas de aspecto no uniforme NO SON CAUSAS DE RECHAZO.
    - Manchas por almacenamiento NO SON CAUSAS DE RECHAZO.
- **ASTM A123/A123M:**
  - 6. Coating properties:
    - Ecurrimientos o picos que representen un peligro para quien maneja el material (se deberán reparar).
    - Aspecto liso es un término relativo y mientras no se interfiera en la protección del recubrimiento, el aspecto del recubrimiento NO ES MOTIVO DE RECHAZO. (Factores que interfieren: condición de la superficie, química del acero, reactividad del acero con el Zinc).
    - Condiciones de la superficie debido a deficiencias en diseño de la pieza NO SON MOTIVO DE RECHAZO.





**ZINC** | international  
zinc association

FEDIMETAL  
Comité de  
**GALVANIZADORES**

¡ Galvaniza !

## 5. Algunas apariencias del GIC

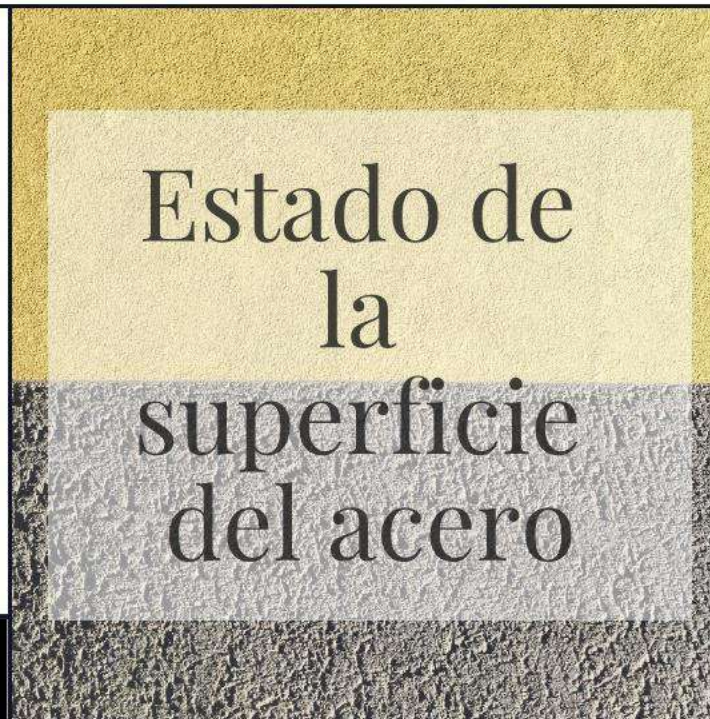
# Crterios a valorar





## ¿Qué influye la apariencia?

NO ES UN RECUBRIMIENTO DE ORNATO NI UN ACABADO!!!



## Estado de la superficie del acero



## Diseño apto para ser GIC



## Química del acero



## Proceso de fabricación del acero



## Geometría de la pieza



## CONDICIONES DEL PROCESO GIC



¡¡¡HEY!!!¿LO TIENES?

# “Antes de entregar” (INSPECCIÓN VISUAL)

¿Qué nos tenemos que preguntar?

- ¿LOTE COMPLETO?
- ¿SE REMOVIERON PUNTAS Y DEFECTOS QUE PUEDEN CAUSAR DAÑO AL MANIPULAR?
- ¿HAY ÁREAS SIN RECUBRIR?
- ¿SE REMOVIERON DEPÓSITOS DE FLUX Y CENIZAS?
- ¿SE HA RETOCADO/REPARADO CONFORME A NORMA?
- ¿LAS PIEZAS PRESENTAN DAÑOS VISIBLES?
- ¿HAY RIESGO DE DAÑO DURANTE EL TRANSPORTE?

# Efecto lija/superficie rugosa

## Niveles de fósforo y silicio altos

- Pro: mejor desempeño anticorrosivo (mayor espesor).
- No se afecta la protección anticorrosiva del recubrimiento.

**No es motivo de rechazo a menos que cause daño o heridas al manipularlo (barandales).**



Imagen: biblioteca AMEGAC.

# Recubrimientos rugosos por condiciones de la superficie del acero

## Descripción:

- Aceros corroídos (se galvanizan perfectamente).
- Trabajo en frío.
- Sobredecapado.
- Temperatura alta del baño de Zinc.
- Tiempos de inmersión prolongados.

**No es motivo de rechazo ya que los recubrimientos rugosos normalmente tienen espesores altos y un tiempo de vida mucho mayor.**



Imagen: biblioteca AMEGAC.

# Afluencias/ Esgurrimientos de Zinc

## Descripción

- El escurrimiento del zinc no es uniforme y se acumula en ciertas áreas.
- Puede suceder en toda la pieza o áreas específicas:
  1. Gotas en las esquinas.
  2. Orillas, cantos.
  3. Inmediaciones de orificios

---

**No es motivo de rechazo si no afecta la funcionalidad de la pieza.**

**Rechazable si: se acoplan piezas e interfiere con funcionamiento del ensamble o pieza.**



# Líneas de Óxido

**ZINC** | international  
zinc association

FEDIMETAL  
Comité de  
**GALVANIZADORES**  
¡ Galvaniza !

## Descripción

- Las líneas son productos de oxidación de Zinc u otros metales presentes en la aleación de la paila.
- Puede deberse a la forma de la pieza, condiciones de drenado, o bien, al retirar la pieza se hace de manera intermitente.

**No es motivo de rechazo ya que no afecta el desempeño del recubrimiento. Con el tiempo, la apariencia será la misma en toda la pieza.**

OJO con los espesores: siempre dentro de NORMA!



# Espina de Pescado



**ZINC** | international  
zinc association



¡ Galvaniza !

## Descripción:

- Patrón irregular debido a la diferencia de composición química en la superficie del acero.
- Distribución desigual del calor en la masa de la pieza y la velocidad de enfriamiento por dentro y fuera del tubo.
- Variaciones en la reacción-zinc-acero.
- Normalmente sucede en piezas de diámetros muy grandes.

Fuente: American Galvanizers Association, HDGASA (Asociación de Galvanizadores de Sudáfrica)

**No es motivo de rechazo porque no se afecta el desempeño del recubrimiento.**

Los espesores deben de encontrarse dentro de la normatividad aplicable vigente.



Imagen: biblioteca AMEGAC.

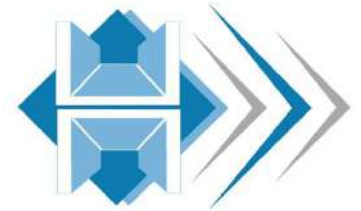
# Manchas marrón/ Manchas de óxido (hierro)/ Manchas de herrumbre

## Descripción:

- Manchas causadas por la oxidación del hierro de las capas intermetálicas del GIC.
- Si no hay capa de Zinc "puro", puede presentarse.
- Puede confundirse con oxidación del acero base.
- La buena noticia: hay recubrimiento abajo de la mancha.

**No es motivo de rechazo si se toman las lecturas y hay presencia de Zinc, es removible con cerdas de nylon.**

OJO: Si no hay espesor y la pieza no ha salido de la planta se retoca de acuerdo a NMX-H-127-CANACERO-2019, A780, ISO 1461



**ZINC** | international  
zinc association



# Velocidades de Enfriamiento Distintas

## Descripción:

- Los extremos o las áreas más cercanas a los extremos se enfrían más rápido: hay capa de zinc.
- Partes cercanas al centro, continúa la reacción Fe-Zn (oscuro).

**No es motivo de rechazo pues no daña el desempeño del GIC.**

**Este tipo de apariencia será uniforme con el paso del tiempo.**



Imagen: biblioteca AMEGAC.

# Pinto/moteado

## Descripción:

- Pro: mejor desempeño anticorrosivo (mayor espesor).
- No se afecta la protección anticorrosiva del recubrimiento.

---

**No es motivo de rechazo a menos que cause daño o heridas al manipularlo (barandales).**

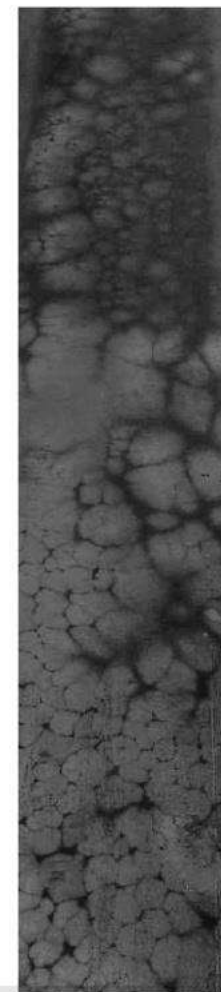


Imagen: biblioteca AMEGAC.

# Tensiones Inducidas Durante la Elaboración del Acero

## Descripción:

- Temperatura y química del acero.
- Tensiones: afectan formación de capas intermetálicas.
- Patrones distintos: mate, brillante, franjas...
- No se afecta la protección anticorrosiva del recubrimiento.

**No es motivo de rechazo porque la protección anticorrosiva del recubrimiento no se ve comprometida.**



Imagen: American Galvanizers Association (AGA).

# Descarapelamiento

## Descripción:

- Normalmente en recubrimientos muy gruesos (>250 $\mu$ m/12mils)
- Interfase Fe-GIC (altas tensiones).
- Falla-desprendimiento.
- OJO: minimizar tiempos de inmersión, enfriado rápido, química del acero (P y Si).

**No es causa de rechazo (<0.5% AT y <10cm<sup>2</sup>): REPARABLE.**

**RECHAZABLE: si el área afectada excede las AT permitidas por la normatividad aplicable.**



# Peladura/delaminación



## Descripción:

- Recubrimiento irregular en área de desprendimiento.
- Común en piezas grandes (recubrimientos gruesos).
- Tiempos de enfriamiento lentos/ Reacción Fe-Zn continúa.
- Espacio entre las 2 capas superiores propicia el fenómeno.

Si debajo de la peladura hay recubrimiento y está dentro de la normatividad aplicable: **NO ES MOTIVO DE RECHAZO.**

En caso de no haber suficiente espesor, **ES RECHAZABLE.**

Si es el resultado de un tratamiento postgalvanizado, **EL GALVANIZADOR NO ES RESPONSABLE DEL DEFECTO (limpieza abrasiva para pintado)...**



Imagen: American Galvanizers Association (AGA).

**“Es para ti cuando se entrega como  
la protección catódica del ZINC”**

*Acciones poéticas, 2024.*

# ¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

eramirez@zinc.org



<https://www.zinc.org/>  
<https://galvalatina.com/>  
[www.amegac.org](http://www.amegac.org)