

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“CONTROL DE CALIDAD DEL GALVANIZADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS
PARA EVITAR LA CORROSIÓN EN MÓDULOS ESCOLARES A SER
INSTALADAS EN ZONAS ANDINAS SEGÚN NORMA ASTM 123”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

RAMOS ROSALES, JHON KENNEDY

ASESOR:

PAZ PURISACA, ROLANDO

VILLA EL SALVADOR

2021

DEDICATORIA

A mi padre Gregorio Ramos, que en vida fue una persona muy responsable y un excelente profesional en el servicio de limpieza.

A mi madre Erlinda Rosales, que siempre me brinda buenos deseos para continuar y seguir con mis objetivos.

A mis hermanas Medalit y Karolay, para que cumplen sus metas académicas.

Para mis tíos, que me apoyaron a cumplir mis metas de estudios académicos y me impulsaron para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A la “Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur” por brindarme sus enseñanzas en el transcurso de mi carrera profesional y a los docentes de la escuela profesional de ingeniería mecánica y eléctrica.

A mis padres, porque con su sacrificio me dieron la oportunidad de llegar hasta estas instancias, por la ayuda que me dieron de diferentes formas durante el desarrollo de este trabajo y en mi vida universitaria. Por enseñarme a resolver los problemas, enseñarme la perseverancia y el esfuerzo que me dieron para lograr este objetivo.

Al Mg. Rolando Paz Purisaca por la asesoría brindada, para el desarrollo de mi trabajo por suficiencia profesional para obtener el grado de Ingeniero Mecánico Electricista.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE	IV
LISTADO DE TABLAS	VII
LISTADO DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
INTRODUCCION	X
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1 CONTEXTO	1
1.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL TRABAJO	2
1.2.1 TEMPORAL	2
1.2.2 ESPACIAL	2
1.3 OBJETIVOS	2
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES.....	3
2.1.1 <i>Antecedentes Nacionales:</i>	3
2.1.2 <i>Antecedentes Internacionales:</i>	4
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 <i>Generalidades</i>	5
2.2.1.1 Corrosión del acero	5
2.2.1.2 Zinc.....	5
2.2.1.3 Protección anticorrosiva del acero usando el zinc	6
2.2.1.4 Inspección visual del galvanizado.....	6
2.2.2 <i>Norma ASTM 123M</i>	7
2.2.2.1 Definiciones de términos específicos para esta norma.....	7
2.2.2.2 Artículos con diferentes espesores.....	10

2.2.2.3 Muestreo.....	11
2.2.2.4 Inspección del espesor del revestimiento	12
2.2.3 Acero estructural ASTM A-36	13
2.2.4 Procesos de recubrimiento por zinc.....	14
2.2.4.1 Galvanizado en caliente continuo	15
2.2.4.2 Galvanizado en caliente Discontinuo	15
2.2.4.3 Galvanización por electrozincado	16
2.2.4.4 Galvanización por proyección térmica	16
2.2.5 Proceso del galvanizado discontinuo por lotes.	17
2.2.5.1 Desengrase	18
2.2.5.2 Decapado	18
2.2.5.3 Enjuague	18
2.2.5.4 Fluxado.....	18
2.2.5.5 Recubrimiento de zinc	19
2.2.6 Formación del recubrimiento de aleación Fe-Zn.....	19
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	20
2.3.1 Módulos escolares	20
2.3.2 Estructuras metálicas.....	20
2.3.3 Acero negro	20
2.3.4 Electroquímica	21
2.3.5 Pila galvánica.....	21
2.3.6 Ácido clorhídrico	21
2.3.7 Drenaje	21
2.3.8 Espesor.....	21
CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL.....	22
3.1 DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA	22
3.2 MODELO DE SOLUCIÓN PROPUESTO	23
3.3 INSPECCIONES Y PRUEBAS.....	24
3.3.1 Supervisión de ingreso de material.....	24
3.3.1.1 Inspección de ingreso de material	24

3.3.2 Supervisión del proceso de galvanizado.....	28
3.3.2.1 Procedimiento de Inspección del proceso de desengrase.....	29
3.3.2.2 Procedimiento de inspección del proceso de decapado.....	30
3.3.2.3 Inspección de enjuague del decapado	30
3.3.2.4 Procedimiento de inspección del proceso del Fluxado.....	31
3.3.2.5 Procedimiento de inspección del proceso de galvanizado.....	32
3.3.3 Procedimiento de Control de calidad	34
3.3.3.1 Control de espesores.....	34
3.3.3.2 Control Superficial	36
3.3.3.3 Limpieza superficial	38
3.4 RESULTADOS	40
CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43
ANEXOS	45
ANEXO 1. certificado de calibración del medidor de espesores.....	45
ANEXO 2. certificado de zinc al 99%.....	46
ANEXO 3: certificado zinc orgánico.....	47

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características del zinc.....	6
tabla 2. Espesor de revestimiento mínimo por categoría de material	9
tabla 3. Número de muestras mínimas de cada lote.....	11
tabla 4. Especificaciones acero estructural ASTM a36.....	14
tabla 5. Medidas de densidad y pH	31
tabla 6. Medidas de temperatura de la tina de zinc	33
tabla 7. Criterios de aceptabilidad del galvanizado.....	39

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Artículos Multiespécimen	8
figura 2. Artículos de un solo espécimen.....	9
figura 3. Artículo fabricado con muchos componentes	10
figura 4. Etapas de inspección del espesor de revestimiento.....	12
figura 5. Perfiles estructuras.....	13
figura 6. Procesos de recubrimiento de zinc.....	14
figura 7. Lámina galvanizada en proceso continuo.....	15
figura 8. Galvanizado en caliente (doble inmersión).....	16
figura 9. Proceso esquemático del galvanizado	17
figura 10. Corte transversal del acero galvanizado.....	19
figura 11. Modelo de solución propuesto.....	23
figura 12. Estructura con oxido excesivo	25
figura 13. Vigas con agujeros de entrada y desfogue de zinc.	26
figura 14. Material sin agujeros de entrada de zinc.	26
figura 15. Reporte de condición de ingreso de material	27
figura 16. Diagrama de flujo de control de proceso de galvanizado	28
figura 17. Tabla de control de inmersión en caliente	35
figura 18. Control de espesores.	36
figura 19. Zonas sin recubrimiento	36
figura 20. Rugosidad excesiva en el material	37
figura 21. Desprendimiento del recubrimiento de zinc.....	37
figura 22. Estructura con etiqueta de liberación por el inspector de calidad.....	38

RESUMEN

Este informe se realizó con la intención de generar información para dar a conocer las ventajas del galvanizado para prevenir la corrosión en las estructuras metálicas de módulos escolares tipo heladas.

En la empresa ESTRUCTURAS INDUSTRIALES EGA S.A. con ruc: 20100369509 Se encontró con el problema de corrosión en las estructuras metálicas en el pre montaje de los módulos. Por dicho problema la empresa empezó a llevar sus estructuras metálicas a la empresa Galvanometal Perú S.A.C

La metodología para prevenir la corrosión consistió en realizar el proceso de galvanizado en caliente según la norma ASTM-123 a las estructuras metálicas. A estos materiales se le galvanizo y se le midió el espesor de capa zinc según norma.

Luego de verificar los espesores de zinc se concluyó que la corrosión de las estructuras metálicas se debía a que no cumplía los requisitos según norma ASTM-123. Por lo que se sugiere tener un buen proceso de control de calidad por parte del inspector de calidad durante el proceso de galvanizado.

INTRODUCCION

El presente informe de trabajo de suficiencia profesional, se refiere a la importancia del uso del galvanizado según Norma ASTM 123 para prevenir la corrosión de estructuras metálicas para la fabricación de módulos escolares.

La corrosión es un problema que no solo produce pérdidas económicas, también puede ocasionar accidentes como ruptura de una estructura como consecuencia de la oxidación, presentando un peligro para los estudiantes que estarán en los módulos escolares.

La característica principal de este informe es dar a conocer las funciones de un inspector de calidad. Antes, durante y después del proceso del galvanizado en caliente debido a que mediante estas funciones reconoceremos como prevenir la corrosión de las estructuras metálicas en los módulos escolares.

Para dar a conocer las funciones de un inspector es necesario dar a conocer cada uno de los procesos del galvanizado en caliente. Se entiende como proceso de galvanizado a una micro aleación entre el zinc y el acero para poder protegerlo de la corrosión.

Además, tiene como propósito brindar la información necesaria para que un inspector de calidad tenga presente los procedimientos que se realizan en la inspección visual, para así poder reducir las actas de no conformidades de los materiales despachados de planta hacia el montaje de módulos en las zonas andinas.

La estructura que sigue este trabajo se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende los aspectos generales donde se plantera las delimitaciones y los objetivos del trabajo. Los objetivos de este trabajo consisten en conocer y proponer el galvanizado en caliente para prevenir la corrosión en los módulos escolares.

En el segundo capítulo, se desarrollará el marco teórico donde encontraremos antecedentes nacionales e internacionales. Seguido de las bases teóricas relacionadas a la protección anticorrosiva por recubrimiento de zinc y sus procesos. Por último, la definición de términos básicos, así como la norma que utilizaremos para la inspección visual.

En el tercer capítulo encontraremos el desarrollo del trabajo profesional donde se detallará los procedimientos y evaluaciones para llegar a los resultados del trabajo. También se explicará con detalle la problemática en donde contribuiremos con la solución de problema de acuerdo a la experiencia de trabajo que obtenemos en la empresa para dar resultad

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 CONTEXTO

Galvanometal Perú S.A.C. inició sus operaciones en el año 2011, al sur de Lima, como una extensión del GRUPO EL DETALLE y que cuenta con más de 20 años de trayectoria en el sector industrial metalmecánico. Dispone de un grupo de profesionales especializados y de instalaciones acondicionadas con las tecnologías necesarias, para respaldar el éxito de sus proyectos en acero de alta ingeniería.

Actualmente se encuentra certificada con la ISO 9001 versión 2015, que acredita el Sistema de Gestión de Calidad total en los procesos, velando por la satisfacción plena de los clientes, el desempeño laboral seguro y la mejora continua en la calidad del servicio de galvanizado.

Su visión es ser considerados para el año 2024 como una de las principales empresas de protección anticorrosiva, a través del proceso de galvanizado por inmersión en caliente. Logrando estándares de calidad idóneos, consolidándonos como uno de los principales socios estratégicos para el sector minero, metalmecánico, marítimo, construcción, alimenticio, automotriz, seguridad vial e industrias diversas.

1.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DEL TRABAJO

1.2.1 TEMPORAL:

El presente trabajo comprende desde agosto del 2021 a diciembre del 2021

1.2.2 ESPACIAL:

El presente trabajo se desarrollará en una empresa metalmeccánica ubicado en la Av. El sol – Villa el salvador

1.3. OBJETIVOS

Objetivo 1

Aplicar el proceso de inspección visual para dar una conformidad según la norma ASTM 123.

Objetivo 2

Proponer el proceso de galvanizado en caliente para prevenir la corrosión de estructuras metálicas en los módulos escolares.

Objetivo 3

Aplicar los criterios de aceptabilidad a tener en cuenta en la inspección visual con la cual se acepta o no el producto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Antecedentes Nacionales:

(Rodríguez & Rodríguez, 2015). ***“Estudio de Factibilidad para la Instalación de la Nueva Unidad de Producción de Galvanizado en Caliente de la Empresa Metales Ingeniería y Construcción S.A.C. (MIMCO), Lurín- Lima, 2014”*** (Tesis de grado). Universidad Nacional de san Cristóbal de Huamanga. Perú. Esta investigación tiene como objetivo principal el estudio de factibilidad para la instalación de una nueva unidad de galvanizado en caliente para la empresa MIMCO en Lurín. Se obtuvo como resultado un satisfactorio estudio de factibilidad para satisfacer la demanda insatisfecha del servicio de galvanizado en la zona industrial de Lurín, por lo tanto, se concluye que si existe mercado necesario para la instalación de una nueva unidad de galvanizado para la empresa MIMCO.

(Cerdán, 2018). ***Influencia del galvanizado en caliente, en las propiedades mecánicas del acero de la barra corrugada, norma astm a-615, grado 60, para prevenir la corrosión en las estructuras de concreto armado. (Tesis de grado).*** Universidad privada del norte. Perú. Esta investigación se realizó para generar y dar información que nos permita conocer y determinar las propiedades mecánicas y su doblado en las barras corrugadas de acero galvanizados, teniendo como objetivo principal determinar la influencia del galvanizado en caliente, en las propiedades mecánicas del acero en una barra corrugada, dando como resultado que dando ensayos de esfuerzo de fluencia y ruptura daban un esfuerzo promedio en el lote de muestras galvanizadas. En conclusión, se determinó que el galvanizado en caliente no afecta las propiedades mecánicas de las barras corrugadas.

2.1.2 Antecedentes Internacionales:

(Yáñez, 2019). ***Determinación de la uniformidad de la capa de zinc en Tubería galvanizada Emt. (Tesis de grado). Universidad central del Ecuador. Ecuador.*** Tiene como objetivo buscar e identificar las características de la capa de zinc formada en la tubería galvanizada EMT. Dando como resultado mediante variables críticas y su respectivo análisis estadístico que se debe controlar los parámetros críticos que influyen a la calidad del producto y el espesor de zinc. En conclusión, se estableció que al aumentar el diámetro del tubo existe una disminución en el espesor de zinc depositado, mejorando la calidad cuando el diámetro es de $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada para el fabricante.

(Fonseca & Guamán, 2011). ***Proceso del galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc para piezas metálicas. (Proyecto de grado). Universidad Estatal de milagro. Ecuador.*** Tiene como objetivo contribuir con el diseño y construcción de un proceso de galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc como instrumento fundamental para prevenir la corrosión, en el proyecto se concluyó que para obtener un galvanizado de óptima calidad y resistencia ante la corrosión se debe hacer una adecuada selección de limpieza, decapado y Fluxado. Además, el control del crisol de galvanizado y del Fluxado son críticas.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Generalidades

2.2.1.1 Corrosión del acero

Es un proceso que no es deseado para la construcción de todo tipo de módulos, causado por las acciones químicas o físico del ambiente. Además, deteriora a los metales hasta que vuelvan a su estado de origen y los destruye gradualmente mediante dos tipos de reacciones:

- Una reacción **electroquímica**, ya sea producida entre dos metales con una conexión eléctricamente conductiva y/o creando una pila galvánica, en la cual el metal de menor potencial eléctrico desempeña el papel de ánodo y se oxida, mientras que el otro en un estado de inmunidad hace de cátodo y se reduce.
- El otro tipo de reacción es de naturaleza química producida entre el metal y el ambiente o por la disolución de su estructura en metales líquidos. (Kuklik & kudlacek, 2016).

2.2.1.2 Zinc

El zinc es un metal de bajo punto de fusión. Tiene un color azul plateado y blanco con brillo distintivo. Es sencillo de formar sobre los 100°C, pero frágil a bajas temperaturas. Es un material dúctil y resistente. Que posee buenas características aleantes y es empleado en acabados superficiales, donde provee protección durable contra la corrosión. Mas propiedades de este material se muestra en la tabla 1. (Kuklik & kudlacek, 2016). Citado por (Chico, 2018)

Características del zinc		
Símbolo químico	Zn	
Mineral	Esfalerita	
Número atómico	30	
Peso atómico	65,37	
Grupo característico	Metal de transición	
Valencia	2	
Color	Plateado blanco-azulado, lustroso	
Estructura cristalina	Hexagonal (empaquetamiento estrecho)	
Densidad	7140	Kg.m ⁻³
Temperatura de fusión	419,5	°C
Coefficiente de expansión térmica	29x10 ⁻⁶	K ⁻¹
Resistencia a la tracción	120	MPa
Ductilidad	60	%
Dureza	72	Brinell (HB)

Tabla 1. Características del zinc

Fuente: (Guzhñay, 2012)

2.2.1.3 Protección anticorrosiva del acero usando el zinc

El zinc crea una protección catódica, ya que al adquirir el papel de ánodo este se sacrifica y le da inmunidad al hierro ante la corrosión. Además, al ser puesto entre metales este crea una protección de alta resistencia y adherencia que ayuda a desacelerar el proceso corrosivo. Por este motivo se desarrollaron diversos procesos con el fin de promover la calidad de recubrimiento de zinc, como por ejemplo el galvanizado en caliente.

2.2.1.4 Inspección visual del galvanizado

Es una técnica que requiere demasiada cantidad de información de los elementos a ser inspeccionados, para dar una acertada interpretación de las posibles discontinuidades generadas.

La inspección de los productos de acero galvanizado en caliente no termina cuando es liberado en la instalación del galvanizador o en el sitio de trabajo.

Durante el proceso de armado, cualquier buena estrategia contra la corrosión incluye una inspección, para asegurar que el recubrimiento está acorde con las expectativas y las especificaciones. Cuando se inspecciona material galvanizado en el campo, el inspector debe estar consciente del potencial del aceleramiento de posibles áreas corrosivas por la inclemencia del tiempo (medio ambiente) al que está expuesta la pieza. © 2016 American Galvanizers Association

2.2.2 Norma ASTM 123M

Esta norma cubre los requisitos para el revestimiento de zinc mediante el proceso por inmersión en caliente de productos como fierro y acero hechos de secciones laminadas y forjadas. Además, cubre productos fabricados como no fabricados, dando como ejemplo productos de estructuras de acero ensambladas, tubos de distintas longitudes ya doblados o soldados antes del galvanizado y trabajos forjados con alambre de acero no recubierto.

Esta norma no se aplica al alambre, cañerías, tubos, ni láminas de acero galvanizadas en líneas especializadas o continuas. Tampoco al acero con un espesor menor a 0.76mm.

La galvanización de artículos menores de ferretería (pernos, sujetadores roscados similares, piezas fundidas, etc.) que deban ser centrifugados o de otra forma eliminar su exceso de zinc será de acuerdo con la especificación 153/A153M. (ASTM INTERNACIONAL, 2015)

2.2.2.1 Definiciones de términos específicos para esta norma

Espesor de revestimiento

El espesor se mide tomando el promedio de tres espesores de revestimiento de la muestra.

Artículos Multiespécimen

Artículos cuya área de superficie sea mayor o igual que 100 000 mm². Para esto se subdivide en 3 secciones de áreas iguales de superficie lo cual cada uno constituye una muestra. Suponiendo que

tenemos más de una categoría de material o margen de espesor esa sección tendrá más de una muestra (figura 1).

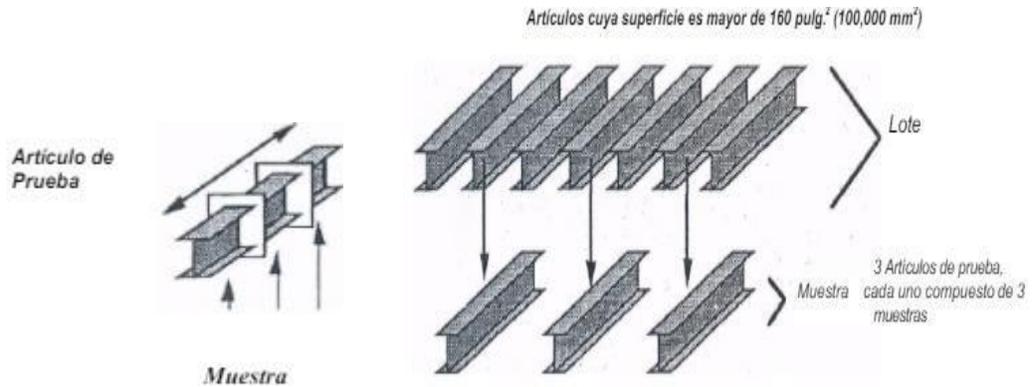


Figura 1. Artículos Multiespécimen

Fuente: (ASTM INTERNACIONAL, 2015)

Nota:

Cada espécimen (debe tener 5 o más mediciones dispersas) debe tener un espesor de revestimiento promedio mínimo indicado en la (tabla 2)

Cada artículo de control de la muestra (3 especímenes cada uno) deben tener el espesor de revestimiento promedio mínimo de la tabla indicada (tabla 2)

Artículos de un solo espécimen

Artículos cuya área de superficie sea menor o igual a 100.000 mm². Para este proceso de control de espesor toda el área de cada una de las unidades del producto es una muestra. Ver figura 2.

Artículos cuya superficie es igual o menor a 160 pulg.² (100,000mm²)

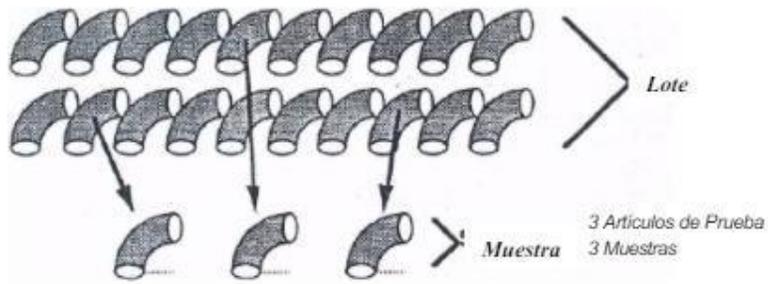


Figura 2. Artículos de un solo espécimen

Fuente: (ASTM INTERNACIONAL, 2015)

Nota:

Cada espécimen (5 o más mediciones debidamente dispersas) debe tener un espesor de revestimiento promedio mínimo. (tabla 2)

Todos los artículos de control (especímenes) juntos deben tener un espesor de revestimiento promedio mínimo. (tabla 2).

Categoría del material	Todas las probetas sometidas a ensayo					
	Rango de espesor del acero (medido), pulgadas (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 tubería	45	45	75	75	75	75
Alambre	35	50	60	65	80	80
Barras de refuerzo	--	--	--	--	100	100

Tabla 2. Espesor de revestimiento mínimo por categoría de material.

Fuente: (Revista internacional ATEG, 2013)

Muestra

Conjunto de unidades individuales de producto de un solo lote seleccionados con el propósito de representar el lote para su aceptación, La muestra está compuesta de uno o más artículos de prueba.

Espécimen

Superficie de un artículo individual o parte de un artículo de control, donde se van a realizar mediciones de espesor, que es una muestra que representa a un lote de artículos.

Categoría de material

Proceso de fabricación que describe una unidad de producto. Por ejemplo, la tubería cuadrada que pertenece a la categoría tubería.

Adherencia

Es el revestimiento de zinc que soportará a la naturaleza y esto permitirá el uso normal del artículo, estructura metálica o material sin descascararse.

2.2.2.2 Artículos con diferentes espesores

Cuando se realiza el galvanizado de productos con diferentes espesores o categorías de material. (figura 3), las clases de espesor de revestimiento y categoría de material serán indicadas en la norma astm8 123 en la tabla 2.

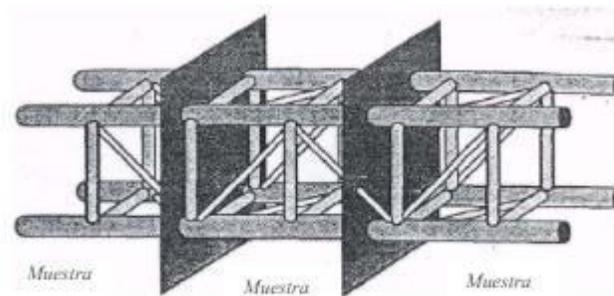


Figura 3. Artículo fabricado con muchos componentes

Fuente: (ASTM INTERNACIONAL, 2015)

Cada espécimen comprende normalmente de la tercera parte del área total del artículo, se debe hacer un mínimo de 5 mediciones dispersas dentro de cada espécimen lo más disperso posible.

2.2.2.3 Muestreo

El muestreo de cada lote será llevado según los requisitos de esta norma. Un lote es la unidad de producción de la cual se toma una muestra para su control. Un lote es uno o más artículos del mismo tipo y tamaño que comprende un solo pedido o una sola carga de despacho o cuando los artículos han sido galvanizados dentro de un solo turno de galvanización en la misma tina.

El método de selección y número de especímenes de control serán acordados entre el galvanizador y comprador. De lo contrario los especímenes de control serán seleccionados al azar.

El número mínimo de especímenes de cada lote será como muestra en la figura 4.

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 3. Número de muestras mínimas de cada lote

Fuente: (Revista internacional ATEG, 2013)

2.2.2.4 Inspección del espesor del revestimiento

Ninguna medición individual o un conjunto de mediciones en la misma ubicación general en un espécimen de prueba será rechazado mediante los requerimientos de espesor de revestimiento siempre y cuando estas mediciones sean promediadas con otras mediciones dispersas.

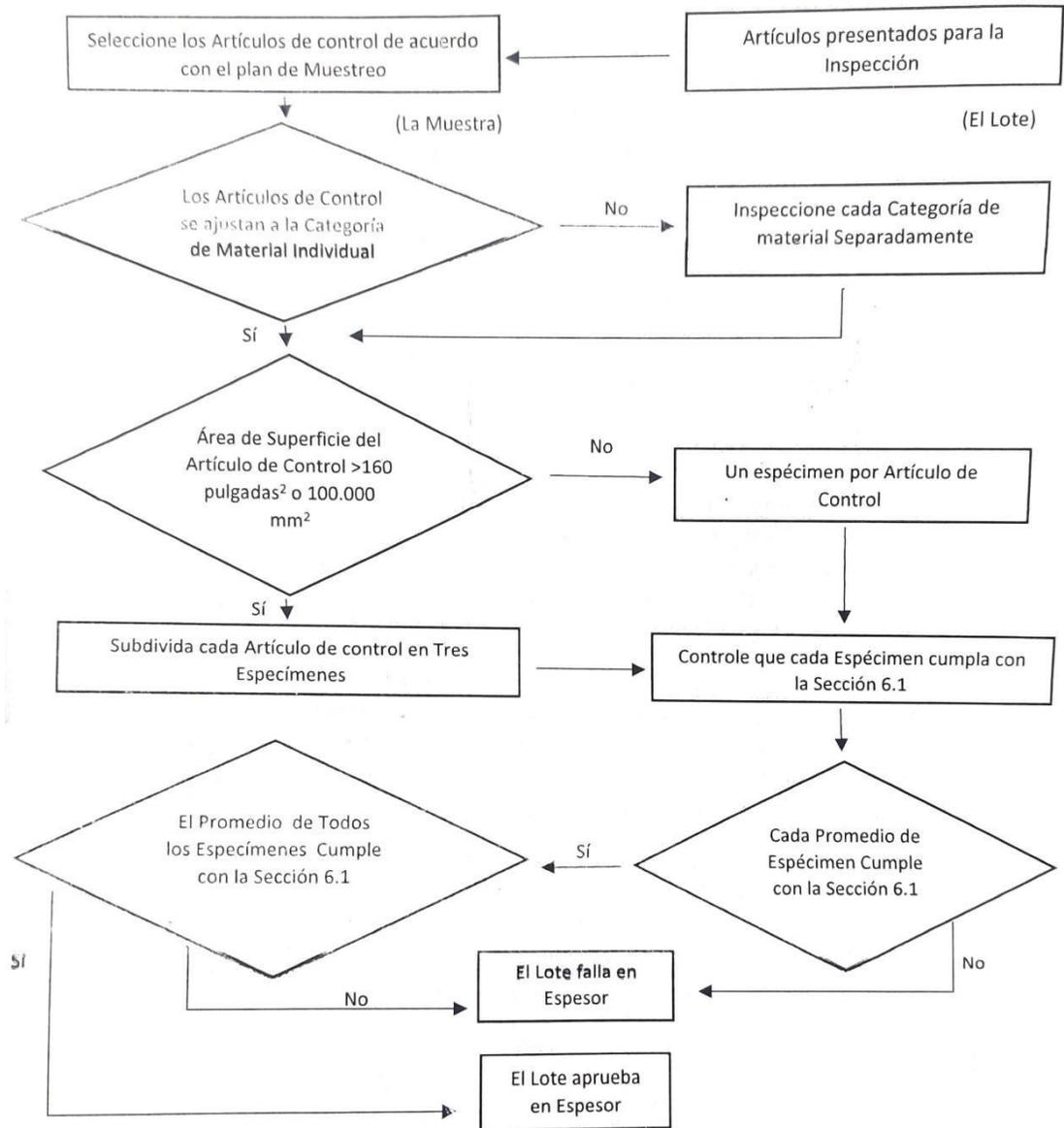


Figura 4. Etapas de inspección del espesor de revestimiento

Fuente: (ASTM INTERNACIONAL, 2015)

2.2.3 Acero estructural ASTM A-36

La denominación A36 fue establecida por la ASTM. Es el material estructural más usado en estructuras en el rubro de la construcción en el mundo. Es fundamentalmente una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono menores del 1 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso, para mejorar su resistencia, y fósforo, azufre, sílice y vanadio para mejorar su soldabilidad y resistencia a la intemperie. Es un material usado para la construcción de estructuras, de gran resistencia, producido a partir de materiales muy abundantes en la naturaleza. Entre sus ventajas está la gran resistencia a tensión y compresión y el costo razonable. A pesar de la susceptibilidad al fuego y a la intemperie es el material estructural más usado, por su abundancia, facilidad de ensamblaje y costo razonable. Las aplicaciones comunes del acero estructural en la construcción incluyen perfiles estructurales de secciones: I, H, L, T, [, (figura 1) usadas en edificios instalaciones para industrias; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto prees forzado; varillas y mallas electrosoldadas para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos. (Guzhñay, 2012).

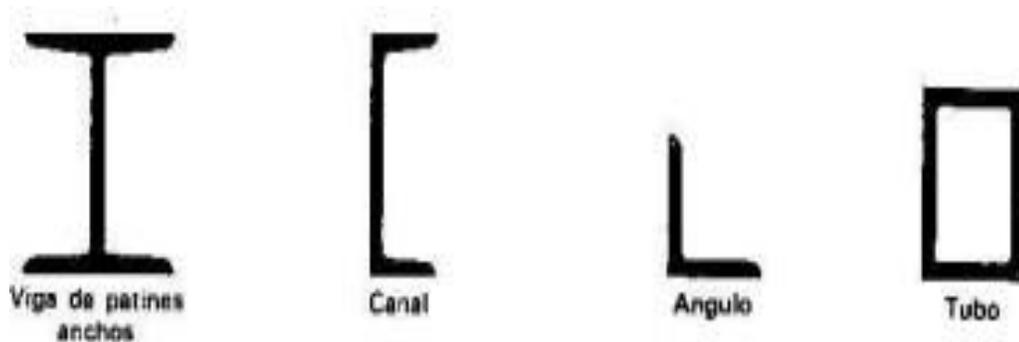


Figura 5. Perfiles estructurales

Fuente: (Guzhñay, 2012)

Grado de Acero	Composición Química (% en peso)												Espesor		Requerimientos Físicos					
	C	Mn	P	S	Si	Cu	Cb	V	Ni	Cr	N2	Limite de Fluencia Min.			Resistencia a la Tensión		Elongación % Min			
	Máx.		Máx.	Máx.	Máx.							Pulg.	mm	KSI	MPA	KSI	MPA	EN 8"	EN 2"	
ASTM A-36	0.25	0.80 - 1.20	0.040	0.050	0.40	--	--	--	--	--	--	0.180 - 0.500	4.6 - 12.7	36	250	58 - 80	400 - 550	20	21	

Tabla 4. Especificaciones acero estructural ASTM A36.

Fuente: (Guzhñay, 2012)

2.2.4 Procesos de recubrimiento por zinc

Galvanización en caliente abarca tanto la galvanización por lotes o piezas continuas (galvanización discontinua) como el proceso continuo por inmersión en caliente. En el proceso continuo se sumergen las bandas de acero en un baño de zinc para dar revestimiento y posteriormente se le somete a un tratamiento adicional. La banda de acero galvanizado obtenida es un producto preliminar que puede procesarse posteriormente (perforación, corte a medida, etc.). Estos procesos destruyen la capa protectora de zinc en los bordes que fueron cortados y perforados. (Revista internacional ATEG, 2013). Los procesos se muestran en la fig. 7.



Figura 6. Procesos de recubrimiento de zinc

Fuente: (Revista internacional ATEG, 2013)

2.2.4.1 Galvanizado en caliente continuo

En el galvanizado continuo el zinc depositado presenta un revestimiento de entre 5 y 40 micras, mientras que la galvanización discontinua queda favorecida por espesores mayores, normalmente entre 50 y 200 micras. Las láminas galvanizadas en continuo se emplean principalmente en interiores sometidos a un bajo nivel de corrosión, como son los conductos para cables o los sistemas de aire acondicionado del hogar y empresas. (Revista internacional ATEG, 2013).

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 continua, 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. (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2014)



Figura 7. Lámina galvanizada en proceso continuo

Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2014)

2.2.4.2 Galvanizado en caliente Discontinuo

el acero galvanizado en discontinuo se utiliza principalmente en exteriores, donde por regla general han de atenderse períodos de

protección frente a la corrosión que abarque varias décadas. Es en estas aplicaciones donde el galvanizado en discontinuo ha demostrado a lo largo de más de un siglo su extrema durabilidad, resistencia y nulo mantenimiento.



Figura 8. Galvanizado en caliente (doble inmersión).

Fuente: Propia

2.2.4.3 Galvanización por electrozincado

En electro-zincado, el zinc se precipita sobre los componentes de acero por influjo de una corriente eléctrica. Los recubrimientos de zinc así obtenidos son considerablemente más delgados que los de la galvanización en caliente, estando el grosor de la capa de zinc en unas 5 micras. Es por este motivo que las piezas electro-zincadas se emplean sobre todo en ambientes de baja corrosión como una forma de protección temporal. (Revista internacional ATEG, 2013).

2.2.4.4 Galvanización por proyección térmica

En la proyección térmica, o pulverización con zinc, el zinc se funde en una pistola de pulverización y se esparce sobre la superficie del acero. Este proceso es frecuentemente usado para prevenir la corrosión de componentes que no pueden ser galvanizados en discontinuo. Además, a diferencia de lo que sucede con la galvanización en caliente, ni el

electrozincado ni la pulverización térmica de zinc implica la formación de capas de aleación entre el zinc y el acero. (Revista internacional ATEG, 2013)

2.2.5 Proceso del galvanizado discontinuo por lotes.

Es el método más comercial y de mayor productividad debido a su alto grado de mecanización, por lo que será detallado en los siguientes apartados. El proceso esquemático del galvanizado en caliente por lotes se representa en la figura 10.

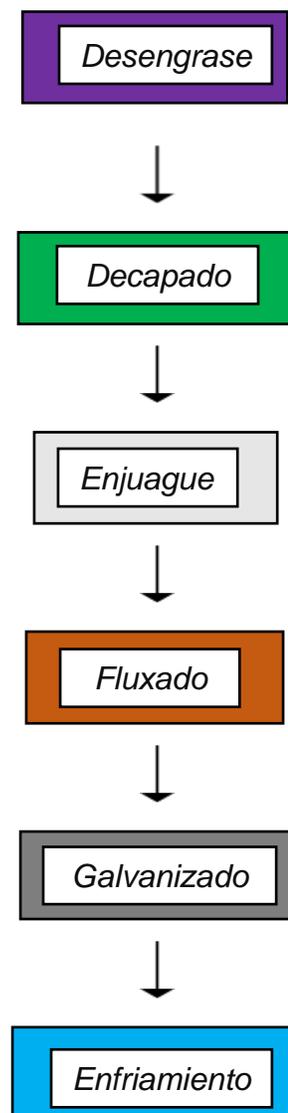


Figura 9. Proceso esquemático del galvanizado

Fuente: (Propia)

2.2.5.1 Desengrase

Una de las actividades importantes, al inicio del galvanizado. Esta actividad consiste en sumergir la pieza en un baño de desengrase para eliminar contaminantes orgánicos como grasa, aceite y/o tierra que se adhieren a la superficie metálica. (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2014).

2.2.5.2 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 hidrocórico. 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. (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2014).

2.2.5.3 Enjuague

Se realiza posterior a cada operación de decapado para prevenir la transferencia de cloruro ferroso al flux o al baño de zinc, ya que puede generar un efecto negativo al incrementar el nivel de escoria. Dura de 40 a 60 segundos. (Chico, 2018).

2.2.5.4 Fluxado

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). Este proceso dura de 10 a 20 min. (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2014).

2.2.5.5 Recubrimiento de zinc

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.

2.2.6 Formación del recubrimiento de aleación Fe-Zn

Este recubrimiento se crea por la expansión entre átomos de hierro y zinc, la cual a su vez produce enlaces intermetálicos y promueve la formación de diferentes fases, aproximadamente entre 435 – 620 °C. Este proceso produce menor contaminación y menor demanda energética a bajas temperaturas, por ejemplo, a los 450°C. (Chico, 2018).

Durante la microaleación entre el acero y el zinc fundido, ocurren reacciones que producen una serie de aleaciones en la superficie, las cuales conforman un recubrimiento que es parte integral de la pieza en sí misma. (Keoma & Lizzetti).

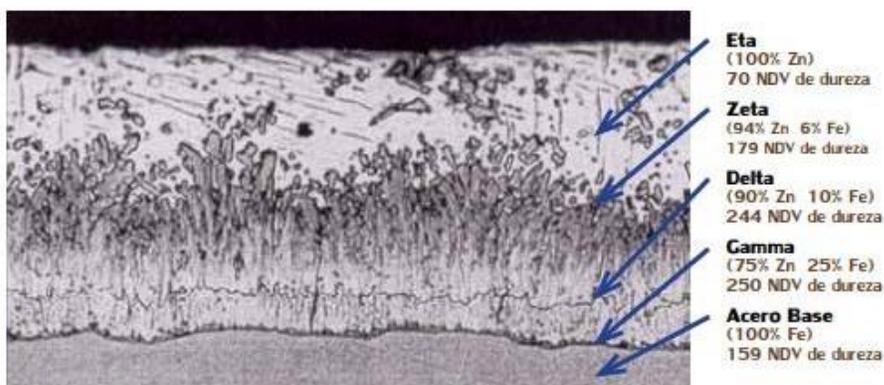


Figura 10. Corte transversal del acero galvanizado.

Fuente: (American Galvanizers Association, 2015)

Las capas Gamma, Delta y Zeta son más duras que el acero base, lo cual protege al recubrimiento de daños mecánicos. La capa Eta es bastante dúctil lo cual le confiere resistencia al impacto al recubrimiento, ver Fig. 11

La combinación de dureza, ductilidad y adherencia protegen al acero galvanizado contra posibles daños durante el transporte, trabajos en sitio y futura vida en servicio.

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Módulos escolares

Los módulos educativos son unidades prefabricadas que son instaladas para reemplazar o complementar diferentes servicios educativos en colegios que tienen necesidades urgentes que cubrir. Estas estructuras son montables y desarmables, y permiten ser reutilizadas en otras instituciones educativas, si así se decide.

Existen cinco tipos de módulos educativos diferentes que se ajustan a las necesidades educativas de cada colegio y juntos pueden conformar una unidad sistémica para representar a una institución educativa. Las clases de módulo son el tipo Aula funcional, Sala de Profesores, Tópico Psicopedagógico, Sala de Usos Múltiples (SUM) y Servicios Higiénicos.

2.3.2 Estructuras metálicas

Las estructuras metálicas tienen una alta resistencia por el empleo del acero. Esto le da la posibilidad de lograr soluciones como cubrir grandes espacios al aire libre al ser sus piezas prefabricadas y teniendo la facilidad de armado se acortan mucho los plazos de obra significativamente.

2.3.3 Acero negro

El acero negro es comúnmente conocido como el acero básico, es decir, el hierro normal y corriente que sale directamente del proceso de fundición. Este tipo de acero no ha pasado o sufrido algún tratamiento, como: Galvanizado: proceso electroquímico en el cual se cubre el acero con otro metal; Inoxidable: cuando existe una aleación de hierro con cromo; Zincado: tratamiento, en el cual por medio de una electrólisis se le añade zinc al acero para protegerlo de la corrosión; Lacado: es cuando se le añade pinturas o pigmentos al acero. Existen diferentes tipos de aceros negros, las cuales se definen por su composición de carbono y su dureza, creando diferentes calidades en el acero negro.

2.3.4 Electroquímica

Las reacciones electroquímicas son las de reducción-oxidación conocidas como redox, las cuales se basan en transferencia de electrones entre un conjunto de especies químicas, en las cuales se presentará una especie oxidante y una reductora, que a su vez alcanzarán una forma reducida y una forma oxidada respectivamente

2.3.5 Pila galvánica

Dispone de dos electrodos que suelen ser de diferentes metales, que proporcionan una superficie sobre donde ocurren las reacciones de oxidación y reducción. Estos electrodos se colocan en dos compartimentos separados, a su vez inmersos en un medio que contiene iones en concentraciones conocidas, separados por una placa porosa o membrana, que puede estar compuesta por acristalamiento de arcilla, porcelana u otros materiales.

2.3.6 Ácido clorhídrico

El ácido clorhídrico se usa en operaciones de decapado para eliminar óxido y otras impurezas del acero inoxidable, del acero al carbono y del acero aleado, con el objetivo de preparar el acero para su uso en proyectos de edificación y construcción, y en productos tales como carrocerías de automóviles y electrodomésticos. También se usa para grabar aluminio y limpiar metal

2.3.7 Drenaje

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

2.3.8 Espesor

el espesor de la capa de galvanizado en caliente es el factor principal en la determinación de su vida en condiciones de servicio. Cuanto más grueso es el espesor del recubrimiento, este brindará una mejor protección contra la corrosión. Para la mayoría de las condiciones atmosféricas, la relación entre la protección contra la corrosión y el espesor de recubrimiento es aproximadamente lineal, es decir, la vida útil se duplica si el espesor del recubrimiento se duplica.

CAPITULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1 Determinación y análisis del problema

La problemática encontrada en la empresa es que muchas veces no se realizaba una correcta supervisión en los procesos de ingreso de material, supervisión de densidad y pH de las tinas del proceso de galvanizado y el control de calidad después del galvanizado.

Esta mala supervisión ocasiona un mal galvanizado y esto ocasiona que las estructuras metálicas no cuenten con un espesor de zinc de acuerdo a la norma astm 123, esta mala adherencia de zinc a futuro ocasiona que las estructuras metálicas se empiecen a corroer esto se debe a la interacción de los metales con el medio ambiente que lo rodea. Lo que produce perdidas mecánicas de resistencia y también hacen perder funciones para las cuales estaban determinadas.

Los mayores problemas de la corrosión en las estructuras metálicas que no son adecuadamente galvanizadas son las siguientes:

- Perdidas de funcionalidad para estructuras y materiales deteriorados y corroídos
- Costos por reposición y/o reparación
- riesgos de vidas humanas

Por lo tanto, planteamos que se realice la supervisión del galvanizado en estructuras metálicas para evitar la corrosión y prevenir las pérdidas de funcionalidad de las estructuras, costos por reparación y riesgos de vidas humanas.

3.2 Modelo de solución propuesto

Debido al problema presentado se planteó el siguiente modelo de solución al problema que consiste en hacer una revisión del material desde su ingreso a la planta para poder ser galvanizado. Como se muestra en la Fig. 12.

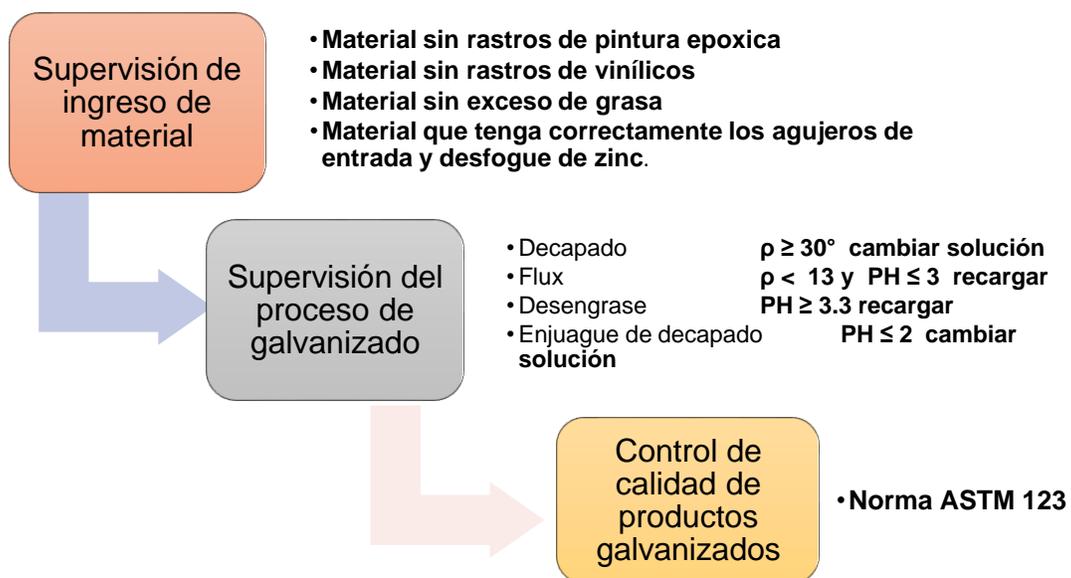


Figura 11. Modelo de solución propuesto.

Fuente: Propia

3.3 Inspecciones y pruebas.

Se diseñó un plan de puntos de inspección para la supervisión del proceso de galvanizado para evitar la corrosión.

- Inspección de ingreso de material.
- Inspección del proceso de galvanizado
- Ensayo no destructivo visual
- Limpieza superficial y reparación del galvanizado en caso sea requerido.
- Liberación y despacho

Los ensayos serán realizados con conocimiento del jefe del área de galvanizado para que brinde las facilidades del caso. El personal del control de calidad mantendrá un registro de las inspecciones visuales realizadas.

Los registros serán registrados en el sistema a medida que se realizan las mediciones de espesores. Estas medidas serán enviadas al cliente mediante un certificado de calidad.

3.3.1 Supervisión de ingreso de material

Las estructuras metálicas que ingresan a la empresa para ser galvanizados no deben tener rastros de pinturas epoxica, barniz y grasa excesiva o escoria de soldadura. Además, se requiere agujeros de drenaje y ventilación en zonas críticas para poder evitar la acumulación de zinc no deseada y obtener un correcto galvanizado. En las estructuras que no cumplan los requisitos de ingreso se le reportara a la empresa dueña de las estructuras mediante un reporte de ingreso. El cliente tendrá un plazo de 72 Hrs para responder el reporte.

3.3.1.1 Inspección de ingreso de material.

- Los cordones de soldadura deben ser correctamente esmerilados y que estén libre de escoria para evitar defectos en el cordón de soldadura. Estos defectos ocasionan puntos de corrosión, así como manchas

negras y el famoso goteo de flux que tiene una apariencia anaranjada que sale de los poros de la soldadura después del galvanizado.

- Las superficies de las estructuras no deben estar excesivamente oxidadas ni picadas, en caso se observe que las estructuras se encuentren de esta forma se le recomendará mediante el reporte de ingreso al cliente que se debe realizar el proceso de arenado o granallado. Se debe recalcar que el galvanizado no necesita porosidad como la pintura epoxica para su correcta adherencia, debido a que el galvanizado es una microaleación.



Figura 12. Estructura con oxido excesivo

Fuente: propia.

- El material debe tener agujeros de colgado correctamente dimensionados para evitar que las estructuras se suelten y ocasionen riesgos en las vidas de los galvanizadores y evitar los chorreos de zinc en el material. Esto crea rebabas y al momento de realizar la limpieza superficial esto puede ocasionar que llegue hasta el material en negro y a futuro se pueda corroer.

80 kg < Estructuras \leq 150 kg: agujeros de 3/8"

Estructuras \geq 150 kg: agujeros de 1"

- Los agujeros de drenaje en las vigas H o estructuras que tienen diseño similar deben tener un agujero de desgate de $\frac{3}{4}$ " o agujeros de $\frac{1}{2}$ " las más cercano a las esquinas para evitar la acumulación de zinc.

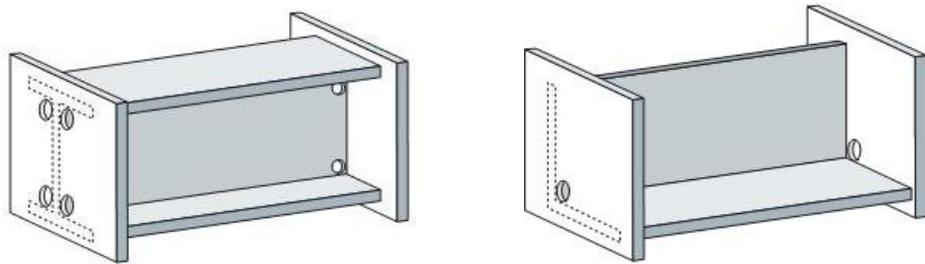


Figura 13. Vigas con agujeros de entrada y desfogue de zinc.

Fuente: (American Galvanizers Association, 2016)



Figura 14. Material sin agujeros de entrada de zinc.

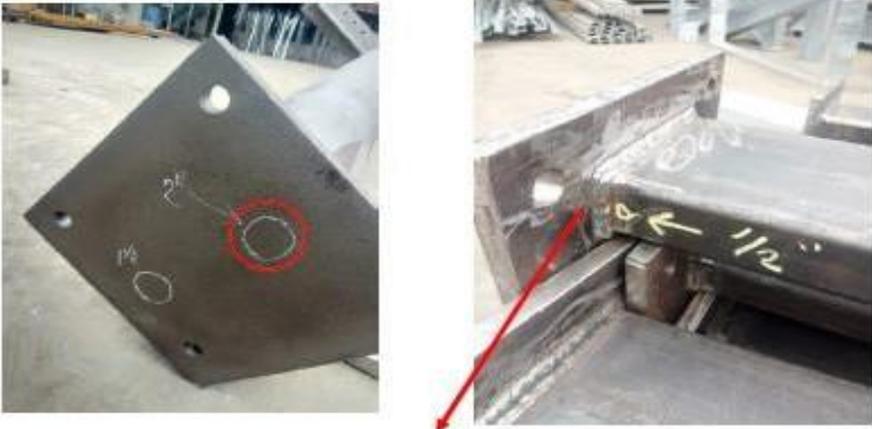
Fuente: propia

El inspector de calidad tiene que tomar un control cuidadoso de lo descrito líneas arriba. las observaciones, fecha de recepción se plasmará en el siguiente formato. Fig. 16

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTION		Código: OP-002-FOCC
			Versión 0
Fecha de aprobación: 14-10-2019	REPORTE DE CONDICIONES DE INGRESO DE MATERIAL		Página 1 de 1

Guía de Remisión:	004-0027937	Fecha:	24-1-20
		O.T.	14903
Cliente:	ESTRUCTURAS INDUSTRIALES EGA		

1. DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN	
1.1 Tipo de material observado:	ESTRUCTURAS METALICAS
1.2 Cantidad de piezas observadas:	3
1.3 Hallazgo emitido por:	RAMOS ROSALES JHON- ANALISTA DE CALIDAD



2. DATOS DE CONTACTO SOBRE LA NOTIFICACIÓN AL CLIENTE	
Correo electrónico o teléfono de destino:	jbazan@galvanometalperu.com
Fecha de envío:	24/01/2020
Nombre de la persona de contacto:	ING. JUAN CARLOS BAZÁN

3. ACCIONES RECOMENDADAS AL CLIENTE	
Se le comunicó al cliente sobre las condiciones de su material a galvanizar.	
Se recomienda:	
<ul style="list-style-type: none"> - Realizar agujeros de entrada y desfogue de zin con oxicoarte 	

Figura 15. Reporte de condición de ingreso de material

Fuente: (Galvanometal Perú Sac, 2019)

3.3.2 Supervisión del proceso de galvanizado

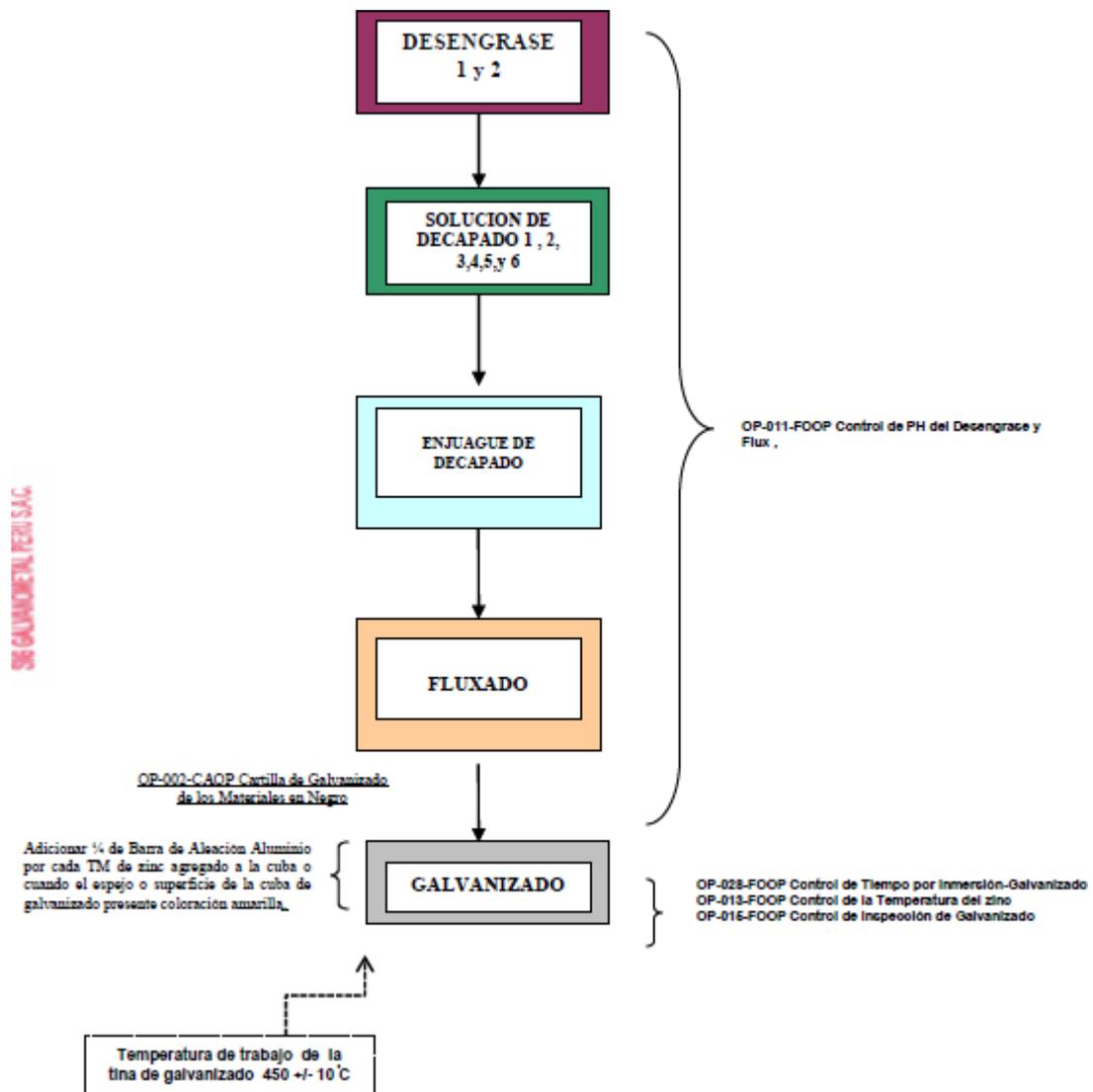


Figura 16. Diagrama de flujo de control de proceso de galvanizado.

Fuente: (Galvanometal Perú Sac, 2019)

El proceso de supervisión del galvanizado empieza desde la carga de las estructuras metálicas a los racks hasta retirar el material ya galvanizado del horno con su inspección visual respectiva. El decapado y el baño de zinc son las etapas más críticas del proceso de galvanizado.

Los elementos a galvanizar no deben tener partes cerradas, ya que la humedad o entrada de líquidos del decapado, pueden ser causa de explosión durante la inmersión. De ser así el material no debe ser galvanizado.

3.3.2.1 Procedimiento de Inspección del proceso de desengrase

La supervisión principal en esta etapa es observar que el material sea retirado de la tina sin grasa en la superficie metálica para evitar mala adherencia de zinc

Los parámetros de funcionamiento para supervisar son establecidos como se describió anteriormente son los siguientes:

- La Concentración deber ser del 15% en volumen, 1.15 gr/litro.
- Mantener el PH entre 2.8 ± 0.5 , cuando supere este rango, se deberá realizar las recargas respectivas
- Se debe eliminar todo rastro de grasa flotante.

Procedimiento a Inspeccionar:

1. Se tiene que observar que la carga de las estructuras metálicas en los racks esté debidamente amarrada para evitar que el material se descuelgue en las tinas de desengrase
2. Las estructuras deben ser sumergidas gradualmente sin provocar salpicaduras de la solución de desengrase, debiendo quedar cubierta toda la estructura. En caso la estructura sea demasiado grande se tendrá que hacer una doble o triple inmersión.
3. Las estructuras estarán sumergidas en la tina de desengrase un tiempo mínimo de 5 min o cuando el encargado o el inspector de calidad observe que se eliminó por completo la grasa de la superficie. Las estructuras que tienen excesiva grasa se hace una limpieza manual antes de entrar a la tina de desengrase, las estructuras que fueron arenadas o granalladas previamente no requieren un tiempo mayor a 5 min en la tina de desengrase.

3.3.2.2 Procedimiento de inspección del proceso de decapado

Se supervisa estrictamente que se eliminen impurezas de material, tales como los óxidos del material. Para evitar no se haga un correcto decapado el material tiene que estar libre de rastros de pintura epoxica o barniz para evitar en dichas zonas áreas quemadas después del galvanizado.

Procedimiento a inspeccionar:

1. Las estructuras metálicas deben ser sumergidas gradualmente en las tinas de decapado, estas contienen solución ácido clorhídrico. Al momento de ser sumergidas se deben evitar provocar salpicaduras de la solución acida.
2. La supervisión en este procedimiento es muy importante para cumplir el tiempo de inmersión mínimo de decapado. Las estructuras deberán ser sumergidas con un tiempo mínimo de 15 min o cuando el inspector de calidad observe una completa disolución de los óxidos de la superficie.
3. Terminado el decapado lo materiales son levantados por el rack y se deja escurrir las piezas hasta q se escurra por completo para luego pasar a la tina de enjuague.

3.3.2.3 Inspección de enjuague del decapado

Se realiza la inspección de enjuagar completamente la superficie del ácido para el cuidado de la tina de flux, esta etapa del proceso de galvanizado la tina de enjuague solo contiene agua con un PH<2. Terminado el enjuague se transporta el material a la tina de flux. Además, en este proceso se puede observar si el material está bien o no decapado debido a que se nota en el material manchas negras o lunares.

3.3.2.4 Procedimiento de inspección del proceso del Fluxado

En este proceso se supervisa que el material este totalmente sumergido en la solución de flux, esta solución tiene que estar a una temperatura entre 40 y 60 °C.

Tenemos que observar detalladamente que el nivel de flux no debe descender los 210 mm desde el borde superior de la tina para poder cubrir más áreas de la estructura metálica y que el PH del flux no sea menor a 3. También tenemos que estar pendientes que la concentración de cloruro de zinc se encuentre al 55% y el cloruro de amonio al 45%.

Procedimiento a inspeccionar:

Se debe cumplir el tiempo mínimo de 5 min de inmersión de las estructuras metálicas para eliminar cualquier impureza restante en la superficie para evitar q se forme un nuevo oxido hasta la tina del galvanizado.

En la siguiente tabla se tomaron las mediciones de las densidades y PH de las tinas de desengrase, decapado, enjuague y Fluxado en 3 días intercalados antes que las estructuras metálicas fueran sumergidas arrojando las siguientes medidas.

Fecha	Desengrase 1	Desengrase 2	Densidad $\rho \leq 30$.					Solución de flux	
	PH 2.8 ± 0.5	PH 2.8 ± 0.6	Solución	Solución	Solución	Solución	Solución	PH ≥ 3	P > 13°
			Decapado 1	Decapado 2	Decapado 3	Decapado 4	Decapado 5		
23/02/2020	3.27	3.2	24.3	29	28.2	11.7	20.1	4.53	18.5
26/02/2020	2.62	2.44	24.2	28.9	28	10.9	18.9	4.72	18
03/03/2020	2.9	2.81	24.1	28.1	28	11.6	19	4.67	18.5

Tabla 5. Medidas de densidad y PH

Fuente: Propia

3.3.2.5 Procedimiento de inspección del proceso de galvanizado

Este es el proceso a supervisar donde las estructuras metálicas tienen una microaleación con el zinc para evitar la corrosión. Tenemos que asegurarnos que la cuba de zinc este a 450° C.

Procedimientos a inspeccionar:

1. Las estructuras metálicas deben ser introducidas a la tina de zinc a velocidad constante, dependiendo su longitud puede ser 1.8m/min o 7.2m/min
2. El tiempo de inmersión tiene que ser como mínimo 2 min y puede exceder los 20 min, esto depende del espesor del material y el miraje solicitado por el cliente.
3. Antes de retirar la estructura metálica de la poza de zinc tenemos que retirar las cenizas que se encuentran flotando sobre el zinc. Esto se realiza para evitar que al momento de retirar el material de la tina estos se adhieran a las estructuras y se dificulte la limpieza superficial.
4. La velocidad de extracción debe ser lenta y constante para evitar formación de grumos y gotas o más conocidas como las famosas rebabas.
5. El material galvanizado se debe registrar en el formato de control de inmersión del galvanizado.

Se tomaron las mediciones de temperatura necesarias días anteriores a la tina de zinc para asegurarnos que obtendremos un correcto galvanizado. Ver tabla 6.

FECHA Y HORA	HORA	TEMPERATURA HORNO TIC
		01-BATH (450° ± 10 °C)
23/02/2020	07:00	449
	09:00	450
	11:00	451
	13:00	452
	15:00	450
	17:00	451
	19:00	451
	21:00	450
26/02/2020	07:00	459
	09:00	451
	11:00	450
	13:00	451
	15:00	451
	17:00	451
	19:00	448
	21:00	450
23/02/2020	07:00	448
	09:00	451
	11:00	460
	13:00	451
	15:00	449
	17:00	449
	19:00	450

Tabla 6. Medidas de temperatura de la tina de zinc

Fuente: propia

3.3.3 Procedimiento de Control de calidad

En este proceso se tomará de referencia puntos de la norma astm 123, los controles estarán a cargo del supervisor de calidad.

Para el control de calidad de los productos que resulten del proceso de galvanizado y del proceso de limpieza superficial se realizara las siguientes inspecciones: control del espesor de recubrimiento y control superficial.

Para poder liberar el producto terminado es obligatorio la conformidad de ambos controles.

3.3.3.1 Control de espesores

- 1) La supervisión de control de espesores se realizará al finalizar el proceso de galvanizado
- 2) Para el propósito de control de espesor, los artículos cuyo peso unitario sea mayor a dos kilos (artículos mayores) se subdividen en tres secciones locales continuas, nominalmente iguales en área de superficie, cada una de las cuales constituye una muestra. Cada sección debe tener un revestimiento promedio mínimo menor a una clase según lo requerido por el tipo de material y el espesor como lo muestra la tabla 2 de la Norma ASTM 123. Cada sección de la unidad de muestra debe tener como mínimo un total de 5 puntos de medición.
- 3) El promedio de las tres secciones debe tener como mínimo el micraje requerido de acuerdo al tipo de material y espesor del mismo tal como muestra la tabla 2 de la Norma ASTM 123.



Figura 18. Control de espesores.

Fuente: propia

3.3.3.2 Control Superficial

Para los propósitos del control superficial se denominará defecto a los siguientes puntos: zona sin recubrimiento (adherencia), rugosidad excesiva, desprendimiento del recubrimiento(adherencia) y deformación

Zonas sin recubrimientos

Si el inspector de calidad observa que no existe recubrimiento de zinc en distintas áreas del material, podemos decir que el material no tenía una buena preparación de la superficie como por ejemplo presencia de pintura látex, laca, etc. o también se debe a las marcas que quedaron por elementos de sujeción de material.



Figura 19. Zonas sin recubrimiento.

Fuente: Propia

Rugosidad excesiva

El inspector observara si el material presenta una apariencia demasiada rugosa esto se da por la composición química del acero o por una mala preparación superficial del material. El material no será rechazable si el recubrimiento de zinc cumple el espesor mínimo requerido por la norma astm 123.



Figura 20. Rugosidad excesiva en el material.

Fuente: propia

Desprendimiento del recubrimiento

El inspector de calidad observara el desprendimiento del recubrimiento de zinc. el desprendimiento se debe a un exceso de tiempo de inmersión en el zinc. Un material sobrecargado de zinc tiende a desprenderse por pequeños golpes. Ver fig.



Figura 21. Desprendimiento del recubrimiento de zinc.

Fuente: Propia

3.3.3.3 Limpieza superficial

El personal involucrado en esta área debe estar debidamente capacitado para no dañar el material al momento de hacer la limpieza con la amoladora, limas redondas y/o planas para evitar reprocesos y/o fallas prematuras donde se requerirá el galvanizado en frío más conocido como el zinc Reich y el zinc orgánico.

Procedimiento de Inspección

La inspección del acabado y aspecto se realiza mediante una inspección visual, el inspector tiene que observar detalladamente por completo todas las partes de las estructuras incluyendo lugares inaccesibles dentro y fuera del material

La inspección visual debe completarse en la planta de galvanizado y debe ser liberado con etiqueta verde después de una exhaustiva supervisión visual. Ver fig.



Figura 22. Estructura con etiqueta de liberación por el inspector de calidad

Fuente: Propia

La conformidad de un revestimiento debe ser considerado, no sólo por su apariencia, sino también por su resistencia a la corrosión.

Las variaciones por lo general son causadas por las características del propio acero.

En la siguiente tabla encontraremos los criterios de aceptabilidad si un material se acepta o se rechaza según la norma astm 123.

Apariencia	Conformidad 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 y cuando no comprometa la funcionalidad de la pieza (Remover fácilmente con cepillo rígido, lima, lijas o esmeril)
Manchas de óxido	Aceptable (Remover fácilmente con cepillo rígido, lima o lijas)
Aspereza general (rugosidad)	Aceptable (Remover fácilmente con cepillo rígido, lima, lijas o esmeril)
Sin uniformidad y drenaje (drenaje desigual)	Aceptable
Grumos	Aceptable, siempre que la contaminación con sedimento no sea excesiva y no interfiera con la funcionalidad y/o montaje del producto (Remover fácilmente con cepillo rígido, lima, lijas o esmeril)
Corrosión Blanca	Aceptable, siempre que no esté comprometido el espesor
Zona sin recubrimientos	Inaceptable. Zonas dañadas se pueden retocar
Deformación	Inaceptable. Se debe informar al cliente y asumir las consecuencias.
Desprendimiento del recubrimiento	Inaceptable. Se debe reprocesar el material.
Impurezas en el material galvanizado (dross , ceniza)	Inaceptable. Zonas dañadas se pueden retocar.
Rebabas y filos	Inaceptable. Zonas dañadas se pueden retocar.

Tabla 7. Criterios de aceptabilidad del galvanizado

Fuente: (Galvanometal Perú Sac, 2019)

3.4 Resultados

Mediante la supervisión correcta del proceso de galvanizado desde el ingreso de las estructuras hasta la limpieza superficial obtuvimos los siguientes resultados.

- Aplicando el proceso de inspección visual se redujeron considerablemente las áreas superficiales de las estructuras metálicas que no tenían un recubrimiento de zinc por medio del galvanizado en caliente según la norma astm 123. El espesor de recubrimiento en las bases de las estructuras pasó de 75 μ m a un espesor mayor a 100 μ m. Las áreas que salían sin galvanizar por una mala supervisión de ingreso de material a planta también fueron reducidas, esto se debió a que cualquier rastro de pintura epoxica o barniz se informaban rápidamente al cliente mediante el formato de reporte de ingreso.
- Mediante la inspección del recubrimiento de zinc que nos daba un espesor de recubrimiento mayor a 100 μ m podemos decir que el proceso de galvanizado en caliente es una protección más duradera con respecto al zincado y al galvanizado continuo que tienes un recubrimiento de zinc entre 5 y 40 μ m.
- Después de aplicar los criterios de aceptabilidad mediante la inspección visual se logró inspeccionar de forma correcta las estructuras metálicas que se utilizaran para la fabricación de módulos escolares, verificando que estos cumplan con las especificaciones indicadas por el cliente. Además, se observó que se podía rechazar rápidamente un material mal galvanizado y así también evitamos el uso excesivo de materiales de reparación del galvanizado en caliente como el zinc en frio y el zinc orgánico.

CONCLUSIONES

- Al aplicar una correcta supervisión o inspección visual del proceso de galvanizado en caliente, el espesor de recubrimiento de zinc da conformidad según la norma astm 123, Cumpliendo así lo requerido.
- Al proponer el proceso de galvanizado en caliente se concluye que su vida útil anticorrosiva es más duradera y resistente que los procesos de galvanizado en frío o galvanizado continuo incluso de la misma pintura epoxica, debido a que siguiendo una correcta supervisión el espesor de recubrimiento de zinc tiene un promedio mayor a 100µm.
- Al aplicar los criterios de aceptabilidad del galvanizado en caliente en las estructuras metálicas galvanizadas ayudo a garantizar que el proceso de galvanizado sea aceptado o rechazado por el supervisor de calidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realice una correcta supervisión e inspección visual en el proceso de galvanizado según la norma astm 123, esta supervisión se tiene que realizar desde el ingreso de las estructuras a la planta hasta el retiro de las mismas.
- Se recomienda el proceso de galvanizado en caliente para las estructuras metálicas que serán usadas en los módulos escolares debido a que este proceso tiene un mayor recubrimiento de zinc que es mayor a 100 μ m. Los procesos de galvanizado en frío o en continuo no tienen un recubrimiento mayor a 40 μ m. Además, para el armado de los módulos mediante soldadura o pernos no tienen problemas para realizarlo.
- Se recomienda tener en cuenta los criterios de aceptabilidad para la liberar satisfactoriamente las estructuras, estos criterios ayudaran a optimizar tiempos, reducir el número de reparaciones y observaciones después que las estructuras metálicas ya estén armadas para los módulos.

BIBLIOGRAFÍA

- American Galvanizers Association. (2015). *Galvanizado en caliente para protección contra la corrosión*.
- American Galvanizers Association. (2016). Inspección de productos de aceros galvanizados en caliente. 4.
- ASTM INTERNACIONAL. (2015). *Designación norma: A123 - 15*.
- Cerdán, B. (2018). *Influencia del galvanizado en caliente, en las propiedades mecánicas del acero de la barra corrugada, Norma ASTM A - 615, grado 60, para prevenir la corrosión en las estructuras de concreto armado (Tesis de grado)*. Perú: Universidad Privada del norte.
- Chico, J. (2018). *Caracterización del grado de adherencia y difusión de la capa de aleación Hierro - Zinc para perfiles bajos galvanizados de acero estructural de bajo contenido de carbono*. Quito, Ecuador: Escuela politécnica nacional.
- Construcción8 y vivienda. (17 de enero de 2019). *Construcción y vivienda*. Obtenido de <https://www.construccionyvivienda.com/2019/01/17/pronied-instalo-mas-de-2-000-modulos-educativos-en-816-locales-escolares-durante-el-ano-2018/>
- Edward, A., & Rafael, u. (2018). *Influencia de la temperatura y potencial electroquímico de protección sobre la resistencia a la corrosión del acero API 5L grado B, expuesta a una solución acuosa*. Trujillo-Perú: Universidad nacional de Trujillo.
- Fonseca, J., & Guamán, Á. (2011). *Proceso del galvanizado en caliente con recubrimiento de zinc para piezas metálicas. (Proyecto de grado)*. Ecuador: Universidad estatal de Milagro.
- Galvanometal Perú Sac. (2019). *PROCEDIMIENTO DEL GALVANIZADO EN CALIENTE*.
- Guzhñay, F. (2012). *Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de*. Ambato, Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (2014). *Guía práctica del galvanizado por inmersión en caliente*.
- Keoma, I., & Lizzetti, M. (s.f.). *Proceso para la obtención de alambre galvanizado prodacbeaert s.a.* Lima, Perú, Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Kuklik, V., & kudlacek, J. (2016). *Galvanizado en caliente de estructuras de acero*. Revista internacional ATEG. (2013).
- Rodríguez, J., & Rodríguez, J. (2015). *"Estudio de Factibilidad para la Instalación de la Nueva Unidad de producción de Galvanizado en caliente de la empresa metales ingeniería y construcción S.A.C (MINCO), Lurín - Lima, 2014"*. Ayacucho: Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga.
- Wikipedia. (2021). Obtenido de [Es.wikipedia.org/wiki/galvanizado#galvanizaci.c3.b3n_en_caliente](https://es.wikipedia.org/wiki/galvanizado#galvanizaci.c3.b3n_en_caliente).
- Yáñez, C. (2019). *Determinación de la uniformidad de la capa de zinc en tubería galvanizada EMT. (Tesis de grado)*. Quito, Ecuador: Universidad central de Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL MEDIDOR DE ESPESORES

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CL-0267-2019



Exp.: 87049

Fecha de Emisión: 2019-06-05

Página 1 de 2

1. **SOLICITANTE** : ELECTROMECHANICA EL DETALLE S.R.L.
2. **DIRECCIÓN** : Av. Pachacútec Mz. G-1 Lote 5-2 - Villa El Salvador
3. **INSTRUMENTO** : **MEDIDOR DE ESPESORES**

Marca	: ELCOMETER	Alcance de Indicación	: 0 µm a 1600 µm
Modelo	: 4568 (*)	División de escala	: 0,1 µm / 1 µm
N° de serie	: MJ20180 (*)	Tipo de Indicación	: Digital
Código de Identif.	: ME-01 (**)	Procedencia	: U.S.A.
Ubicación	: No Indica		
4. **FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**
Calibrado el 2019-06-05 en el Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C..
5. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN**
La calibración se realizó por comparación directa con láminas patrones (elcometer).
6. **TRAZABILIDAD**
Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM.
Se utilizaron los siguientes patrones :

Láminas patrones de código IL-202 con Certificado de Calibración N° CL-0123-2019 de METROIL S.A.C.
7. **CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

Temperatura Ambiental	Inicial : 20,8 °C	Final : 20,7 °C
Humedad Relativa	Inicial : 57,1 % H.R.	Final : 58,1 % H.R.
8. **OBSERVACIONES**
 - Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la Indicación "CALIBRADO" y con identificación N° A-21234.
 - Los resultados corresponden a un promedio de diez mediciones para cada punto de calibración.
 - La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
 - La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.(*) Indicado en los datos de configuración interna del instrumento.
(**) Asignado por el cliente e indicado en una etiqueta adherida al instrumento.



YAMNA RIOS CHAVEZ
Jefe del Laboratorio de Longitud y Ángulo

ANEXO 2: CERTIFICADO DE ZINC AL 99%

mexa

DD-VW-ZINC-CAM-LOP-011 REV 2.0

LISTA DE EMPAQUE Y CERTIFICADO DE CALIDAD

MEXA RESOURCES CAJAMARQUILLA S.A.
VOTORANTIM GROUP
AL.T. CARRETERA CENTRAL KM 9.5, DESVIO A HUACHIPA, CAJAMARQUILLA - LIMA - PERU

Producto : 8056337 - ZN-302 S ZINC SHG BARRAS
 Cliente : 50846293 - GALVANOMETAL PERU S.A.C
 Orden de Cliente : Selenitro
 Orden de Venta : 2026807657
 Destino : GALVANOMETAL PERU S.A.C Peru
 Identificación :
 Norma de Calidad : NORMA ASTM B6-2010

Fecha de emisión: 07/09/2019
 Nave / Viaje N° :
 Marca : VOTORANTIM C.J ZINC SHG
 Empresa : 8074150029
 Puerto de Origen :
 Booking :

LOTE N°	N° JUEGO ATADO	CANT. BARRAS	PESO NETO (Kg)	TAMA (Pulg)	PESO BRUTO (Kg)	Mn		Pb		Cu		Cd		Fe		Al		Si		Zn		
						MAX	MIN	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1506C31617	003	40	0.075	0.530	0.071	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1506C31617	004	40	0.065	0.530	0.066	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1506C31617	008	40	1.079	0.630	1.089	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1506C31617	008	40	1.067	0.530	1.065	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1506C31793	017	40	1.161	0.530	1.102	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1506C31793	018	40	1.088	0.530	1.090	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
1506C31793	020	40	1.115	0.530	1.111	0.0032	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Total Barras : 200
 Total Puzos / Anchos : 7
 Total Peso Neto (Kg) : 7300
 Total Tama (Pulg) : 5000
 Total Peso Bruto (Kg) : 7300

RECIBIDO
 CAJAMARQUILLA PERU S.A.C.
 07/09/19

OBSERVACION :
 RESPONSABLE TECNICO : ING. CARLOS DANTE TARQUI APAYA CIP 580261

Pág. 1 / 1

ANEXO 3: CERTIFICADO ZINC ORGANICO



**Protective
&
Marine
Coatings**

6.2

ZINC CLAD IV

ORGANIC ZINC-RICH EPOXY PRIMER

INFORMACION DEL PRODUCTO		Rev. 08/16																																				
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	USOS RECOMENDADOS																																					
<p>ZINC CLAD IV Es una pintura epoxy poliamida rica en zinc de 3 componentes. Tiene bajo nivel de VOC, contiene 85% de zinc en película seca.</p> <p>Cumple con la especificación SSPC-Paint 20 Tipo II, nivel 1 primer organico rico en Zinc.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cumple los requerimientos Clase A para coeficiente de deslaminamiento y una resistencia al arrastre de .49 - Proporciona Protección Catódica. -Cuando la película está dañada, muestra propiedades de "auto-curado". 	<p>Para usarse sobre superficies de acero propiamente preparadas a chorro abrasivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación a superficies de acero arenadas o granalladas. • Areas expuestas a agua dulce y salada. • Areas expuestas a agua salobre. • Areas expuestas a vapores quimicos. • Se recomienda aplicar acabado para una máxima protección. 																																					
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO																																					
<p>Acabado : Mate</p> <p>Color : Gris, Gris verdoso.</p> <p>Sólidos por volumen : 68 ± 2% Mezclado</p> <p>Sólidos por peso : 90 ± 2% Mezclado</p> <p>VOC (EPA Método 24): Sin reducir: 308 g/L; 2.57 lb/gal Reducido 5%: 340 g/L; 2.81 lb/gal</p> <p>Contenido de Zinc en Película seca : 85 %</p> <p>Mezcla Kit: 1.125 gal</p> <p>Espesor seco recomendado por capa :</p> <p style="padding-left: 20px;">Espesor húmedo: 5.0 - 8.0</p> <p style="padding-left: 20px;">Espesor Seco: 3.0 - 5.0</p> <p style="padding-left: 20px;">Rendimiento: 33.8 - 20.3 m²/gal aprox. (5.03 - 8.46 m²/lit)</p> <p><small>Importante: El rendimiento teórico es calculado sobre la base de los sólidos por volumen y no incluye pérdidas debidas a la rugosidad o porosidad de la superficie, geometría de los elementos, métodos de aplicación, técnica del aplicador, irregularidades de superficies, pérdidas de material durante la preparación, dilución en exceso, condiciones climáticas y espesores excesivos de la película aplicada.</small></p> <p>Tiempo de secado: a 25 °C y 75 % HR</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">12°C</td> <td style="text-align: center;">25°C</td> <td style="text-align: center;">32°C</td> </tr> <tr> <td>Al tacto</td> <td style="text-align: center;">2 hora</td> <td style="text-align: center;">1 hora</td> <td style="text-align: center;">½ hora</td> </tr> <tr> <td>Manipulación :</td> <td style="text-align: center;">4 horas</td> <td style="text-align: center;">2 horas</td> <td style="text-align: center;">1 hora</td> </tr> <tr> <td>Repintado:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Mínimo:</td> <td style="text-align: center;">6 horas</td> <td style="text-align: center;">4 horas</td> <td style="text-align: center;">2 horas</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Máximo:</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> <td style="text-align: center;">1 año</td> </tr> <tr> <td>Curado:</td> <td style="text-align: center;">10 días</td> <td style="text-align: center;">7 días</td> <td style="text-align: center;">7 días</td> </tr> <tr> <td>Vida útil de la mezcla:</td> <td style="text-align: center;">8 horas</td> <td style="text-align: center;">6 horas</td> <td style="text-align: center;">4 horas</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de inducción:</td> <td style="text-align: center;">1 hora</td> <td style="text-align: center;">30 min</td> <td style="text-align: center;">15 min</td> </tr> </table> <p><small>El tiempo de secado depende de la temperatura, la humedad y al espesor de la película.</small></p> <p><small>*NOTA: La película debe estar libre de solventes, dura y firme. Cuando se raspe con la cara de una moneda o cuchillo la película debe de pulir pero no producir escamas o rebabas.</small></p> <p>Vida útil en stock: 18 meses sin abrir a 25° C</p> <p>Diluyente recomendado : P-33 ó P33 NC</p>		12°C	25°C	32°C	Al tacto	2 hora	1 hora	½ hora	Manipulación :	4 horas	2 horas	1 hora	Repintado:				Mínimo:	6 horas	4 horas	2 horas	Máximo:	1 año	1 año	1 año	Curado:	10 días	7 días	7 días	Vida útil de la mezcla:	8 horas	6 horas	4 horas	Tiempo de inducción:	1 hora	30 min	15 min	<p>Sistema Probado: (a menos que se indique otra cosa)</p> <p>Substrato: Acero</p> <p>Preparación de la Superficie: SSPC-SP10</p> <p>Acabado: 1 capa. Zinc Clad IV @ 3 mils eps</p> <p>Resistencia a la Abrasión: Método: ASTM D4060, rueda CS17, 1000 ciclos, 1 kg carga Resultado: menos de 300 mg pérdida</p> <p>Adherencia: Método: ASTM D4541 Resultado: 600 psi</p> <p>Resistencia al Calor Seco: Método: ASTM D2485 Resultado: 149°C</p> <p>Estabilidad al Exterior: Método: 1 año a 45° al Sur Resultado: Bueno</p> <p>Flexibilidad: Método: ASTM D522, dobléz de 180°, 1"(25.4 mm) mandril Resultado: Pasa</p> <p>Resistencia a la Condensación de Humedad: Método: ASTM D4585, 100°F(38°C), 1500 horas Resultado: Excelente</p> <p>Dureza al Lápis: Método: ASTM D3363 Resultado: 2H</p> <p>Resistencia a la Cámara Salina: Método: ASTM B117, 1500 horas Resultado: Excelente</p> <p>Coefficiente de Deslaminamiento, sólo zinc: Método: Especificación AISC para Juntas Estructurales usando ASTM A325 y ASTM A490 Resultado: Clase A, 0.49</p>	
	12°C	25°C	32°C																																			
Al tacto	2 hora	1 hora	½ hora																																			
Manipulación :	4 horas	2 horas	1 hora																																			
Repintado:																																						
Mínimo:	6 horas	4 horas	2 horas																																			
Máximo:	1 año	1 año	1 año																																			
Curado:	10 días	7 días	7 días																																			
Vida útil de la mezcla:	8 horas	6 horas	4 horas																																			
Tiempo de inducción:	1 hora	30 min	15 min																																			
SHERWIN WILLIAMS PERU S.R.L.																																						