GUÍA PRÁCTICA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE





ANDI
Cámara Fedemetal

ANDI
Cámara Fedemetal

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
MOVILIDAD
Instituto de Desarrollo Urbano

ASOCIACIÓN DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA – ANDI

CÁMARA FEDEMETAL
COMITÉ DE GALVANIZADORES

EMPRESAS

POLYUPROTEC S.A
HB SADELEC
GALCO
ACESCO
ACERAL
VOTORANTIM METAIS

COLABORADORES

ESTEBAN RUÍZ GÓMEZ
GINA ALVARADO RENGIFO
JOHANNA MABEL ALVARADO
CLAUDIA P. OSUNA
ELIZABETH MEJÍA
FRANCISCO GRANADOS
DANILO BALLESTEROS
CESAR VELA LOSTAUNAU

©INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO

DIRECCIÓN GENERAL

WILLIAM FERNANDO CAMARGO TRIANA

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO URBANO

LILIANA RICARDO BETANCOURT

DIRECCIÓN TÉCNICA ESTRATÉGICA
SULLY MAGALIS ROJAS BAYONA

GRUPO INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

VICENTE EDILSON LEAL MORENO
JUAN PABLO NIETO MORA
OSCAR MAURICIO VELASQUEZ
DIANA PATRICIA BELTRAN
JORGE LUIS BURGO ROSAS

GUÍA PRÁCTICA DE GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

1 - ANTECEDENTES 7

1.1 - PRÓLOGO 7
1.2 - OBJETIVOS 7
1.3 - ALCANCE 7
1.4 - RESPONSABILIDADES 8
1.5 - MARCO NORMATIVO 8
1.6 - TÉRMINOS Y DEFINICIONES 9

2 - GENERALIDADES Y BENEFICIOS 13

2.1 CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DEL ZINC. 13
2.2 HISTORIA DEL GALVANIZADO EN EL MUNDO. 13
2.3 ¿QUÉ ES EL GALVANIZADO? 15
2.4 GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE. 15
2.5 GALVANIZADO EN CONTINUO. 15
2.6 OBJETIVO DEL GALVANIZADO. 15
2.7 BENEFICIOS DEL GALVANIZADO. 16

3 - ALISTAMIENTO Y PROCESO PRODUCTIVO 25

3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS. 25
3.2 ALISTAMIENTO DEL MATERIAL. 25
3.3 AMARRE Y COLGADO DE LAS PIEZAS. 27

4 - CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN TÉCNICA 31

4.1 CONTROL DE CALIDAD ELEMENTOS GALVANIZADOS EN CALIENTE 31
4.2 CONTROL DE CALIDAD ELEMENTOS GALVANIZADOS CENTRIFUGADOS 35
4.3 RESTAURACIÓN DEL RECUBRIMIENTO: 37
4.4 PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN SUPERFICIAL Y APLICACIÓN 37
4.5 SOLDADURA EN ACERO REVESTIDO CON ZINC. 37

5 - GALVANIZACIÓN Y MEDIO AMBIENTE 41

5.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL GALVANIZADO. 42
5.2 RECICLAJE DEL ZINC 43
5.3 RECICLAJE DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO. 46
5.4 REUTILIZACIÓN DEL ACERO GALVANIZADO. 46
5.5 DIVERSOS USOS DE LA GALVANIZACIÓN. 48

6 - CAMPOS DE APLICACIÓN DEL GALVANIZADO 51

6.1 PUENTES Y CARRETERAS 51
6.2 POSTES DE ALUMBRADO DE ACERO GALVANIZADO 53
6.3 TÚNELES 53

7 - EJEMPLOS Y NORMATIVIDAD 57

7.1 CORROSIÓN URBANA EN BOGOTÁ 57
7.2 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS RELACIONADAS CON GALVANIZADO. 57

8 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

Capítulo 1.
ANTECEDENTES

Prólogo
Objetivos
Alcance
Responsabilidades
Marco normativo
Términos y definiciones

1 ANTECEDENTES

1.1 - PRÓLOGO.

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) ha venido trabajando en los últimos años en la elaboración de manuales, guías y especificaciones de construcción para la Ciudad.Estos documentos han sido orientados a la malla vial de la cuidad, específicamente a temas de pavimentos y diseño geométrico los cuales son una herramienta valiosa para el desarrollo de los proyectos de infraestructura. El presente documento nace de la necesidad de incluir temas del área estructural dentro de las herramientas de consulta de información para la implementación de proyectos de la infraestructura y mobiliario urbano de la Ciudad.

Este documento tiene como fin presentar la alternativa de galvanizado como sistema de protección de estructuras metálicas, las cuales se ven afectadas por la corrosión presente en el medio ambiente. El proceso de Galvanizado en caliente, ha presentado buenos resultados sobre la protección efectiva de las estructuras metálicas expuestas al medio ambiente y el uso prudente de los recursos naturales, por lo que puede ser considerado como un factor importante en la contribución sostenible de la construcción. Este sistema proporciona una adherencia superior al de otras técnicas más comunes, debido a la fusión o unión con el acero base, los otros sistemas de protección necesitan un mantenimiento regular o periódico, que puede resultar en elevados costos a largo plazo.

El instituto de desarrollo Urbano (IDU), junto con las empresas del comité de Galvanizadores de la Cámara Fedemetal de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), desarrollaron la Cartilla práctica de galvanizado en caliente. Esto, con el propósito de dar a conocer las características del galvanizado, para la protección de estructuras metálicas que hacen parte de la infraestructura y del mobiliario urbano de la ciudad de Bogotá D.C, así como para ampliar la gama de posibilidades en materia de protección de estructuras metálicas

La siguiente cartilla está dirigida a Ingenieros, Arquitectos, Diseñadores o personal relacionado con el tema de estructuras metálicas. Este material ofrece una presentación práctica del sistema de protección, Galvanizado en Caliente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

• Brindar información técnica a Ingenieros y Arquitectos de las diferentes entidades, con respecto a todo lo relacionado con el sistema de recubrimiento de Galvanizado en caliente y sus generalidades técnicas, como soporte al momento de evaluar diferentes alternativas en sistemas de protección contra la corrosión.

1.2.2 Objetivos Específicos.

• Identificar los beneficios del galvanizado en caliente que aportan a la estructura metálica.
• Establecer los controles para la realización del proceso de galvanizado en caliente.
• Conocer el procedimiento de control de calidad e inspección técnica del galvanizado en caliente.

1.3 ALCANCE

La presente cartilla abarca la información correspondiente a un sistema de protección contra la corrosión en tal sentido, se proyecta como un documento informativo relacionado con una alternativa de protección contra la corrosión de estructuras metálicas proyectadas para la infraestructura de la Ciudad de Bogotá.

1.4 RESPONSABILIDADES

La presente "Cartilla práctica de galvanizado en caliente," resume lo relacionado al sistema de galvanizado, sus características, beneficios y aplicaciones, pretendiendo orientar y dar a conocer este sistema de protección contra la corrosión en estructuras metálicas y que contribuyan a una solución efectiva con inversión de costos mínimos de mantenimiento a largo plazo. Las recomendaciones dadas en la presente Cartilla se deberán complementar con las Especificaciones Técnicas, que sobre la materia existan.

La información presentada en esta Cartilla ha sido estudiada y recopilada de acuerdo con principios, experiencias y conocimientos técnicos de la industria del galvanizado, específicamente de las empresas Colombianas vinculadas al Comité de Galvanizadores de la ANDI, gremio que representa a la mayoría de empresas en este país dedicadas a la producción del galvanizado en caliente tanto general como continua. Ninguna de las indicaciones y recomendaciones de este documento deben utilizarse sin el previo estudio por parte de un ingeniero especialista y con experiencia en proyectos de estructuras metálicas, quien debe ser competente para evaluar el significado y las limitaciones del material presentado y quien acepte la responsabilidad de aplicar el contenido de esta cartilla en un caso específico.

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) no se hace responsable por la mala utilización de la información contenida en esta Cartilla. Adicionalmente, ni El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), ni la Asociación de Empresarios de Colombia (ANDI), podrán ser demandados por cualquier queja, demanda, injuria, pérdida o gastos que, de cualquier manera, surjan o estén relacionados con la utilización de la información aquí presentada. En cualquier caso y para cualquier tipo de obra resulta obligatoria la realización de la descripción del proyecto, el diseño y planos estructurales, los planos de taller, la fabricación y montaje de la estructura. En caso de antecedentes de proyectos cercanos y/o similares, el ingeniero y/o usuario de esta Cartilla será responsable de la validez y la veracidad de la información a adoptar.

1.5 MARCO NORMATIVO

NSR-10, "Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente". Ley 400 de 1997, Decreto 926 de 2010. Título C. Concreto Estructural. Título F. Estructuras Metálicas, Título I. Supervisión Técnica

NTC 3320 de 2008, esta norma cubre los requisitos para recubrimientos de zinc (galvanizado) en caliente de productos de hierro y acero, flejes, perfiles, fundiciones, planchas y barras, fabricadas por procesos de laminación, prensado y forja. Norma homologada de la Norma Internacional Americana ASTM A-123.

NTC 2076 de 1998, esta norma está destinada a la aplicación en elementos que son centrifugados, con el fin de eliminar todo exceso de zinc del baño galvanizante que pueda presentar el material metálico específicamente se establece para elementos de tornillería, herrajes y accesorios pequeños. Norma homologada de la Norma Internacional Americana ASTM A-153.

ASTM A 780, describe el procedimiento de reparación con pinturas que contienen polvo de zinc.

Norma Técnica Colombiana NTC 3242 (ASTM A-143 – 03). Protección contra la fragilización.

Norma Técnica Colombiana NTC 3240 (ASTM A384-02). Protección contra la distorsión.

ASTM A385 – 05. Práctica para ofrecer un acabado galvanizado de alta calidad.

Norma técnica Colombiana NTC 4011-13 (ASTM A653/653M-11). Productos planos de Acero Recubiertos con Zinc (Galvanizados) o Recubiertos con Aleación Hierro Zinc mediante procesos en Caliente.

Norma Técnica Colombiana NTC 4013 (ASTM A767 / A 767M – 05). Barras de refuerzo galvanizados en caliente.

Normas Europeas ISO 1461, 2063 (ASTM A780 – 01). Reparación de áreas dañadas y sin recubrir de piezas galvanizadas en caliente.

American Welding Certification AWS D1.1. Norma Técnica de Soldadura.

GTC 110. Guía Colombiana para la inspección visual de soldaduras.

1.6 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Abrasión: Desgaste de la superficie metálica, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de materiales extraños en un material.

Acero: Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad. Este material es versátil, resistente y con capacidad para ser reciclado. El acero también puede ser empleado en una amplia gama de ambientes que incluyen temperaturas extremas y en climas tanto cálidos como húmedos.

Aspereza: Desigualdad de una superficie que produce falta de suavidad. Los factores que afectan la aspereza superficial incluyen la geometría del filo, la exactitud, el desgaste de la estructura metálica, las condiciones de corte.

Corrosión: Es el proceso de destrucción o deterioro químico de un material por la reacción con el medio que lo rodea.

Corrosión Blanca: Es el nombre dado a los depósitos blancos que se forman en la superficie de la pieza con zinc, debido al almacenamiento o transporte en condiciones de mala ventilación o humedad. Se representa en un polvo blanco sobre la pieza, a pesar de la apariencia, la corrosión blanca no pone en peligro la capa de zinc original.

Cuba o contenedor: Tanque metálico utilizado para realizar el proceso de galvanizado en caliente.

Destijeres: Aberturas de respiración en forma triangular realizadas en uniones de la estructura metálica.

Drenaje: Orificios o perforaciones que se realizan a los artículos que serán galvanizados en caliente, estos permiten la entrada y salida del zinc.

Dúplex: Es la aplicación de galvanizado en caliente más pintura. Esta aplicación tiene una durabilidad superior a la suma de los recubrimientos utilizados por separado.

Durabilidad: Capacidad de un material de resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de los ataques químicos, de la abrasión y de cualquier otro proceso de deterioro.

Escorias: Mezcla de óxidos metálicos como consecuencia de las reacciones químicas que ocurren entre los componentes del baño, el oxígeno de la atmósfera, los fundentes

remanentes empleados en los procesos previos de limpieza y los elementos componentes de la cuba y de las piezas de acero. Las escorias se acumulan en el fondo del horno de galvanizado y es eliminada periódicamente por los galvanizadores.

Especificación: Documento técnico que establece las disposiciones y requerimientos para las actividades de construcción y/o mantenimiento, materiales y servicios necesarios para la ejecución de las obras más frecuentes, en las que se incluyen las condiciones de recibo, medida, tolerancias y pago.

Galvanizado por inmersión en caliente: Sistema de recubrimiento por inmersión en un baño de zinc fundido, aplicado sobre el acero adecuadamente limpio, ya sea como un proceso general o continuo, su principal función es proteger las estructuras de acero contra la corrosión.

Grado de espesor: Está determinado por la composición química, rugosidad de la superficie y espesor de la sección de acero. La norma SANS 121 (ISO 1461:2009) define el espesor mínimo normalizado del recubrimiento galvanizado en caliente.

Lote: Este término es utilizado por el galvanizador al conjunto de elementos que se sumergen en la cuba de galvanizado, sostenidos de una ganchera para realizar una sola inmersión.

Mantenimiento: Conjunto de actividades que deben realizarse a estructuras o elementos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Metalúrgico: Proceso del galvanizado en caliente que ocurre con la formación de capas o aleación, en este caso entre el acero base y el zinc líquido que se ancla y es representado como ánodo de sacrificio.

Oxido blanco: Es un compuesto blanco voluminoso que se encuentra ocasionalmente en la superficie de un recubrimiento recién galvanizado, debido a la reacción del acero galvanizado con el oxígeno.

Pátina: Capa de óxido de color verdoso que por la acción de la humedad, se forma en los objetos de metal, y especialmente en los de bronce y cobre.

Pintura: Color preparado para pintar. Representación gráfica utilizando pigmentos mezclados con otras sustancias aglutinantes orgánicas o sintéticas.

Restauración o reparación: Arreglo de zonas dañadas del recubrimiento galvanizado que han sido ocasionadas por soldadura, corte con llama o daños provocados por manejo inadecuado durante el transporte o montaje.

Soldadura: Proceso de unión de dos piezas metálicas o de dos partes de una misma pieza de modo que formen un todo continuo por aplicaron de calor.

Vida útil: Periodo de tiempo comprendido entre la ejecución de una estructura hasta que se alcance un cierto y determinado nivel aceptable de deterioro de la misma.

Zinc: El zinc es un mineral esencial para la sociedad moderna. Se usa como revestimiento contra la corrosión en el acero, para fabricar componentes de precisión, como material de construcción para producir bronce y caucho, en la elaboración de productos farmacéuticos y cosméticos, en fertilizantes y suplementos alimenticios.



Capítulo 2.
GENERALIDADES Y BENEFICIOS.

Características y ventajas del zinc
Historia del galvanizado
¿Qué es el galvanizado?
Galvanizado por inmersión en caliente
Galvanizado en continuo
Objetivo del galvanizado
Beneficios del galvanizado

2 GENERALIDADES Y BENEFICIOS

2.1 CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DEL ZINC.

El zinc es un material muy versátil, el cual representa un papel importante en determinadas aplicaciones industriales y productos. Principalmente el zinc es utilizado para proteger el acero frente a la corrosión, permitiendo que sea más duradero. Esto significa menores costos y un menor impacto medioambiental derivados del mantenimiento. Finalizando su vida útil, los productos de zinc pueden reciclarse y el zinc que contenían puede ser recuperado sin ninguna pérdida en su calidad o propiedades.



Figura 1. Pieza de zinc en bruto. Fuente: LATIZA. Zinc Mineral.

Propiedades	Detalle propiedades
Símbolo atómico	Zn
Número atómico	30
Masa atómico	65,37
Estructura cristalina	Hexagonal, dihexagonal, dipiramidal
Densidad (a 25°C)	7133 kg/m ^{3}

Tabla 1. Información general del zinc. Fuente: LATIZA.

2.2 HISTORIA DEL GALVANIZADO EN EL MUNDO.

História en años del galvanizado por inmersión en caliente.



Figura 2. Símbolo del zinc - Luigi Galvani - planta de galvanización. Fuente: ww.ucorp.cl/web_bbosch/galvanizado/mision_2.html

79 AD: Origem de la Galvanización

1742: Primeiros experimentos de hierro con revestimiento de zinc fundido por PJ Malouin, químico francés.

1772: Descubrimiento del proceso eletroquímico por Luigi Galvani con ancas de rana.

1801: Alessandro Volta, impulsa la investigación sobre galvanización, se de la creación de una célula de corrosión.

1829: Descubrimiento de la acción de sacrificio del zinc por Michael Faraday

1837: Patente para l proceso temprano de galvanización por el ingeniero francés Stanisiaus Tranquille

2.2.1 Historia del Galvanizado en Colombia.

La información que se tiene con respecto al galvanizado en Colombia es muy limitada, esta se ha ido construyendo a medida que el Comité de Galvanizadores de la Cámara Fedemetal ANDI, ha evolucionado en su desarrollo. El proceso de galvanizado continuo en Colombia data 50 años atrás y en galvanizado general se creó una planta hace aproximadamente 45 años llamada Ferrogalvan en el barrio Bosa en la ciudad de Bogotá, posteriormente se crea la planta Imega y el Taller de la Industria; con hornos pequeños de 2 mts de longitud por 1 m de alto. Hacia los años 70´s nacen las empresas Sadelec y FEM líderes en el galvanizado para el sector eléctrico en ese momento con hornos de 6,50 metros de longitud por 1 metro de alto y 1 metro de ancho aprox. En los 80´s nace Aceral en Bogotá, Industrias Ceno en Medellín y Arme en Barranquilla. A mediados de los 90´s aparece Polyuprotec en Bogotá, Galco en Medellín, Oisa en Bucaramanga, Herrajes Andina en Barranquilla entre otras.

Para el año 2013, Colombia cuenta con cerca de 22 plantas de galvanizado en caliente general y 7 plantas de galvanizado continuo, este último proceso es utilizado para el recubrimiento de láminas.



Figura 4. Mapa de Colombia que identifica las ciudades que cuentan con plantas de Galvanizado general o continuo.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

2.3 ¿QUÉ ES EL GALVANIZADO?

Es el proceso mediante el cual se cubre un metal con otro, con el fin de evitar que la abrasión y corrosión lo afecte. Hay dos tipos de procesos a través de los cuales se puede realizar: galvanizado por inmersión en caliente y el galvanizado en continuo.



Figura 5. Tubería galvanizada en cuba de Galvanizado por inmersión en caliente en Barranquilla.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

2.4 GALVANIZADO POR INMERSIÓN EN CALIENTE.

Es un procedimiento donde se protege contra la corrosión una variedad de productos de hierro y acero. Esto se logra con la inmersión de los productos en un baño de Zinc a una temperatura de 450°C, a esta temperatura, se logra que se produzca la aleación del Zinc con el acero.

2.5 GALVANIZADO EN CONTINUO.

Es el proceso utilizado para galvanizar las bobinas de acero laminado de bajo, medio y alto carbono. El proceso se da de manera continua a una línea de producción automatizada, en la cual, las láminas primero son sometidas a un proceso de limpieza, posteriormente las láminas se calientan, para que finalmente al bañarlas con Zinc, se forme la aleación con el Zinc en su superficie.



Figura 6. Lámina Galvanizada por el proceso en continuo.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

2.6 OBJETIVO DEL GALVANIZADO.

El principal objetivo del galvanizado es atacar la corrosión. La corrosión produce anualmente a nivel mundial pérdidas económicas irreversibles y en Colombia, la pérdida anual es del 3% del PIB. No obstante, las pérdidas no son solo de carácter económico, es un problema importante, debido a que puede causar accidentes tales como la ruptura de una pieza, como consecuencia de la oxidación de la misma, representando de esta manera un peligro para la vida humana.

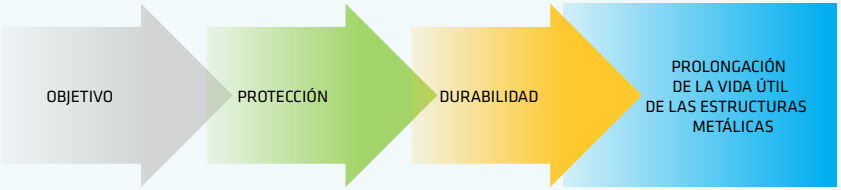






Figura 7. Tubería oxidada planta de tratamiento y muelle corroído. Fuente: El Heraldo

Muelle de Puerto Colombia: Este es el Muelle de Puerto Colombia, declarado mediante la resolución 799 de 1998, monumento nacional por constituirse en una de las obra de infraestructura más importantes del siglo XIX. Hoy se encuentra en ruinas, a causa de la corrosión y la falta de mantenimiento[1].

2.7 BENEFICIOS DEL GALVANIZADO.

2.7.1 Durabilidad y vida útil.

El periodo de vida de los productos galvanizados varía de acuerdo con las condiciones ambientales en las cuales se encuentre. Haciendo referencia a condiciones ambientales extremas, estos productos, tienen una vida mínima sin oxidarse de 10 años.
Los recubrimientos de zinc más delgados no duran tanto porque la protección proporcionada por los recubrimientos de zinc es directamente proporcional a su espesor. La resistencia a la corrosión del zinc depende en primer lugar de una película protectora (pátina) que se forma en su superficie.

Un recubrimiento galvanizado típico de 85 µm puede prolongar la vida de servicio de una estructura exenta de mantenimiento (en ambientes rurales y urbanos). Para servicio en ambientes más agresivos, es posible obtener recubrimientos más gruesos sobre el acero estructural con el correspondiente aumento proporcional de su durabilidad.

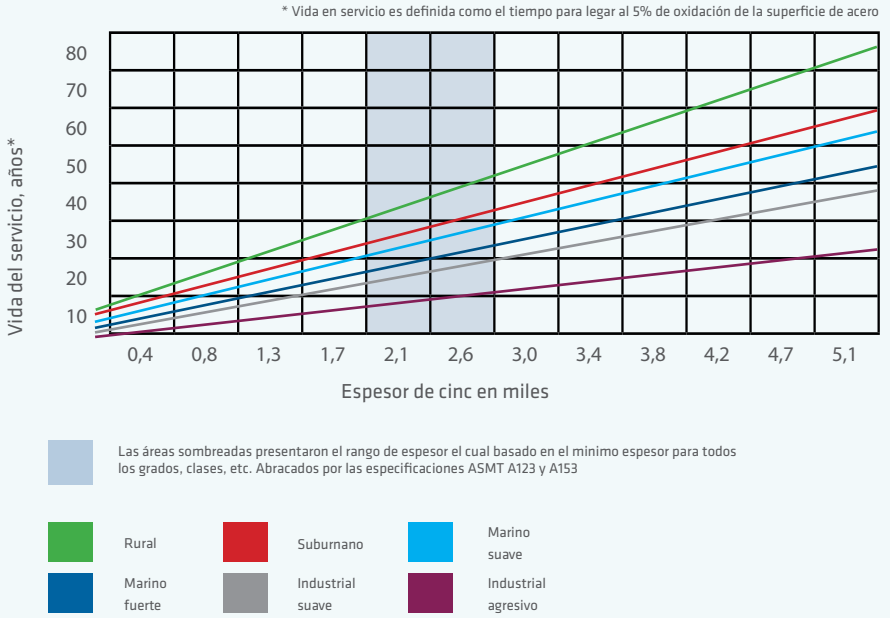
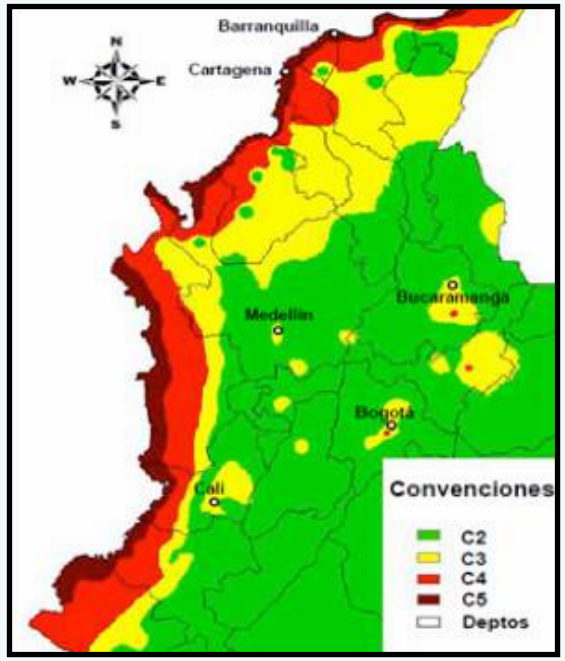


Figura 8. Vida útil del galvanizado en miles versus el tipo de ambiente al cual se expone el producto. Fuente: LATIZA, Cartilla manual de galvanizado

1 El Heraldo. Barranquilla Domingo 15 de Julio de 2012. Muelle Puerto Colombia; p. 4A y 5 A

Clasificación	Descrioción	Valoración corrosion por (Zn µm/y)	Característica de vida en al primer año de mantenimiento (85 µm Zn en HDG)
C1	Interior: seco	=0.1	>200 +
C2	Interior: condensación moderada Exterior: rural	0.1 - 0.5	>170
C3	Interior: alta humedad, algunos contaminantes Exterior: ciudades mediterráneas o cercanas a la costa	0.5 - 2	42 - 170
C4	Interior: piscinas, plantas químicas etc. Exterior: ciudades industriales mediterráneas o costeras	2 - 4	21 - 42
C5	Exterior: ciudades industriales con alta humedad o alta salinidad costera	4 - 8	10 - 21

Tabla 2. Comportamiento de los recubrimientos galvanizados teniendo en cuenta la clasificación de los ambientes.
Fuente: ISO 9223 y Mapa de Corrosión realizado por la CREG y la Universidad de Antioquia.



La tabla 2 de acuerdo a la norma ISO 9223, de clasificación de los ambientes, describe el tipo de ambiente, del mas suave al más agresivo de acuerdo a los factores de corrosión que interfieran en cada uno, indicando el rango de años que puede llegar a durar el galvanizado en caliente teniendo en cuenta el lugar donde se ubique el producto metálico. De igual manera el mapa de corrosión indicado a mano derecha resalta el tipo de ambiene manejado en cada una de las zonas de Colombia.



Figura 9. Pasarella galvanizada en ambiente marino.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

2.7.2 Economía.

El costo inicial de la galvanización que en muchas aplicaciones, es inferior al de otros posibles recubrimientos alternativos, se pone claramente de manifiesto cuando se toma en cuenta la elevada duración de los recubrimientos galvanizados, dando como resultado que este procedimiento sea el más económico de todos los conocidos para la protección a largo plazo de las construcciones metálicas fabricadas con acero.

A continuación se presenta un ejemplo de protección para dos elementos metálicos a instalarse en un tipo de ambiente C3 que representa las condiciones ambientales generales de la ciudad de Bogotá. En este ejemplo se compara la protección con galvanizado en caliente y una protección con un recubrimiento más utilizado -, para la cual se utilizan actividades como:

- Limpieza Sandblasting según la norma SSPC SP-6.
- Imprimante: espesor de 3 mils.
- Barrera: espesor de 3 mils.
- Acabado: Esmalte espesor de 3 mils.

ÁNGULO DE 2" X 1/4	GALVANIZADO	PINTURA
Costo protección inicial (Kg)	$900*	$1.179*
Duración protección	Más de 30 años	Ocho años
Mantenimiento	No necesita	Al noveno año, cada dos años sucesivos.
Tiempo de aplicación en días aproximadamente	2 días.	7 días.

Tabla 3. Ejemplo comparativo de mantenimiento para Angulo de 2"x 1/4 con respecto al galvanizado y recubrimiento más utilizado. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

VIGAS IPE 200	GALVANIZADO	PINTURA
Costo protección inicial (Kg).	$850*	$1.000*
Duración protección	Más de 30 años	Ocho años
Mantenimiento	No necesita	Al noveno año, cada dos años sucesivos.
Tiempo de aplicación en días aproximadamente	2 días.	7 días.

Tabla 4. Ejemplo comparativo de mantenimiento para Vigas IPE 200 con respecto al galvanizado y recubrimiento más utilizado. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

ÁNGULO DE 2" X 1/4	GALVANIZADO	PINTURA
Costo protección inicial (Kg).	$900	$1.179
Costo cada Mantenimiento (Kg)	$0	$1.000
Costo Total (Kg)	$900	$12.179

Tabla 5.Costo total del mantenimiento a 30 años, con un total de 11 mantenimientos para el ejemplo de un Angulo de 2"x1/4 entre el galvanizado y recubrimiento más utilizado. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

VIGAS IPE 200	GALVANIZADO	PINTURA
Costo protección inicial (Kg).	$850	$1.000
Costo cada Mantenimiento (Kg)	$0	$900
Costo Total (Kg)	$850	$10.900

Tabla 6. Costo total del mantenimiento a 30 años, con un total de 11 mantenimientos para el ejemplo de vigas IPE 200 entre el galvanizado y recubrimiento más utilizado. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

*Valores de referencia estimados para el año 2013, su variación depende del mercado actual.

Dando el alcance al ejemplo anterior, se realiza un comparativo entre el costo inicial y el mantenimiento para ángulos y vigas IP en comparación con galvanizado y un recubrimiento más utilizado con una duración de 30 años. Desde la protección como costo inicial, el galvanizado es más económico que el recubrimiento más utilizado para este tipo de materia prima. Para el caso del mantenimiento del galvanizado a los 30 años continua con el mismo costo inicial, mientras que utilizando el recubrimiento más utilizado este costo equivale a 12 veces más aprox. que el costo inicial del producto.

2.7.3 Diversidad de aplicaciones.

Los recubrimientos galvanizados poseen una gran diversidad de utilización, debido que protegen el acero tanto de la corrosión atmosférica como de la provocada por agentes biológicos, aguas o el terreno. Por lo anterior, se puede afirmar que la galvanización en caliente es un procedimiento de gran versatilidad de aplicación y que además, sirve para toda clase de piezas o artículos de acero.



Figura 10. Productos del sector de la construcción marino y minero.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

2.7.4 Protección total.

La totalidad de la superficie de los recubrimientos galvanizados queda recubierta tanto interior como exteriormente, debido que el procedimiento consiste en la inmersión de las piezas a proteger en un baño de Zinc fundido.

2.7.5 Tenacidad del recubrimiento.

El galvanizado en caliente proporciona una elevada resistencia a los golpes y a la abrasión, lo cual es de gran importancia para evitar el deterioro del mismo durante el manejo, transporte, almacenamiento y montaje como lo hace el material galvanizado. Esto debido a que el proceso de la galvanización en caliente produce un recubrimiento de Zinc que está unido metalúrgicamente al acero de base a través de una serie de capas de aleaciones Zinc-hierro.

2.7.6 Confiabilidad.

La galvanización en caliente es un procedimiento simple y perfectamente inspeccionado, el cual permite alcanzar recubrimientos de Zinc de calidad y espesor regulados sobre prácticamente cualquier artículo o pieza de hierro o acero.

¿POR QUÉ EL GALVANIZADO EN ACERO ES TAN CONFIABLE?

De acuerdo a lo mencionado en el boletín técnico No. 2 de 2006 de la Asociación Venezolana de Galvanizadores, los revestimientos aplicados en fábrica siempre serán más confiables que los aplicados en campo. Es imposible ejercer el mismo control en la aplicación en campo. Una sencilla demostración es, analizar el comportamiento de los revestimientos que están en servicio.

Hay muy escasos ejemplos de falla de revestimientos galvanizados en un sin número de artículos que están en servicio.

Después de 20, 30 o 40 años, los postes y vallas de indicación, barandas, torres de transmisión e incontables otros artículos galvanizados en caliente están libres de óxido de hierro y aun, mantienen el revestimiento intacto.

Se pueden demostrar estadísticamente, las razones por las cuales, las capas de pintura aplicadas en campo son mucho menos confiables que los revestimientos galvanizados en caliente.

Lo anterior, usando los parámetros que son relevantes en la aplicación de cada revestimiento, aplicando el análisis factorial de la confiabilidad a cada sistema.

Para lo cual el Dr. Van Eijnsbergen[2], desarrollo un modelo estadístico para medir la confiabilidad de cualquier recubrimiento. Este modelo ayuda a clasificar lógicamente el comportamiento de un revestimiento, y se define con un factor de "Grado de Confiabilidad" (RT) como: RT= 100/(FT Factor total de confiabilidad). Cuanto más alto es este factor (RT), más alto es el nivel de confiabilidad del revestimiento con respecto a otros.

Parámetros relevantes en la aplicación de cada revestimiento.

Existen seis parámetros básicos que impactan la confiabilidad de un revestimiento y en su orden son:

• Forma y superficie de acero.

• Tratamiento previo de la superficie de acero.

• Revestimiento o sistema de revestimiento.

• Aplicación del sistema de revestimiento.

• "Periodo de juventud" del sistema.

• Tiempo de la exposición del servicio.

Estos parámetros afectan directamente en el puntaje de la importancia relativa del revestimiento (IrR)

PARÁMETRO	IMPORTANCIA RELATIVA (IrR)	IMPORTANCIA RELATIVA (IrR)
Condición de la superficie.	PINTURA	GALVANIZADO
Condición de la superficie.	4	8
Preparación de la superficie.	8	0.125
Humedad/ punto de rocío.	8	1
Composición del revestimiento.	8	0.25
Habilidad del operario.	4	0.125
Condiciones de curado.	1	1
Transporte y manejo.	8	10.5
Confiabilidad Total (FT)	41	10.5

Tabla 7. Tabla parámetros e importancia relativa en la aplicación de cada re **vestimiento.**
Fuente: AVGAL. Asociación Venezolana de Galvanizadores, "Boletín Técnico, Compartir el Conocimiento es Crecer", Número 2 año 1 Octubre 2006.

2 Eijnsbergen Van, [En línea]. Disponible en: HTTP://WWW.RUSTFREETRUCKS.COM/TRAILERS/2067.HTML. Última consulta 15/10/2013]

Este análisis demuestra que los revestimientos galvanizados en caliente son casi 400% más confiables que las capas de pintura en una aplicación típica, a pesar de que el análisis no le hace justicia a la confiabilidad verdadera del galvanizado ya que solo considera el proceso de aplicación del revestimiento.

Debido a factores relacionados con la aplicación y, teniendo en cuenta que la capa galvanizada no se forma sino en la superficie de acero perfectamente preparada, se puede afirmar que el galvanizado en caliente nunca fallará

2.7.7 Fácil de soldar.

Los diferentes elementos que componen una construcción galvanizada pueden adherirse sencillamente mediante los mismos procesos de soldadura que se manipulan habitualmente para el acero en negro, como la soldadura eléctrica por arco (manual o automática), la soldadura por resistencia, la soldadura por inducción, etc. Es decir no se requiere un tipo de soldadura especial.

2.7.8 Revestimiento con Capa de pintura (protección dúplex).

El sistema Dúplex, es un sistema de protección contra la corrosión, utilizado en casos en los que se necesita una protección muy eficaz, por ejemplo, cuando el elemento que se va a galvanizar, se va a ubicar en un ambiente C5. Para su implementación se utilizan dos sistemas distintos de protección, tales como, los recubrimientos galvanizados y los revestimientos de pintura, los cuales se complementan y generan una protección anticorrosiva mucho más significativa que la que podría calcularse sumando las duraciones estimadas de los dos procesos por separado, creando un proceso que produce una complementariedad sustentada en la eficiencia de su combinación.

Como guía de acuerdo a la tabla 2, la cual especifica la clasificación de los ambientes, se aconseja realizar sistema dúplex en ambientes C4 el cual puede llegar a durar la estructura metálica de 42 a 84 años y C5 un ambiente más agresivo que podría llegar a durar de 18 a 37 años con cero mantenimiento.Para la aplicación de la pintura sobre galvanizado se debe considerar las condiciones específicas para cada tipo, estas vienen establecidas en sus fichas técnicas. Es necesario tener en cuenta las recomendaciones del fabricante de pinturas como son: compatibilidad del material, estado de la superficie, rango de temperatura necesaria para su aplicación, grado de humedad requerida para la aplicación, tiempo de curado. Es aconsejable pintar la pieza metálica posterior a salir el producto del proceso de galvanizado.

Este sistema es utilizado normalmente en infraestructura vial, túneles, edificaciones, mobiliario urbano e industrias químicas y eléctricas. Dado que éstas demandan una protección más eficaz, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y de trabajo pesado a las que se exponen la industria y, la deseabilidad de que las edificaciones y la infraestructura vial tengan alta durabilidad.



Figura 11. Construcciones de diversos sectores en las cuales se implementa el Sistema Dúplex.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

Si un sistema dúplex es aplicado de forma adecuada, suministrará un color perdurable, una resistencia química y una permanencia de uso extensa sinérgicamente. En el caso de utilizar pintura sobre galvanizado, esto se debe realizar teniendo en cuenta primero un tratamiento del elemento galvanizado, el cual dependerá del tipo de recubrimiento que se quiere aplicar. Los productores de pinturas tienen para cada tipo un sistema diferente.

Aceros recomendados para Galvanizar.

Dentro de la gran variedad de materiales, los ferrosos son los más adecuados para recibir un tratamiento de galvanizado, debido a su composición química. Las piezas que pueden ser sumergidas para un tratamiento de galvanizado en caliente son:

- Hierro fundido
- Hierro maleable.
- Aceros fundidos.
- Acero laminado en caliente.
- Acero laminado en frío.
- Aceros estructurales incluyendo materiales de baja aleación y de alta resistencia.



Figura 12. Tipos de acero recomendado para galvanizar en caliente
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

La presencia en los aceros y el metal soldado, de elementos tales como silicio, carbono y fósforo, en algunos porcentajes, tiende a acelerar el crecimiento de la aleación hierro-Zinc, de modo que el recubrimiento puede tener un acabado mate con una escasa capa exterior de Zinc o ausencia de ella.



Capítulo 3.
ALISTAMIENTO Y PROCESO PRODUCTIVO.

Consideraciones de diseño
Alistamiento del material
Amarre y colgado de las piezas
Desengrase
Decapado
Enjuague
Fundente
Secado
Galvanizado en caliente
Enfriamiento

3 ALISTAMIENTO Y PROCESO PRODUCTIVO

3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LOS ELEMENTOS.

La geometría de los productos a galvanizar, se debe acomodar a la dimensión de la cuba donde se vaya a realizar el procedimiento, para lo cual se relacionan en la Tabla No. 8 las dimensiones de las cubas de Galvanizado en Colombia.

3.1.1 Dimensiones de las cubas de galvanizado.

En la siguiente tabla se presentan las dimensiones mínimas y máximas expresadas en metros de las cubas o tanques de galvanizado en caliente existentes en cada ciudad.

CIUDAD	DIMENSIÓN MÍNIMA			DIMENSIÓN MÁXIMA		
	LARGO	ANCHO	PROFUND.	LARGO	ANCHO	PROFUND.
Bogotá	2,5	0,5	0,5	8,0	1,1	1,7
Barranquilla	1,2	0,6	1,0	9,0	1,5	2,5
Medellín	3,0	1,2	0,8	8,0	1,2	0,8
Bucaramanga	6,3	1,0	1,0	6,5	0,6	1,0
Neiva	4,0	0,4	0,4	4,0	0,4	0,4
Sogamoso	6,0	0,8	0,8	6,0	0,8	0,8
Cali	3,7	0,4	0,4	3,7	0,4	0,4

Tabla 8. Tabla de dimensiones mínimas y máximas de las cubas de Galvanizado que hay en el País.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

3.2 ALISTAMIENTO DEL MATERIAL.

Es muy importante que se gestione un buen alistamiento del material, con el fin que la galvanización del producto, se logre de manera exitosa. El material que va a ser galvanizado, es necesario que posea un drenaje adecuado, el cual logre asegurar el libre flujo de las soluciones aplicadas. Para esto, los refuerzos, esquineros y fijaciones deberán ser cortados con un mínimo de 19.05 milímetros de longitud. Asimismo, se deben proporcionar aberturas de ½" (13mm) de diámetro en planchas exteriores de forma de acero laminado, para posibilitar la entrada del zinc fundido en el procedimiento del galvanizado y del drenaje durante la extracción.

Para que se logre la perfecta difusión de la solución de zinc por todo el producto a galvanizar, es necesario que éste, tenga un diseño óptimo de destijeres y perforaciones. Estos, contribuyen también a ejecutar el drenaje de zinc una vez finalizado el desarrollo.

Diseño óptimo de destijeres y perforaciones para estructura en acero.

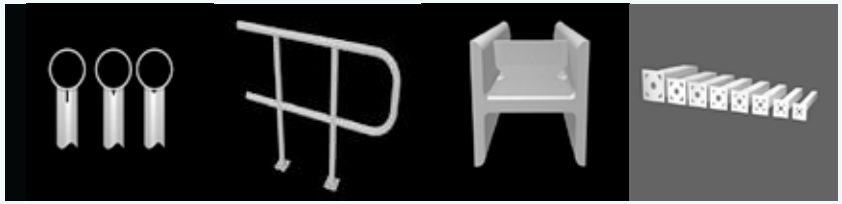


Figura 13. Presentación de destijeres y perforaciones en barandas, viga IP y perfil tubular
Fuente: B-Bosh - Chile

Destijeres adecuados



Figura 14. Muestra de destijeres adecuados en estructura metálica
Fuente: B-Bosh - Chile

Destijeres adecuados en barandas y estructuras tubulares



Figura 15. Imágenes de destijeres en estructura tubular, los puntos rojos de la primera figura indican los puntos en donde debe llevar un destijere Fuente: B-Bosh - Chile

Destijeres adecuados en cerchas tubulares



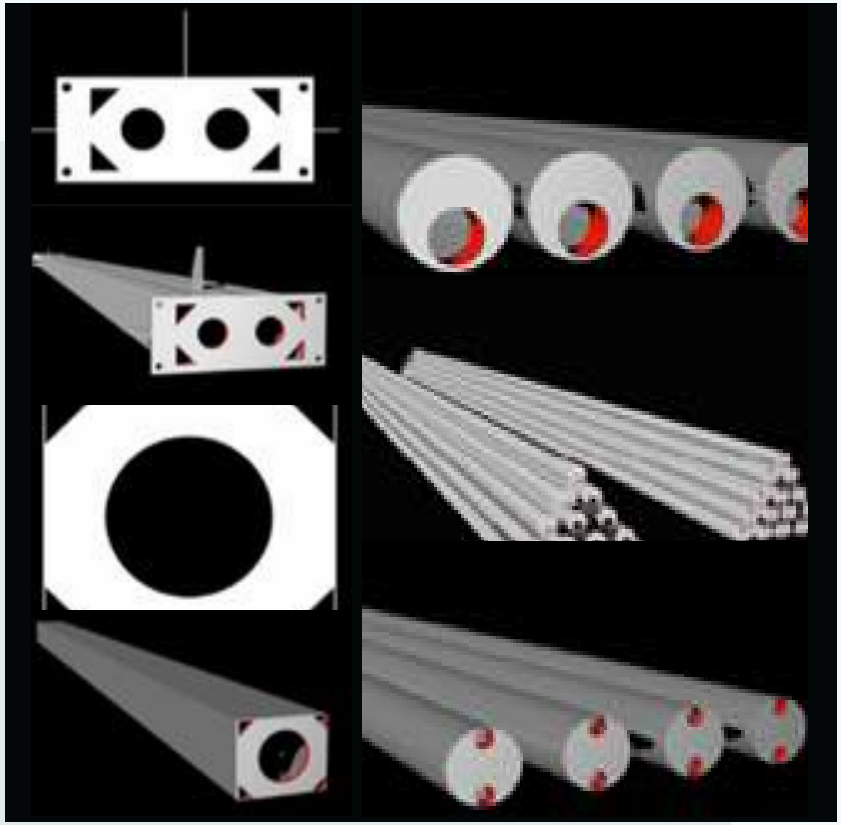
Figura 16. Indica los destijeres que debe llevar las cerchas tubulares.
Fuente: B-Bosh - Chile

Destijeres en secciones cuadradas.



Figura 17. Indica los destijeres y perforaciones que debe llevar las secciones cuadradas o perfiles tubulares
Fuente: B-Bosh - Chile

Drenajes adecuados.



Destajes para tubulares

Destajes para Cañeirías

Figura 18. La señalización roja representa las perforaciones o destijeres que se debe realizar a la estructura tubular
Fuente: B-Bosh - Chile

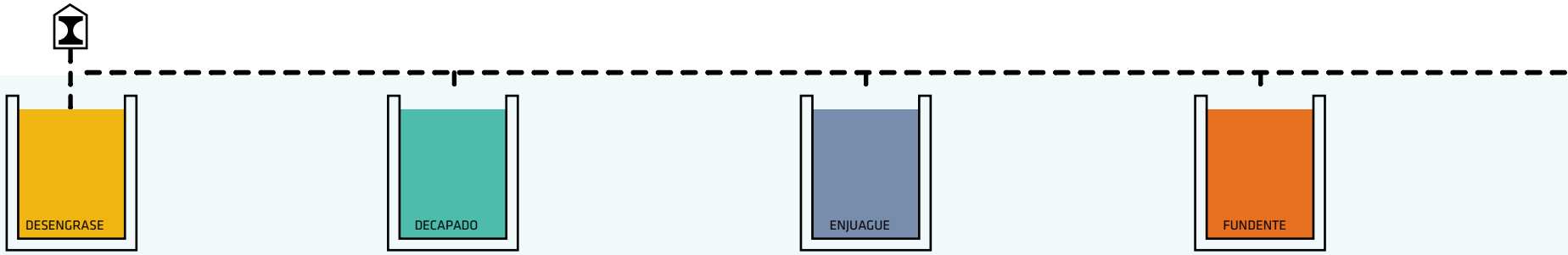
En las anteriores figuras se presentan la ubicación en donde se deben hacer los destijeres y perforaciones en los diferentes elementos que componen las estructuras (barandas, Viga IP, perfil tubular, perfil cuadrado, cerchas tubulares). Los agujeros de ventilación deben realizarse cerca a los extremos y diagonalmente opuestos entre sí. Se pueden realizar esquinas internas recortadas para permitir el acceso del ácido de decapado, el flujo de zinc fundido y para evitar el atrapamiento del aire.

3.3 AMARRE Y COLGADO DE LAS PIEZAS.

Para que el proceso de producción pueda iniciarse, es necesario determinar la inclinación específica del material para un correcto colgado del mismo, este ángulo de inclinación se determina según el tipo de material a galvanizar.



Figura 19. Piezas metálicas en negro alistada por el operario en las gancheras para la entrada del material a los ácidos.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



3.4 - DESENGRASE

Una de las actividades importantes, previas a la introducción de las piezas o elementos a galvanizar es el desengrase. Esta actividad consiste en sumergir la pieza en un baño de desengrase para eliminar contaminantes orgánicos como grasa, aceite y tierra que se adhieren a la superficie metálica, procedimiento que se muestra en la figura 20.

3.5 - DECAPADO

Durante esta etapa se busca la eliminación del óxido presente en las piezas a galvanizar, mediante la utilización de una solución diluida en ácido hidroclórico al 17%. La eliminación del óxido de las superficies de las piezas permite que el galvanizado de la misma se realice sobre una superficie químicamente limpia. En este tanque se sumergen las piezas de 10 a 20 minutos. Previamente deben estar totalmente limpias de impurezas, calamina, pintura, polvo y demás productos que impidan realizar un galvanizado óptimo.

3.6 - ENJUAGUE

En la anterior etapa "Decapado", quedan una serie de ácidos adheridos al material, por lo tanto es necesario enjuagar el material para lograr una superficie más limpia y evitar que dichos ácidos lleguen a las demás etapas del proceso. La figura 22 presenta una estructura que ha sido sumergida en agua y sale para pasar al proceso de fundente.

3.7 - FUNDENTE

El principal objetivo de esta etapa es facilitar la adherencia del zinc a la superficie del material (hierro o acero) y así prevenir que otros óxidos se formen en la superficie del metal antes de ser galvanizado. Para esto es necesario aplicar un baño de sales (cloruro de zinc y cloruro de amonio). La figura 23 presenta un tanque de fundente con un aro. Este proceso dura de 10 a 20 minutos.



Figura 20. Tanque de desengrase - Planta galvanizadora
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



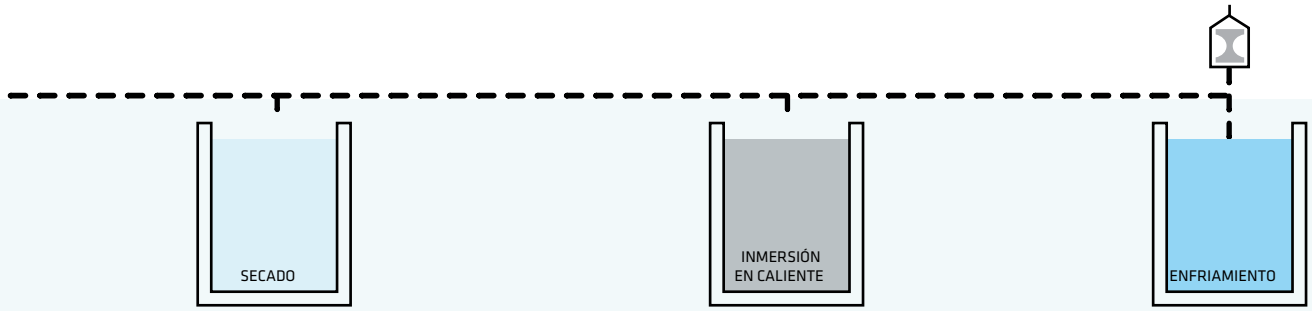
Figura 21. Tanque de ácido clorhídrico - Planta galvanizadora.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 22. Tanque de enjuague en agua a temperatura ambiente - Planta galvanizadora. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 23. Tanque de Flux o fundente -Planta galvanizadora.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



3.8 - SECADO

Durante esta etapa, la pieza o estructura metálica es secada y preparada para galvanizar esto se hace por medio de la utilización de aire caliente. La figura 24, presenta una plancha la cual se encuentra aprox a 40°C.

3.9 GALVANIZADO EN CALIENTE.

Durante esta etapa, en un baño de zinc fundido al 99.9% de pureza, el material es completamente sumergido durante el tiempo suficiente para alcanzar una temperatura de 450°C.

3.10 ENFRIAMIENTO.

Después de Galvanizar el material, es necesario sumergirlo en agua a temperatura ambiente, esto con el fin de que se enfríe y así poder inspeccionarlo.



Figura 24. Plancha de secado para pasar al proceso de galvanizado
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 25. Cuba de galvanizado en caliente temperatura 450°C.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 26. Tanque de enfriamiento para las piezas galvanizadas.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

Capítulo 4.
CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN TÉCNICA

Control de calidad elementos galvanizados en caliente
Control de calidad elementos galvanizados centrifugados
Restauración del recubrimiento
Soldadura en acero revestido con zinc

4 CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN TÉCNICA

4.1 CONTROL DE CALIDAD ELEMENTOS GALVANIZADOS EN CALIENTE

4.1.1 Inspección.

Para iniciar el proceso de inspección visual, es necesario revisar el material galvanizado para su conformidad de acuerdo con las especificaciones pertinentes. Se revisa la uniformidad en el acabado, espesor, adherencia del recubrimiento y por supuesto su apariencia final. Es importante indicar que la inspección, se lleva a cabo de manera visual.



Figura 27. Desamarre de estructuras galvanizadas e inspección visual del material.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

La tabal 9 presenta los criterios de aceptabilidad a tener en cuenta en la inspección visual con la cual se acepta o no el producto.
La aceptabilidad de un revestimiento debe ser considerado, no sólo por su apariencia sino especialmente por su rendimiento a largo plazo y su resistencia a la corrosión. Las variaciones por lo general son causadas por las características del propio acero.

Apariencia	Aceptabilidad de la protección (No necesariamente de la apariencia)
Recubrimiento en gris opaco (No contiene zinc libre, solo aleación de hierro y zinc)	Aceptable
Exceso de zinc acumulado	Aceptable, siempre que no comprometa la funcionalidad de la pieza
Manchas de óxido	Aceptable (Remover fácilmente con un cepillo rígido)
Aspereza general	Aceptable
Sin uniformidad y drenaje (Drenaje desigual)	Aceptable
Grumos (Granos)	Aceptable, siempre que la contaminación con sedimento no sea excesiva y no interfiera con la funcionalidad y/o montaje del producto.
Corrosión blanca	Aceptable, siempre que no esté comprometido el espesor
Zonas sin recubrimiento	Inaceptable. Zonas dañadas se pueden retocar.

Tabla 9. Tabla de referencia para aceptación de las piezas o estructuras galvanizadas.
Fuente: LATIZA, "Guía para la Galvanización en caliente".

A continuación se presentan los diferentes tipos de apariencia que se pueden presentar en elementos galvanizados



Figura 28. Aspereza general.
Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".



Figura 29. Corrosión blanca.
Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".

Figura No.28. Aspereza general: Ocurre debido a la formación irregular de capas de hierro y zinc puro, por la composición química de la superficie de acero. Estos factores se encuentran fuera de control del galvanizador. En este caso la composición química y la superficie del material deben ser cuidadosamente especificadas.

Figura No.29. Corrosión blanca: Es el nombre dado a los depósitos blancos que se forman en la superficie de la pieza con zinc, debido al almacenamiento o transporte en condiciones de mala ventilación o humedad. A pesar de la apariencia, la corrosión blanca no pone en peligro la capa de zinc original, en caso de duda debe procederse a una limpieza del área afectada y verificar su espesor.



Figura 30. Exceso de zinc acumulado
Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".



Figura 31. Manchas de óxido
Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".

Figura No.30. Exceso de zinc acumulado: Es causado por el flujo desigual del zinc en una pieza, cuando se retira del horno.

Figura No.31. Manchas de óxido: El acero galvanizado a veces tiene manchas de óxido. Esto puede dar la impresión equivocada de que hay defectos en el recubrimiento y en ocasiones ser visualmente inaceptable. Esto puede darse debido a lo siguiente: contacto directo con las piezas galvanizadas con acero sin protección, depósitos de polvo de hierro y acero de otras operaciones o fuentes sobre la superficie galvanizada, el drenaje de agua de una pieza de acero sin protección, residuos de limpieza en soldaduras óxido en zonas soldadas después de la galvanización. Las manchas de la mayoría de fuentes externas no tienen ningún efecto sobre la vida útil del revestimiento. Sin embargo las zonas afectadas se pueden limpiar para mejorar el aspecto de la estructura utilizando un cepillo duro o polvo abrasivo para remover la mancha.



Figura 32.Acabado de tubería galvanizada con apariencia brillante y mate, Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".



Figura 33. Acabado baranda galvanizada con gris opaco o mate
Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".

Figura No.32 y 33. Acabados brillante y opaco o mate: La causa de este aspecto es la distribución de hierro para formar fases de la aleación hierro zinc en la superficie del recubrimiento. Se desarrolla en zonas localizadas, pero se puede extender sobre toda la superficie de la pieza. Ocurre en aceros con contenido relativamente alto de silicio o fósforo, sustancias más reactivas con el zinc fundido.



Figura 34. Acabado de material galvanizado con grumos Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".



Figura 35. Acabado de material una parte con galvanizado y otra parte con pintura Fuente: LATIZA. "Guía para la Galvanización en caliente".

Figura No.34. Acabado de material galvanizado con grumos: Son depósitos de diversos tipos, formas y dimensiones que forman parte de la capa de zinc. Los grumos se forman cuando las impurezas del baño de zinc (lodos, óxidos, plomo), se fijan en la superficie de la pieza con zinc en el momento del retiro del horno. La presencia de excesiva cantidad de grumos suele ser causa de rechazo, ya que tienen a debilitar el recubrimiento.

Figura No.35. Acabado del material una parte con galvanizado y otra con pintura: Es importante analizar la vida útil esperada para cada uno de los recubrimientos.

4.1.2 NTC 3320 (ASTM A-123)

4.1.2.1 Muestreo para piezas galvanizadas y centrifugadas.

El muestreo de cada lote se debe realizar de acuerdo con los requisitos de esta norma. En primer lugar se debe realizar la inspección visual del galvanizado y posteriormente se realiza el ensayo por muestreo. Este muestreo es aplicable para todos los ensayos en la planta del galvanizador teniendo en cuenta que para el galvanizador un lote es la inmersión de un grupo de elementos colgados de una ganchera. Para inspecciones externas el número de piezas a galvanizar será de común acuerdo entre el interesado y el galvanizador como se indica a continuación.

NÚMERO DE PIEZAS EN EL LOTE	NÚMERO DE PROBETAS
Hasta 3	Todas
4 a 500	3
501 a 1 200	5
1 201 a 3 200	8
3 201 a 10 000	13
10 001 y más	20

Tabla 10. Probetas que se deben inspeccionar de acuerdo a la muestra total galvanizada o número de piezas del lote. Para este caso si el lote hace referencia a una cantidad de 520 piezas se ubica en el rango de 501 a 1.200, es decir se debe hacer inspección 5 piezas. Fuente: NTC 3320.

4.1.2.2 Ensayo para verificación del espesor del recubrimiento

Para realizar este ensayo se dispondrá de un equipo de medición de espesores, el cual se ubica sobre la pieza a inspeccionar y se registrará el micraje obtenido en la pieza. Todos los elementos de ensayo (probeta) deberán tener un espesor promedio mínimo del recubrimiento de acuerdo a la Tabla 11. Se recomienda tomar un mínimo de cinco mediciones dentro del volumen de cada probeta, de la manera más dispersa posible dentro de ese volumen, para representar el espesor del recubrimiento general dentro de ese volumen de la probeta. Las mediciones se realizarán con un medidor de espesor magnético, aplica el mismo procedimiento para todos los elementos de acuerdo a lo indicado en la NTC 3320

Categoria del material	Todas las probetas sometidas a ensayo					
	Rango de espesor del acero (medido), plugadas (mm)					
	<1/16	1/16 hasta 1/8	1/8 hasta 3/16	> 3/16 hasta 1/4	≥ 1/4 hasta 5/8	≥ 5/8
	(<1,6)	(1,6 hasta 3,2)	(3,2 hasta 4,8)	(> 4,8 hasta <6,4)	(≥ 6,4 hasta 16)	(> 16)
Formas estructurales	45	65	75	75	100	100
Fleje y barra	45	65	75	75	75	100
Placa	45	65	75	75	75	100
Tubo y tuberia	45	45	75	75	75	75
Alambre	35	50	60	65	80	80
Barras de refuerzo	--	--	--	--	100	100

Tabla 11. Promedio en micras que debe tener la pieza galvanizada para productos como: perfiles, placas tubería y alambre.
Fuente: NTC 3320.

4.1.2.3 Tabla de Conversión

La siguiente tabla determina el espesor en micras y la conversión correspondiente en: milésimas de pulgada, onza/pie2 o G/M2 de acuerdo a la especificación del cliente

GRADO DEL RECUBRIMIENTO	MILÉSIMAS DE PULGADA	ONZA/PIE2	µM	G/M2
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

Tabla 12. Tabla de conversión.
Fuente: NTC 3320.

4.1.2.4 Adherencia

Se determina la adherencia del recubrimiento de zinc a la superficie del metal cortando o levantado con la punta de un cuchillo resistente, aplicado con considerable presión con el fin de remover una porción del recubrimiento. En caso de que el recubrimiento galvanizado se levante, es necesario preparar el elemento y realizar el galvanizado desde la primera etapa del proceso.

4.2 CONTROL DE CALIDAD ELEMENTOS GALVANIZADOS CENTRIFUGADOS

Todas las inspecciones y ensayos se deben llevar a cabo en el sitio de fabricación antes de realizar los despachos, a menos que se especifique lo contrario y se deben tener en cuenta la norma NTC 2076 (ASTM A-153) que hace referencia a los espesores mínimos exigidos para productos pequeños, como tornillería, herrajes y accesorios.

4.2.1 NTC 2076 (ASTM A-153)

4.2.1.1 Espesor del recubrimiento

Tipo de material	Espesor del revestimiento, mínimo micrones	
	Promedio de las piezas	Cualquier espécimen Individual
Clase A - Fundiciones - hierro, acero maleables	86	79
Clase B - Artículos laminados, prensados y forjados (excepto aquellos que se incluirían en las Clases C y D)		
B-1 - 4,76 mm y más de espesor y sobre 381 mm de longitud	86	79
B-2 - bajo 4,76 mm de espesor y sobre 381 m de longitud	66	53
B-3 cualquier espesor y 381 mm y menos de longitud	56	48
Clase C - Sujetadores sobre 9,52 mm de diámetro y artículos similares. Golillas de 4,76 y 6,35 mm de espesor	53	43
Clase D - Sujetadores 9,52 mm y menos de diámetro, remaches, clavos y artículos similares. Golillas de menos de 4,76 mm de espesor	43	36

Tabla 13. Espesor mínimo del recubrimiento aceptado en micras para productos pequeños y de tornillería en general.
Fuente: Norma ASTM – A153.

Los artículos revestidos de zinc estarán libres de áreas sin revestir, burbujas, depósitos de fundente, inclusiones de escoria y otros tipos de proyecciones que podrían interferir con el uso destinado de los artículos u otros defectos no consistentes con una buena práctica de galvanizado. El revestimiento de zinc deberá ser suave y razonablemente uniforme en espesor. Es importante tener en cuenta los espesores mínimos de recubrimiento y características relacionadas en la norma Internacional ASTM A-123 homologada NTC 3320, si los productos no cumplen con los espesores exigidos, serán causa de rechazo; por tanto deberán volverse a galvanizar hasta garantizar el espesor promedio.



Figura 36. Tornillos galvanizados.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores

4.2.1.2 Retoques y Reparaciones

Cuando el elemento requiera de una renovación o reparación será de 2.5cm o menos en su dimensión más angosta. El área total sometida a renovación en cada elemento no debe ser superior a 1/2 del 1% del área superficial accesible para el recubrimiento en dicho elemento o 36 pulgadas2 por tonelada corta (256 cm2 por tonelada métrica) de peso de la pieza, cualquiera que sea el valor inferior.

Cuando las áreas que requieren renovación exceden los criterios indicados previamente, o son inaccesibles para la reparación, el recubrimiento se debe rechazar.

• El espesor de las reparaciones debe ser igual al revestimiento galvanizado excepto para las reparaciones hechas con pinturas que contienen polvo de zinc en cuyo caso el espesor de las reparaciones será 50% mayor que el espesor del revestimiento galvanizado.

• Cuando un objeto a ser galvanizado lleva ensambles roscados incorporados, el diámetro de contacto de los hilos hembra debe aumentarse para permitir el ensamble manual después de agregado el zinc a los hilos macho de la pareja. De esta manera los pernos quedan completamente galvanizados, pero los hilos internos de las tuercas deben ser roscados más grandes después del galvanizado para acomodar el diámetro más grande de los pernos. Para economizar generalmente las tuercas son galvanizadas y los hilos son repasados a un mayor tamaño después del galvanizado.

El galvanizador hará las reparaciones o retoques correspondientes.



Figura 37. Piezas o elementos con zonas sin recubrimiento de galvanizado, Fuente: B-Bosh – Chile.



Figura 38. Piezas en reparación con pintura rica en zinc en aerosol. Fuente: B-Bosh – Chile.

4.3 RESTAURACIÓN DEL RECUBRIMIENTO:

Luego de que se suelden las piezas galvanizadas estas pasaran a la etapa de restauración o recuperación del recubrimiento de zinc perdido. La restauración debe hacerse de acuerdo a la norma ASTM A123-02 y en la NTC 3320, especificación estándar para recubrimientos de zinc sobre productos de hierro y acero (inmersión en caliente), utilizando pinturas ricas en zinc.

4.4 PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN SUPERFICIAL Y APLICACIÓN:

A continuación se relacionan las fases generales para la restauración del recubrimiento en piezas ya galvanizadas:

• Las superficies que serán reacondicionadas deberán estar limpias, secas y libres de aceite, grasa o productos de corrosión.

• Para condiciones de exposición en terreno menos críticas, limpie la superficie hasta el metal descubierto, casi metal blanco. Cuando las circunstancias no permitan la limpieza por chorro o con herramientas mecánicas, se permite limpiar las áreas con herramientas manuales tales como cepillo de alambre o lima fina hasta el metal brillante.

• Si el área a reacondicionar incluye soldaduras, elimine todo el residuo de fundente de soldadura y salpicadura de soldadura con medios mecánicos.

APLIQUE LA PINTURA SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DADAS POR EL FABRICANTE, APLICANDO HASTA ALCANZAR EL ESPESOR SOLDADURA.

4.5 SOLDADURA EN ACERO REVESTIDO CON ZINC.

El revestimiento mediante la galvanización en caliente normalmente se lleva a cabo después de terminar la fabricación. Este galvanizado posee una barrera permanente resistente a la abrasión y corrosión para los componentes, de tal manera que se llega a tener una duración razonable.

Los procesos más comunes de soldadura se nombran a continuación:

Soldadura por arco eléctrico: Las condiciones para soldar son parecidas a las del acero sin revestimiento, solo que la separación de bordes es más grande en ciertos casos para dar más penetración y permitir el drenaje.

Soldadura por arco metálico con gas: El modo de transferencia de circuito corto produce menos deformación y daño al revestimiento de zinc que el modo de transferencia por spray.

Soldadura por TIG (Tungsten Inert Gas): La soldadura de gas tungsteno en acero galvanizado no se recomienda a menos que se saque primero el revestimiento de zinc. El acero sin recubrir se suelda usando procedimientos apropiados para acero sin revestimiento.



Figura 39. Soldador trabajando.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

Soldadura por arco con núcleo fundente: Los aceros galvanizados en caliente pueden soldarse con electrodos. Estos electrodos auto revestidos son favorables para láminas de metal que producen ya que la baja penetración y la gran velocidad de recorrido son posibles.

Soldadura por arco sumergido: Los empalmes pueden soldarse usando acero galvanizado en caliente, ya que se utiliza la misma preparación para los bordes al igual que para el arco sin revestimiento. Las soldaduras en planchas gemelas sumergidas, donde ambos lados de la unión T están soldadas simultáneamente, pueden depositarse en acero galvanizado en caliente.

Soldadura por oxígeno y gas combustible: Cuando se usa la soldadura de oxígeno y gas combustible de velocidad de bajo recorrido, el revestimiento de zinc se vuelve volátil y excede por lo menos 7 mm de cada lado de la soldadura.
Soldadura fuerte y blanda: la frecuente soldadura fuerte de inducción, puede realizarse en varias láminas galvanizadas con buenos resultados aleaciones llenas de silicio con bronce o 60% de bronce- 40% zinc.

Soldadura por resistencia: Se usa generalmente para unir secciones de acero más delgadas que 5 mm si el revestimiento pesa menos de 450g/m2, los revestimientos más pesados se sueldan satisfactoriamente, aunque la duración de un electrodo de cobre más corta que los revestimientos más ligeros.
Soldadura eléctrica por arco manual: La soldadura eléctrica por arco manual es la más utilizada en las construcciones de acero galvanizado. Algunos de los aspectos principales a tener en cuenta para su aplicación son:

• En las soldaduras a tope, la separación entre bordes debe ser algo mayor que en el caso de soldar acero en negro, con el fin de facilitar la salida de vapores de óxido de zinc y evitar porosidad en el cordón.

• Es recomendable soldar más lentamente que en el caso del acero desnudo e imprimir un movimiento pendular al electrodo.

• Se recomienda un ligero aumento de la intensidad de la corriente, para estabilizar el arco y favorecer la vaporización del zinc.

• Para evitar una excesiva exposición del operario soldador a los humos del zinc, es necesario disponer algún dispositivo eficaz de aspiración junto a la zona de soldadura y utilizar los implementos de seguridad correspondientes como: guantes apropiados, careta de seguridad y overol.

• En muchas ocasiones, se requiere que previamente a las soldaduras, se elimine el zinc de los bordes de las superficies a soldar. El procedimiento más efectivo para ello es quemar con soplete la zona a soldar a ambos lados de las piezas hasta unos 10 mm de los bordes, tomando las precauciones ya indicadas en cuanto a la extracción de humos.

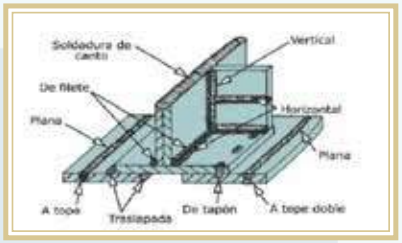
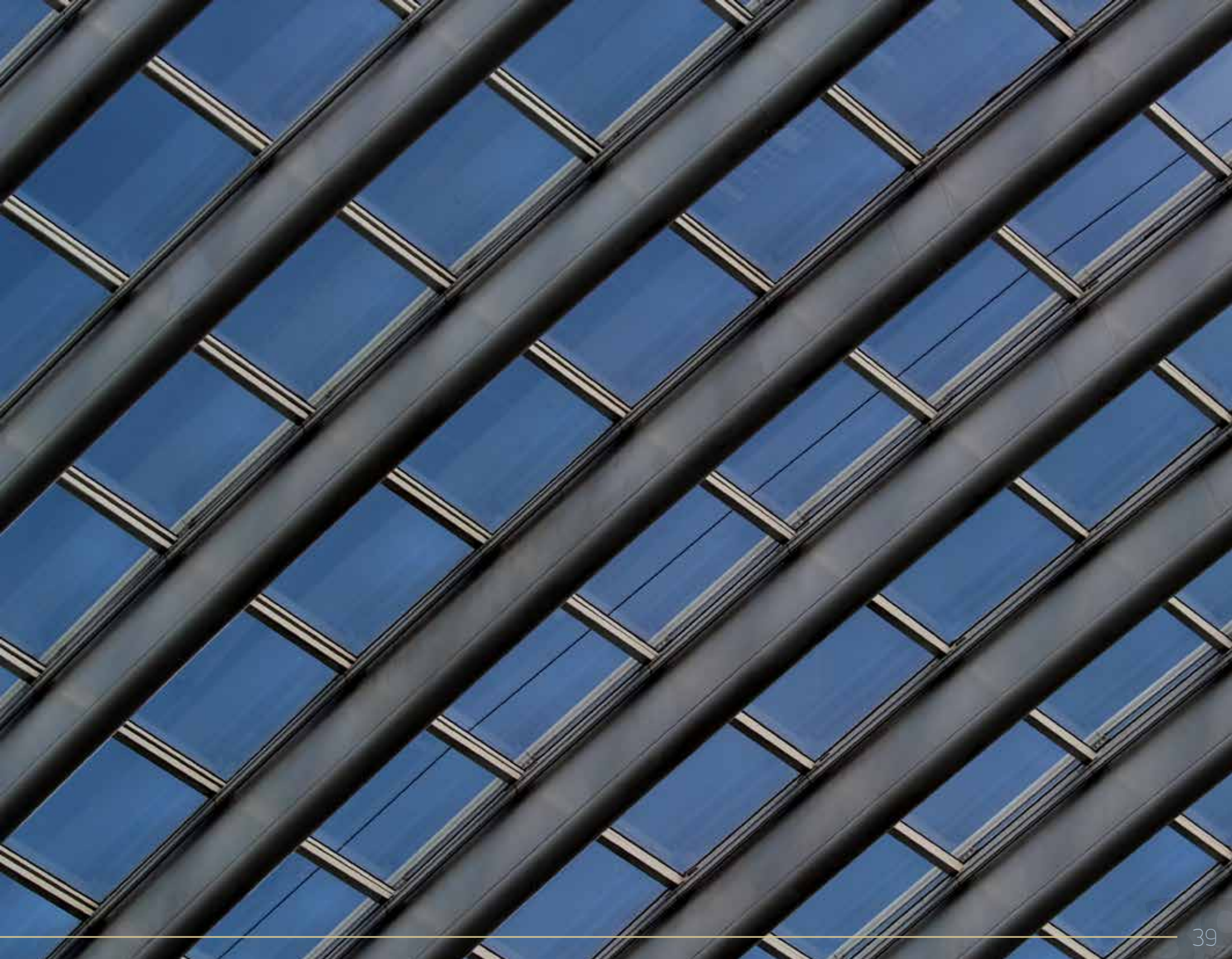


Figura 40. Denominación de los Tipos de Soldadura .
Fuente: Metfusion , "Blog soldadura.mforos.com".



Capítulo 5.
GALVANIZACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Características ambientales del galvanizado
Reciclaje del zinc
Reciclaje de los residuos del proceso
Reutilización del acero galvanizado
Diversos usos de la galvanización

5 GALVANIZACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El proceso de galvanización, se debe desarrollar siempre en disposiciones industriales que contengan cada una de las etapas del proceso. El zinc que se oxida sobre la superficie del baño se elimina en forma de ceniza y se recicla fácilmente (algunas veces en la misma planta de galvanización). Las matas que se depositan en el fondo del baño de galvanización se extraen periódicamente y tienen un elevado valor en el mercado para su reciclaje.

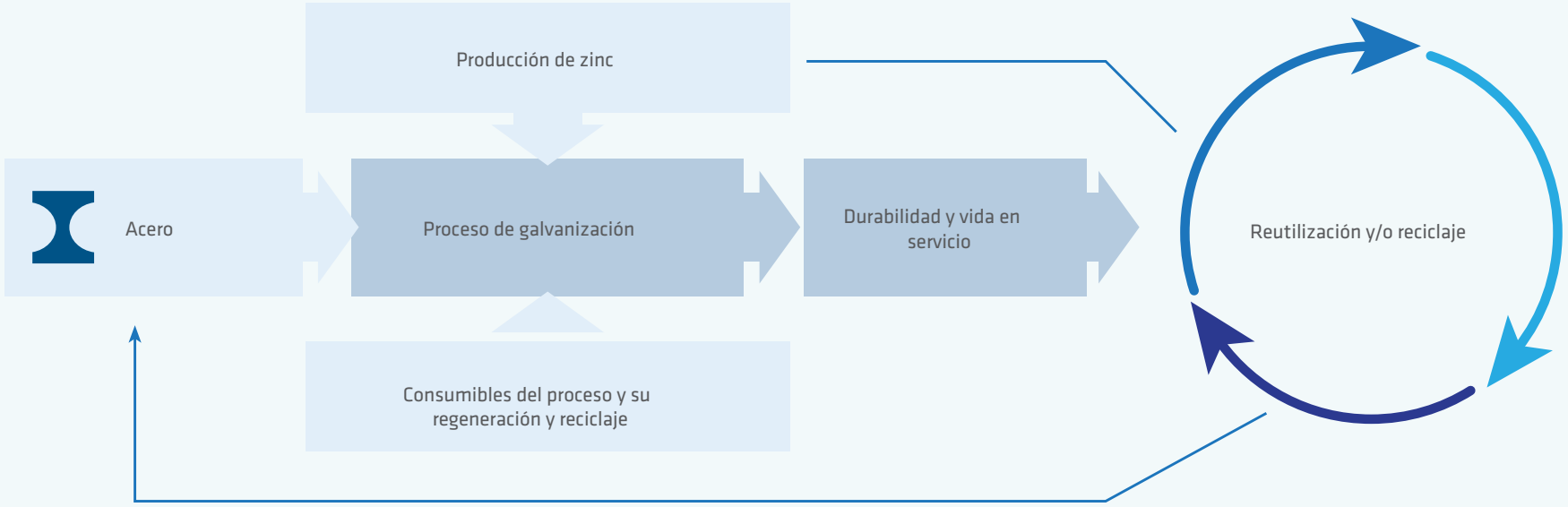


Figura 41. Ciclo de vida del acero Galvanizado.
Fuente: ATEG ATEG,(Asociación Técnica Española)

5.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL GALVANIZADO.

El acero galvanizado se recicla con otros desechos de ese metal en el proceso de producción. Se volatiliza en el inicio del proceso y se recoge para su reprocesamiento. A continuación se observan algunos tipos de reciclaje en las diferentes etapas.

5.1.1 Energía del proceso.

Para calentar el baño de galvanización se necesita energía que normalmente se suministra en forma de gas natural. Aunque la industria de la galvanización no está considerada entre los sectores industriales de consumo intensivo de energía, en muchos países se han marcado metas de eficiencia energética y se ha estimulado la implantación de nuevas tecnologías y de sistemas mejorados de gestión de la energía para alcanzar dichas metas.

Ejemplos de estos avances son:

• Mejora de la tecnología de los quemadores para mayor eficiencia energética.
• Mayor aprovechamiento del calor residual para el calentamiento de los baños de pre tratamiento.

5.1.2 Control de Emisiones

Las emisiones dentro de la planta se controlan cuidadosamente para evitar causar molestias o problemas a la vecindad. A nivel general las compañías contratan a expertos consultores el servicio de monitoreo ambiental por entidades avaladas por el IDEAM. Dentro de la planta el galvanizador puede incorporar a la cuba de galvanizado una campana de extracción de humos, la cual encapsula los humos y los direcciona con el extractor a la salida, otra medida de control de emisiones es la instalación de chimeneas con plataformas para la realización del monitoreo requerido. La utilización de anti vapores aplicados a los ácidos, ayudan a reducir los vapores en el ambiente de trabajo sobre 70% mejorando las condiciones de trabajo en la planta.



Figura 42. Campana de extracción de humos, cuba de galvanizado en Bogotá.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

5.1.3 Regeneración y Reciclado de Los Baños del Proceso.

Las etapas del pre tratamiento o baños tienen por finalidad principal la limpieza de los artículos de acero. Los consumibles que se utilizan en estas etapas, tales como el ácido clorhídrico y sales, tienen rutas de reciclaje. Por ejemplo:

• De las soluciones de ácido clorhídrico agotadas se extrae cloruro de hierro que se utiliza en las depuradoras de aguas residuales urbanas. Muchas plantas extraen el hierro y el zinc de estas soluciones y reciclan el ácido regenerado a los baños de pre tratamiento.

• La mejora del control y mantenimiento de los baños de flux, posibilita que estos baños sean raramente desechados como residuos y que solamente sea preciso eliminar periódicamente pequeños volúmenes de lodos. Muchas planta disponen de sistemas de reciclaje en circuito cerrado.

5.1.4 Consumo de Agua

Las plantas de galvanización utilizan volúmenes relativamente bajos de agua en comparación con otros procedimientos de aplicación de recubrimientos. Cualquier agua residual que se genere puede ser tratada e incorporada nuevamente al proceso. En algunas plantas de galvanización ha sido posible eliminar completamente el consumo de agua de la red utilizando únicamente agua de lluvia. El agua de lluvia recogida de los canalones puede almacenarse en depósitos para su posterior uso.



Figura 43. Tanques de almacenamiento de aguas lluvia para reutilización.
Fuente: ATEG (Asociación Técnica Española).

5.2 RECICLAJE DEL ZINC

El zinc se puede reciclar completamente sin perder ninguna de sus propiedades físicas y químicas. Aproximadamente el 30% del zinc consumido se obtiene del reciclado y el 70 % restante es extraído de la minería. En su gran mayoría los productos industriales se producen con materias recicladas.

El 42% de los desechos provenientes de productos de latón son los más usados para reciclar zinc, comparado con el total de zinc reciclado.

Los residuos derivados del galvanizado representan el 27% del total de zinc reciclado, con un 16% se encuentran los desechos de las piezas de zinc fundidas a presión, el polvo de zinc filtrado por los hornos de las acerías representa un 6% al igual que las chapas de acero y en último se encuentran los compuestos de zinc.



Figura 44. Lingotes de Zinc.
Fuente: VOTORANTIM-METAIS. Lingotes de Zinc

Gracias a las características exclusivas del zinc: Natural, esencial, duradero y reciclable, el zinc constituye un material llamativo para todo tipo de aplicaciones en el sector de transportes, infraestructuras, bienes de consumo o producción alimentaria. Gracias a su estabilidad y reciclabilidad, el uso del zinc contribuye al ahorro de recursos naturales y fomento de la sostenibilidad.

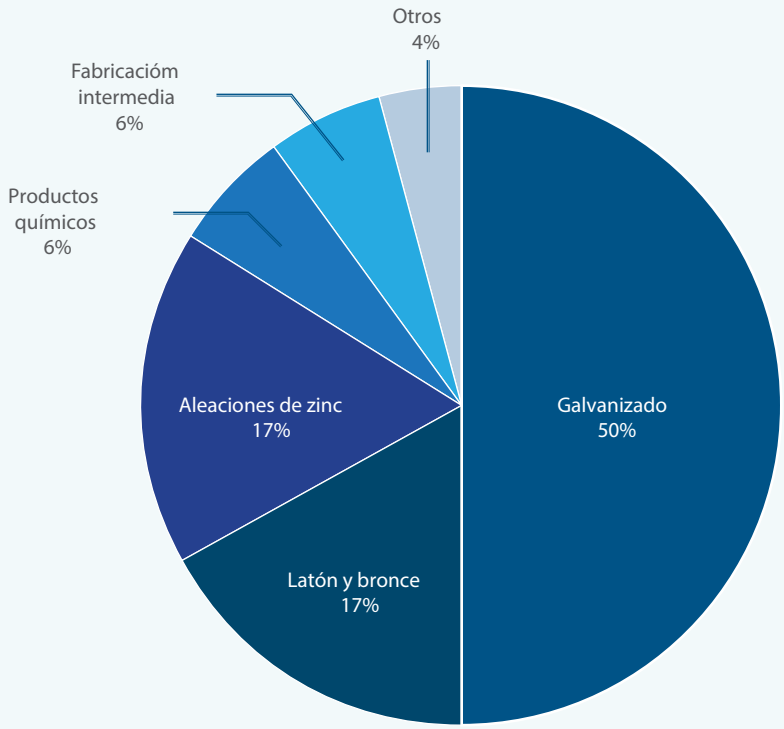


Figura 45. Utilización del zinc en los diferentes sistemas de la industria productiva.
Fuente: www.zinc.org

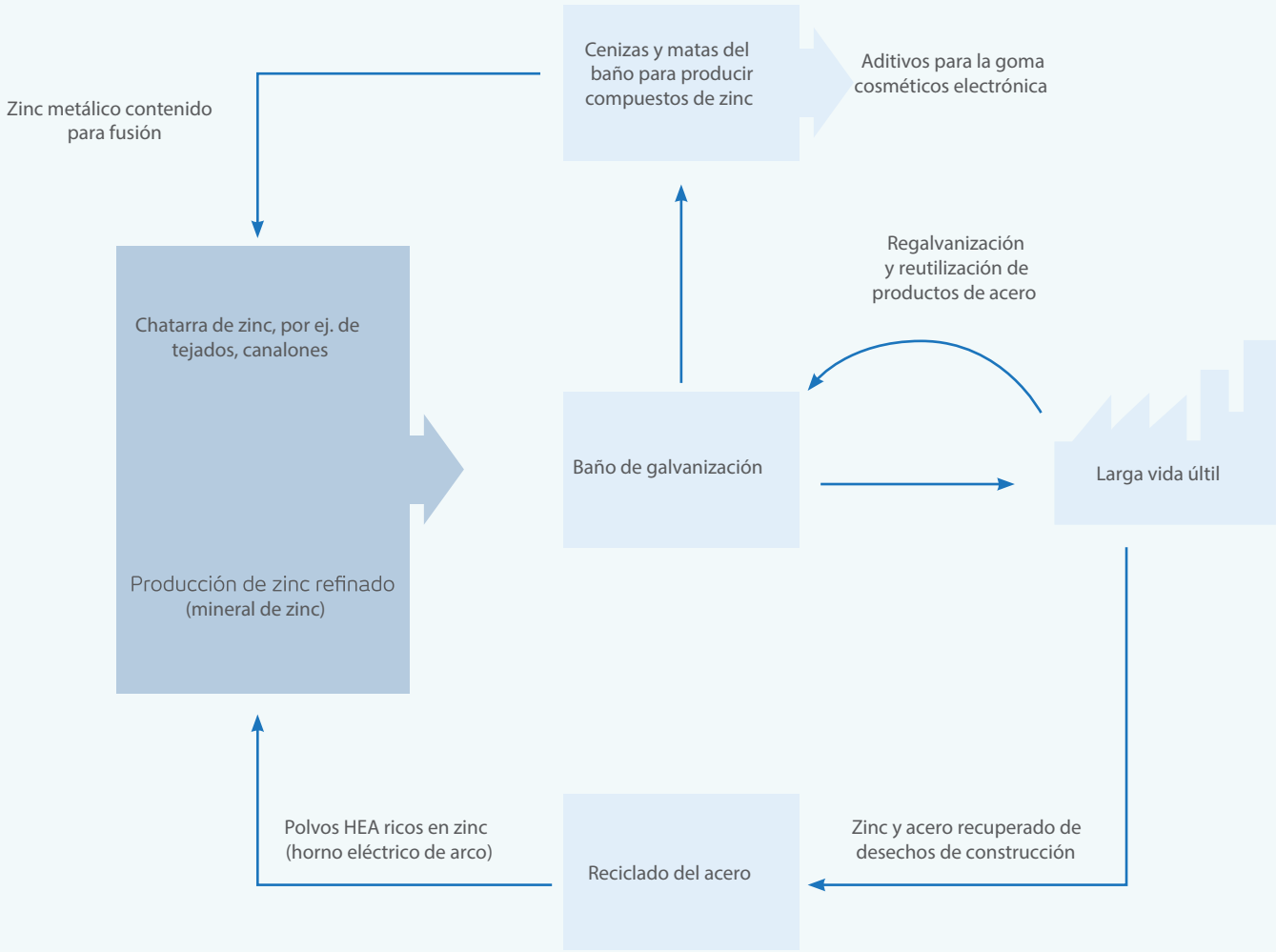


Figura 46. Flujo del zinc reciclado en el proceso de galvanización.
Fuente: ATEG (Asociación Técnica Española)

5.3 RECICLAJE DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO.

En el proceso de galvanización, el zinc que no se incorpora al recubrimiento de las piezas, permanece en el baño de galvanización para su uso posterior. Las cenizas de zinc (formadas por la oxidación superficial del baño de galvanización) y las matas (una mezcla de zinc y hierro que se acopian en el fondo del baño de galvanización) se recobran por completo.

El zinc metálico contenido en las cenizas crudas, se recicla directamente para su utilización inmediata, continuamente en la misma planta de galvanización.

Las cenizas finas y las matas de zinc, se utilizan para promover óxido de zinc y otros compuestos que tienen una gran diversidad de aplicaciones, tales como agregados para la goma, cosméticos y componentes electrónicos.



Figura 47. Proceso de reutilización de las cenizas de zinc
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

5.4 REUTILIZACIÓN DEL ACERO GALVANIZADO.

Hay muchos productos de acero galvanizados que al cabo de algún tiempo de servicio se desmontan, se re galvanizan y se vuelven a instalar. Por ejemplo, en las operaciones rutinarias de mantenimiento de las carreteras se retiran periódicamente las barreras metálicas de seguridad más envejecidas y si no han sufrido daños mecánicos pueden volver a galvanizarse para utilizarlas en otras aplicaciones similares.



Figura 48. Defensas viales con más de 30 años de ser instaladas en Bogotá – Colombia Av. Boyacá
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

Las defensas viales de la Av. Boyacá. Bogotá D.C. fueron galvanizadas en caliente, se instalaron aproximadamente hace más de 30 años y no han tenido ningún mantenimiento, la parte de debajo de las defensas aún mantienen el recubrimiento en buen estado. Se pueden recuperar en su totalidad, desmontarlas, llevarlas de nuevo a galvanizar y volverlas a instalar contemplando otros 30 años de vida útil con cero mantenimiento.

Como se observa en la siguiente figura todos los consumibles del proceso tienen claras rutas de reciclaje o regeneración:

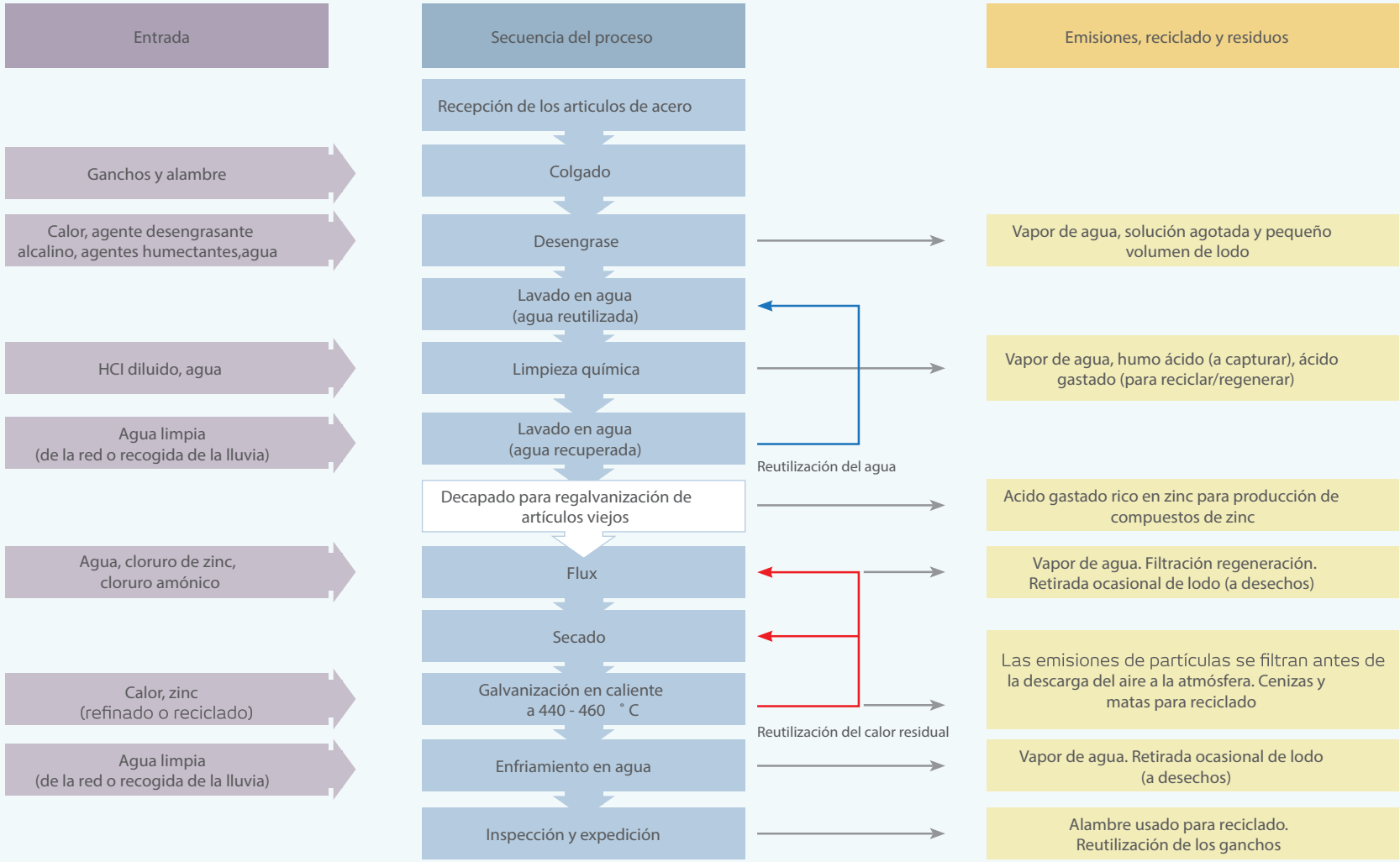


Figura 49. Proceso de reutilización de todos los consumibles utilizados en el proceso de galvanización.
Fuente: ATEG (Asociación Técnica Española)

5.5 DIVERSOS USOS DE LA GALVANIZACIÓN.

El cuidado de la durabilidad de las estructuras de acero y sus componentes tiene importantes consecuencias ambientales, económicas y sociales. Algunas de ellas son menos innegables que otras.





Figura 50. Sistema Transmilenio Galvanizado. Puente Peatonal Prado y Avenida Villas con Calle 80. Bogotá
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.



Figura 51. Puente vehicular atirantado galvanizado
Fuente: www.ATEG.



Figura 52. Paradero de Bus galvanizado
Fuente: Paradero Coronel – Chile-Mobiliario Urbano.
Diseño: B Bosch



Figura 53.Sistema Transmilenio Galvanizado. Estación Calle 72. Bogotá – Colombia Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 54. Sistema Transmilenio Galvanizado. Estación Jiménez. Bogotá – Colombia. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 55.Defensa Vial Galvanizada. Cundinamarca – Colombia. Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 56. Señalización Vertical Galvanizada. Calle 138 Bogotá – Colombia
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores



Figura 57. Caneca Urbana ubicada en Cáqueza en el Departamento de Cundinamarca – Colombia.
Fuente: Diseño B-Bosch Chile.



Figura 58. Canecas del Mobiliario Urbano – Chile.
Fuente: Diseño B-Bosch Chile

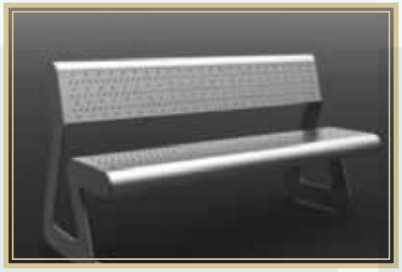




Figura 59. Bancas del Mobiliario Urbano – Chile. Diseño B-BOSCH
Fuente: Diseño B.Bosch Chile





Figura 60. Bicicleteros Mobiliario Urbano – Chile. Diseño B-BOSCH
Fuente: Diseño B-Bosch Chile.





Figura 61. Ferrocarril suspendido – Alemania
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado

Capítulo 6.
CAMPOS DE APLICACIÓN DEL GALVANIZADO.

Puentes y carreteras
Postes de alumbrado de acero galvanizado
Túneles

6 CAMPOS DE APLICACIÓN DEL GALVANIZADO

6.1 PUENTES Y CARRETERAS

6.1.1 Sistema de Drenaje de Puentes y Carreteras

Esto incluye: desagües, alcantarillas, tubos de bajada y drenajes de cunetas. El galvanizado ha demostrado ser altamente poderoso en la prevención de la corrosión cuando se usa para proteger estos componentes.



Figura 62. Modelo estructural galvanizado
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado.

6.1.2 Componentes Galvanizados de Puentes

Los componentes de aceros usados para contener los rodamientos de elastómero deben ser preservados mediante el galvanizado o un sistema de galvanizado dúplex por dos razones: Debido a su ubicación, los rodamientos y los ensambles de soporte están subyugados tanto al agua contaminada del cloruro e importantes ciclos de humedad y secado. Los rodamientos a menudo se ubican en lugares de difícil acceso para las inspecciones y mantenimiento habitual.

El acero usado en las juntas de expansión es un buen aspirante para la protección contra la corrosión mediante el galvanizado. La protección catódica y de barrera entregada por el galvanizado ayuda a estos componentes a resistir la corrosión más tiempo bajo sus condiciones de servicio altamente corrosivas, a la vez que aumenta realmente la resistencia a la abrasión del acero base.

• Compuertas, escaleras y puertas de acceso de acero:

A menudo estos dispositivos están ubicados en lugares de difícil acceso para la aplicación de pinturas. El galvanizado se usa para entregar un sistema de protección a largo plazo y estéticamente atractivo para estos elementos.

•Superestructura del Puente

Pasillos, pernos de anclaje, soportes de drenaje, riel anti-suicida, sistemas de drenaje, placas base, pilotes hincado, ensambles de rodamientos, enrejado, placas de rodamientos de anclajes de tierra, pernos, escaleras, riel de caja, pilotes de espigón, riel del puente, abrazaderas de unión de refuerzo, conectores de cable, acero de refuerzo, cables, muros de contención, conectores de esfuerzo de canal, tablestacado, soportes transversales, soportes de señales, ángulos de soleras.



Figura 63. Barandas galvanizadas del puente vehicular.
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado.

• Puentes Temporales

Diafragmas, estructuras completas de "Puente Bailey", diques de extremos, módulos insertos.

Señalización y elementos de seguridad para Carreteras

Parrilla de pisos, riel anti-suicida, rejillas de pisos, placas base, vigas, riel de caja, guardarrieles, disipadores, pasarelas de Inspección, alcantarillas, recubrimientos de barreras Jersey, ángulos de soleras, delineadores, soportes de cañerías, enrejado, rieles de cañerías, compuertas, cañerías, láminas, rodamientos en cofre, guardarrieles, moldes para vaciado en sitio, postes guardarrieles, abrazaderas de unión de refuerzo, recubrimientos de barreras Jersey, acero de refuerzo, pernos de corte, soportes de señales superiores, soportes de señales, puente pasarela peatones, postes de luces de señales.



Figura 64. Barandas galvanizadas
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado.

Uso de pernos Galvanizados

Los pernos de alta tensión diseñados para estirar la fricción total en las superficies de contacto se pueden recomendar para ser usados en estructuras galvanizadas.

6.1.3 Ejemplos



Figura 65. Sistema Transmilenio Galvanizado. Puente Peatonal Avenida Villas con Calle 80. Bogotá.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.



Figura 66. Clevis galvanizados y pintados (Sistema Dúplex). Sistema Transmilenio, Puente Peatonal. Bogotá.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.



Figura 67. Estructura para puente vehicular galvanizada.
Fuente: ATEG. Lizotte, Quebec – Canadá.



Figura 68. Estructura para puente vehicular galvanizada.
Fuente: ATEG. Puente sobre el Canal Hood,
Estado de Washington – Estados Unidos.

6.2 POSTES DE ALUMBRADO DE ACERO GALVANIZADO

Los postes de alumbrado de acero galvanizado son estéticamente agradables. Son además considerablemente económicos en términos tanto de los costos iniciales como a largo plazo. Los postes de acero galvanizados facilitan una barrera de protección contra la corrosión tanto interna como externa de los efectos de los tipos de ambiente como: industriales agresivos, la lluvia, las sales descongelantes de los caminos, el agua escurrida y otros contaminantes.

Los postes de acero galvanizado ofrecen la tenacidad necesaria para soportar semáforos y otros equipos de iluminación, incluso en brazos largos que pueden introducir flexión u otras formas de esfuerzo.



Figura 69. Postes de alumbrado público galvanizados
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado.

6.3 TÚNELES

Debido a la humedad, la condensación y la presencia de aguas subterráneas, el ambiente atmosférico en un túnel es ampliamente corrosivo. El Instituto Swerea KIMAB en Europa, ha señalado en ciertas publicaciones que la velocidad de corrosión anual del zinc es, en túneles, de unos 7 m / año. (Corrosión clase C5)



Figura 70.Sistema estructural para cubiertas de metro galvanizado.
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado.

Los túneles de autopista son inclusive mucho más corrosivos que los túneles ferroviarios debido a la mayor humedad, contaminantes (salpicaduras de los vehículos) y la presencia de cloruros. La velocidad de corrosión en el segundo año es sistemáticamente inferior a un año.

De igual manera, la presencia de compuestos de nitrógeno y azufre puede acelerar la velocidad de corrosión en los túneles de la autopista en paralelo con los túneles ferroviarios.

El mejor sistema para la estructura metálica en un túnel es, por todo ello, SISTEMA DUPLEX (galvanizado y pintura).El zinc y el aluminio se corroen más en túneles que en ambientes marinos.



Figura 71. Estructura de rieles galvanizado.
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado

En general todo lo que tenga componente metálico se utiliza galvanizado o sistema dúplex como por ejemplo: el sistema de tráfico, la iluminación del túnel, ventilación de túneles, equipos para el sistema de seguridad, equipos de seguridad contra incendios, sistema de cámaras, sistema de control, suministro de electricidad y agua.



Figura 72. Sistema estructural de metro galvanizado.
Fuente: ATEG. Asociación Técnica Española de Galvanizado.



Capítulo 7.
EJEMPLOS Y NORMATIVIDAD.

Corrosión urbana en Bogotá
Normas técnicas relacionadas con galvanizado

7 EJEMPLOS Y NORMATIVIDAD

7.1 CORROSIÓN URBANA EN BOGOTÁ

ARCHIVO COMITÉ DE GALVANIZADORES JULIO 2010



Figura 73.Imágenes tomadas por el Comité de Galvanizadores, observando el mantenimiento realizado en el año 2010 al puente de la Avenida Rojas con Calle 26 Bogotá.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

ARCHIVO COMITÉ DE GALVANIZADORES NOVIEMBRE 2011.



Figura 74. Imágenes tomadas por el Comité de galvanizadores, observando el mantenimiento realizado en el año 2011 al puente de la Avenida Rojas con Calle 26 Bogotá.
Fuente: ANDI, Cámara Fedemetal, Comité de Galvanizadores.

7.2 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS RELACIONADAS CON GALVANIZADO.

La tabla No. 14, presenta una lista de Normas Técnicas Colombianas que involucran productos metálicos o procedimientos de los cuales por norma ICONTEC tienen aplicación de galvanizado ya sea general o continua.

CÓDIGO	TITULO
NTC 1919	Laminas onduladas de acero galvanizado.
NTC 2150	Recubrimientos electrodepositados de zinc sobre hierro y acero.
NTC 3237	Siderurgia. método para determinar el peso - masa - del recubrimiento de cinc o aleaciones de cinc en artículos de hierro y acero
NTC 3238	Siderurgia. Laminas de acero cincadas por el proceso electrolítico, para aplicaciones que requieren la designación de la masa de recubrimiento en cada superficie.
NTC 3240	Siderurgia. Practicas para el aseguramiento contra alabeo y distorsión durante el galvanizado por inmersión en caliente de acero estructural.
NTC 3241	Siderurgia. determinación del espesor mas delgado del recubrimiento de cinc - galvanizado - en artículos de hierro y acero mediante inmersión en sulfato de cobre - método preece -.
NTC 3242	Siderurgia. Practica para protección contra la fragilizarían de productos de acero estructural galvanizados por inmersión en caliente y procedimiento para detectar la fragilizarían.
NTC 3320	Recubrimientos de cinc (galvanizado por inmersión en caliente) en productos de hierro y acero

NTC 3465	Láminas de acero con recubrimiento metálico por inmersión en caliente, prepintadas en proceso continuo, para uso a la intemperie
NTC 3940	Requisitos generales para lámina de acero con recubrimiento metálico mediante el proceso de inmersión en caliente
NTC 4011	Productos planos de acero recubiertos con zinc (galvanizados) o recubiertos con aleación hierro zinc (galvannealed) mediante procesos de inmersión en caliente
NTC 4013	Siderurgia. Barras de acero recubiertas con cinc (galvanizadas) para refuerzo de concreto.
NTC 4015	Productos planos de acero recubiertos con aleación 55% aluminio-cinc, mediante el proceso de inmersión en caliente.
NTC 4262	terminología relativa a recubrimientos metálicos para productos de acero.
NTC 5711	lámina de acero al carbono, con recubrimiento metálico y no metálico para componentes de perfiles conformados en frío
NTC 1189	Metalurgia. Productos tubulares de acero. Recubrimiento de cinc.
NTC 3470	Tubos de acero soldados y sin costura, negros y recubiertos de cinc por inmersión en caliente.
NTC 4831	Tubería de acero corrugado. Recubrimiento metálico, para drenajes y alcantarillas.
NTC 4937-1	Tubería de hierro dúctil. Revestimiento exterior de zinc. Parte 1: zinc metálico con capa de acabado.
NTC 4937-2	Tubería de hierro dúctil. Recubrimiento exterior de zinc. Parte 2. Pintura rica en zinc con capa de acabado.
NTC 5138	Alcantarillas metálicas galvanizadas fabricadas con lámina corrugada de acero.
NTC 5562	Tubos de acero soldados y sin costura, negros y recubiertos de zinc por inmersión en caliente (galvanizado), para uso en protección contra fuego.

NTC 5890	Tubos livianos de acero soldados, negros y galvanizados para conducción de fluidos a baja presión
NTC 2076	Recubrimiento de zinc por inmersión en caliente para elementos en hierro y acero.
NTC 2589	Elementos de fijación. Tornillos de acero para torres de transmisión de energía, galvanizados y desnudos.
NTC 4523	Elementos de fijación. Recubrimiento electrolítico.
NTC 195	Alambre de púas de dos hilos de acero galvanizado.
NTC 2145	Especificaciones para torones de acero recubiertos de cinc.
NTC 2403	Alambre galvanizado de acero de bajo carbono para usos generales.
NTC 3311	Siderurgia. Alambre de acero de bajo carbono recubierto con cinc, para armaduras.
NTC 3313	malla de acero galvanizado para uso avícola (hexagonal y recta)
NTC 4263	Torón de acero galvanizado para cable mensajero figura ocho auto soportado.
NTC 5333	Contenedores para gaviones y colchogaviones, hechos con malla hexagonal de triple torsión fabricada con alambre de acero con recubrimiento metálico o alambre de acero con recubrimiento metálico y recubrimiento en poli -cloruro de vinilo- -pvc-.
NTC 1321	Alambre redondo de acero galvanizado para cables mecánicos.
NTC 2574	Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Tornillos galvanizados con cabeza cuadrada para madera.

NTC 2618	Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Tornillos y tuercas de acero galvanizado. Serie inglesa.
NTC 1864	Núcleos de acero (torones), con recubrimiento metálico usados para conductores eléctricos aéreos
NTC 2355	Cables de alambre de acero recubierto de cinc (galvanizado) para protección de líneas aéreas de energía eléctrica
NTC 3611	Electrotecnia. método de ensayo para determinar el peso del recubrimiento de cinc por el método de generación de gas - método zaba -.
NTC 461	Núcleo de alambre de acero recubierto con cinc para uso en conductores eléctricos aéreos
NTC 4690	Alambres para núcleo de acero recubierto de cinc - galvanizado -, de alta resistencia, para conductores de aluminio y aleación de aluminio, reforzados con acero.
NTC 2608	Espigos ferrosos galvanizados para aisladores tipo pin con rosca de plomo, nailon, pvc, polietileno o cualquier otro compuesto, para construcción de líneas aéreas.
NTC 2638	Espigos ferrosos recubiertos de cinc, con roscas de plomo, nailon, pvc, polietileno o cualquier otro compuesto, para uso en aisladores de extremo de poste en construcción de líneas aéreas.
NTC 3755	Defensas metálicas para carreteras. vigas en láminas de acero acanaladas para defensas viales
NTC 3783	Defensas metálicas para carreteras. párales de acero para la instalación de defensas viales
NTC 5638	Barreras metálicas de seguridad. Elementos accesorios de las barreras metálicas. Materiales, dimensiones, formas de fabricación y ensayos.
NTC 5636	Barreras metálicas de seguridad para contención de vehículos. Viga de perfil de doble onda. Materiales, geometría, dimensiones y ensayos.

Tabla 14. Normas técnicas Colombianas que incluyen como normativa el galvanizado en caliente.
Fuente: www.icontec.org.

Capítulo 8.
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGA American Galvanizers Association, "Galvanización en Caliente para Protección Contra la Corrosión", Colorado, 2004.

ANDI- Fedemetal, Comité de Galvanizadores, "material interno", Bogotá, 2009-2013.

Asociación Sudafricana de Galvanizadores por Inmersión en Caliente. "Datos acerca de la Galvanización por Inmersión en Caliente". (Guías prácticas). África.

ASTM A 780, Norma Americana de "Reparación sobre productos galvanizados", USA, 1993.

ATEG (Asociación Técnica Española de Galvanizadores). "Presentación Resistencia a la Corrosión de los Recubrimientos Galvanizados", España, 2001.

ATEG (Asociación Técnica Española de Galvanizadores). "Presentación La Galvanización y la Construcción Sostenible, España, 2008.

ATEG (Asociación Técnica Española de Galvanizadores). "Presentación soldadura sobre galvanizado".

AVGAL (Asociación Venezolana de Galvanizadores), "Boletín técnico, Compartir el Conocimiento es Crecer", número 2, año 1,Venezuela, Octubre 2006.

ICONTEC, Clasificación de Normas Técnicas Relacionadas con Galvanizado.

ICONTEC, Norma Técnica Colombiana 3320,"Recubrimientos de zinc (galvanizado por inmersión en caliente) en productos de hierro y acero", homologada de la ASTM A 123, Bogotá 2008.

ICONTEC, Norma Técnica Colombiana 2076,"Galvanizado por inmersión en caliente para elementos centrifugados", homologada de la ASTM A 153, Bogotá 1998.

LATIZA (Asociación Latinoamericana del Zinc). "Guía para la Galvanización por inmersión en caliente".2011, Perú.
LATIZA (Asociación Latinoamericana del Zinc). "En la Infraestructura Pública, zinc aplicaciones para el siglo XXI". Perú, 2008.

LATIZA (Asociación Latinoamericana del Zinc). "Protección del Acero, mediante Galvanizado en Caliente y Sistema Dúplex", Perú.
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, "Serie Guías de Asistencia Técnica norma NSR10", Nuevas Ediciones S.A, 2011.

NSR-10, "Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente". Ley 400 de 1997, Decreto 926 de 2010.

Pascual Urban, "Construcción de Estructuras Metálicas", Club Universitario, 2006.

Roberto Vera Sociano, "Temas de construcción", Editorial Club Universitario, 2da edición, España 2001. [En línea]. Disponible en:
http://books.google.com.co/books?id=2jjctmamhoic&pg=pa60&lpg=pa60&dq=soldadura+en+elementos+galvanizados&source=bl&ots=ecm8ab3ofy&sig=czu_bgnah_ir6_wot1_6tokkfty&hl=es&sa=x&ei=dtjwuocdl8fmkae28ye4&ved=0cc8q6aewaq#v=onepage&q=soldadura%20en%20elementos%20galvanizados&f=false

Votorantim Metais. Brasil "10 Buenas Razones para Galvanizar por Inmersión en Caliente".

AGRADECIMIENTOS

El Comité de Galvanizadores agradece el apoyo y colaboración principalmente de las siguientes empresas y asociaciones: LATIZA (Asociación Latinoamericana de Zinc), Votorantim Metais Perú y ATEG (Asociación Técnica Española), por la información técnica suministrada para el desarrollo y consolidación de esta cartilla.