



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD
EN UNA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA CORRUGADA DE
ACERO**

HENRY ELIAS GONZALEZ CARDONA

Asesorado por: Inga. Wendy Marisol Orozco Miranda

Guatemala, Noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN UNA
PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA CORRUGADA DE ACERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HENRY ELIAS GONZALEZ CARDONA

Asesorado por Inga. Wendy Marisol Orozco Miranda

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio Sebastián Granaja Pérez
EXAMINADOR	Ing. Pablo Fernando Hernández
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN UNA PLANTA DE LÁMINA GALVANIZADA CORRUGADA DE ACERO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial con fecha 3 de Agosto de 2005.

Henry Elías González Cardona

DEDICATORIA A:

DIOS:

Por ser la luz, que me guío para alcanzar esta meta.

MIS PADRES:

Carlos Concepción González Aguilar

Berta Lidia Cardona de González

Por el apoyo incondicional que me brindaron en todos mis años de estudio, sin su ayuda no hubiera llegado a este momento.

MI HERMANA:

Ericka Judith, Gracias por su apoyo.

MIS SOBRINOS:

Ericka Alejandra, Rosa Adelina y Carlos Manuel, que este logro les sirva de motivación.

MI ABUELO:

José Elías, por su amor y compañía.

MI ESPOSA:

María de Jesús, gracias por estar en todo momento conmigo y darme ánimos para realizar este trabajo.

MI HIJO:

Henry José Carlos, que éste triunfo le sirva de ejemplo y sea una meta a superar.

MIS AMIGOS:

A todos que compartieron mi vida de estudiante y los momentos difíciles de la misma, gracias por su amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

La ingeniera Wendy Orozco, por su valiosa ayuda en la asesoría de este trabajo.

La Empresa Aceros de Guatemala, S.A., por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CONCEPTOS BÁSICOS	
1.1. Antecedentes generales	1
1.1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.2. Departamento de control de calidad	3
1.1.2.1. Funciones del departamento de control de calidad	3
1.1.2.2. Estructura organizacional	4
1.1.2.3. Descripción general de los puestos	4
1.2. Marco conceptual	7
1.2.1. Proceso de galvanización	7
1.2.2. Control estadístico de la calidad	8
1.2.2.1. Gráficos de control	9
1.2.2.2. Límites de control	11
1.2.2.3. Histogramas	12
2. SITUACIÓN ACTUAL	
2.1. Materia prima	16
2.1.1. Descripción de la materia prima	16
2.1.2. Descripción del control de materia prima	17
2.1.3. Problemas por la falta de control en la materia prima	18

2.2. Proceso de producción	18
2.2.1. Descripción de los productos	18
2.2.2. Diagrama de flujo del proceso	20
2.2.3. Descripción de control del proceso y producto terminado	26
2.2.4. Análisis de la calidad actual	28
2.2.4.1. Análisis por medio de gráficos de control	29
2.2.4.2. Análisis por medio de histogramas	33
2.3. Condiciones físicas de la planta de láminas	36
3. DISEÑO DEL SISTEMA	
3.1. Descripción general	39
3.2. Metas para mejoramiento de calidad	40
3.2.1. Política de mejoras en calidad	40
3.2.2. Objetivos de mejoras en calidad	40
3.4. Normas aplicables al producto	41
3.5. Control de calidad de la materia prima	44
3.5.1. Funciones del inspector de control de materia prima	44
3.5.2. Catálogo de defectos en materia prima	45
3.5.3. Formatos para el control de materia prima	49
3.5.4. Guías para el llenado de los formatos	49
3.5.5. Procedimientos para el control de materia prima	49
3.6. Control de calidad del proceso	50
3.6.1. Funciones del inspector de control de proceso	50
3.6.2. Catálogo de defectos en el proceso	50
3.6.3. Puntos de control en el proceso	56
3.6.4. Descripción de las variables de calidad	57
3.6.5. Toma de muestras en el proceso	57
3.6.6. Formatos para control del proceso	58
3.6.7. Procedimientos para el control del proceso	59
3.6.8. Análisis de la información	60

3.6.8.1. Gráficos de control	60
3.6.8.2. Histogramas	60
3.7. Recurso del sistema	61
3.7.1. Humanos	61
3.7.2. Físicos	63
3.7.3. Económicos	64
3.8. Asignación de responsabilidades	65
4. PRUEBA PILOTO DEL SISTEMA	
4.1. Especificaciones del producto	67
4.2. Recepción de materia prima	68
4.2.1. Elaboración de formatos de control de calidad de materia prima	68
4.2.2. Análisis de la información de los formatos de control de materia prima	74
4.2.3. Estudio de problemas	74
4.2.4. Mejoras encontrados	74
4.3. Proceso de producción	75
4.3.1. Elaboración de formatos para el control de características de calidad	75
4.3.2. Análisis de la información por medio de gráficos de control	89
4.3.3. Análisis de la información por medio de histogramas	93
4.3.4. Estudio de problemas	96
4.3.5. Mejoras encontrados	97
4.4. Puntos de control correctivas y preventivas	97
4.4.1. Acción correctiva en el control de la calidad	98
4.4.2. Acción preventiva en el control de la calidad	99

5. PLAN DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	
5.1. Evaluación del sistema de control de calidad	101
5.1.1. Evaluación del control de materia prima	101
5.1.2. Evaluación del proceso de producción	101
5.2. Seguimiento	102
5.2.1. Capacitación del personal	102
5.2.1.1. Contenidos	102
5.2.1.2. Duración	105
5.2.1.3. Recurso necesario	105
5.3. Mejoras continuas	106
5.3.1. Proceso de recolección de datos	106
5.3.2. Proceso productivo	106
5.3.3. Presentación a la gerencia	107
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFÍA	112
APÉNDICE	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Requerimientos de rollo de lámina de acero	16
2	Esquema de especificaciones promedio de lámina corrugada galvanizada	19
3	Diagrama de flujo del proceso	23
4	Análisis de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, longitud 12'	29
5	Análisis de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'	30
6	Análisis de profundidad de canal de lámina 28 mm, longitud 12'	31
7	Histograma de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, longitud 12'	33
8	Histograma de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'	34
9	Histograma de profundidad de canal de lámina 28 mm, 12'	35
10	Gráfico de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, longitud 12'	90
11	Gráfico de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'	91
12	Gráfico de profundidad de canal, lámina 28 mm, 12'	92
13	Histograma de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, 12'	93
14	Histograma de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'	94
15	Histograma de profundidad de canal, lámina 28 mm, 12'	95

TABLAS

I	Especificaciones promedio de rollos de lámina (calibres)	19
II	Tolerancias permitidas en materia prima de láminas	43
III	Tolerancias permitidas en longitudes de láminas	43
IV	Especificaciones permitidas en peso de recubrimiento de zinc	43
V	Especificaciones planta de láminas	67

LISTA DE SÍMBOLOS

'	Pies
mm	Milímetros
plg	Pulgadas
m	Metros
σ	Desviación estándar
R	Rango
X	Media
min	Minutos
seg	Segundos
LCPS	Límite de control de proceso superior
LCPI	Límite de control de proceso inferior
LES	Límite de especificaciones superior
LEI	Límite de especificaciones inferior
%	Porcentaje

GLOSARIO

Aleación	Sustancia compuesta por dos o más metales, que posee un brillo metálico y conducen bien el calor y la electricidad, aunque, por lo general, no tan bien como los metales por los que están formados.
Defecto	Nivel de gravedad en la característica de la calidad que se presenta en un producto por no satisfacer los requerimientos deseados en un proceso productivo.
Especificación	Requisito que el producto o servicio debe cumplir en los rangos establecidos.
Procedimiento	Método o sistema estructurado para ejecutar algunas cosas, por medio de una serie de actos u operaciones.
Proceso	Conjunto de actividades que realiza una organización, mediante la transformación de unos insumos, para crear, producir y entregar sus productos, de tal manera que satisfagan las necesidades de sus clientes.
Producto	Conjunto de atributos físicos y tangibles reunidos en una forma identificable.

Zinc puro

Metal cristalino que se lamina fácilmente al pasarlo entre rodillos calientes, en donde tiene un punto de fusión a una temperatura de 420°C. Es utilizado principalmente como capa protectora o galvanizador para el hierro y el acero, y, como componente de distintas aleaciones.

RESUMEN

El trabajo presenta la elaboración de un sistema de control de calidad de una industria metalúrgica. Para evaluar la situación actual, se utilizaron herramientas estadísticas como las cartas de control e histogramas, lo cual indicó, durante el análisis, que el proceso se encuentra fuera de control estadístico, debido a que los procedimientos no han sido aplicados, formalmente, y la información recolectada no es suficiente para el departamento de control de calidad, ya que con ello se pretende alcanzar un proceso productivo estable.

Se utilizó la norma ASTM A 525/A 525M para cumplir con las especificaciones propuestas en la implementación del sistema de control, ya que, contiene los valores requeridos y sus respectivas tolerancias. También, se define con la norma las especificaciones definitivas para la evaluación del producto respecto a sus características.

En la implementación del sistema de control se pudo determinar que en el proceso productivo existe variación de medidas en las características del producto, pues, el proceso de corte, así como el proceso de corrugación es evidente dicha variante, lo que indica que deben ser sometidos a un plan de inspección constante para realizar los ajustes necesarios.

Con la evaluación constante de los instrumentos diseñados para la recolección de datos por medio de herramientas estadísticas, cartas de control e histogramas, se podrá obtener un sistema de control en la recolección de información más completo, pues, para la implementación se evaluaron y corrigieron formatos, procedimientos y guías, con el objetivo de obtener información más clara y precisa.

OBJETIVOS

General

Implementar un Sistema de Control de Calidad en una planta de lámina galvanizada corrugada de acero, para controlar el cumplimiento con las especificaciones de calidad del producto y materia prima

Específicos

1. Evaluar, estadísticamente, las variables de calidad actual de la planta de láminas
2. Evaluar que las láminas cumplan con las especificaciones de calidad propuestos por las normas nacionales COGUANOR y normas internacionales ASTM
3. Desarrollar fuentes de consultas que permitan el mejoramiento continuo del proceso de producción de láminas
4. Elaborar procedimientos de control de calidad para la planta de láminas
5. Evaluar y analizar el control estadístico actual del proceso de láminas en base a las propuestas del sistema de calidad
6. Describir las normas a utilizar en la producción de lámina galvanizada corrugada de acero, desde la materia prima, durante el proceso y del producto terminado

7. Implantar un método de orientación y aprendizaje para el departamento de control de calidad, mediante un plan específico de capacitación

INTRODUCCIÓN

La calidad en una planta de producción se empieza a controlar desde que obtenemos la materia prima, continuando con las diferentes fases del proceso, hasta obtener el producto terminado donde el consumidor final que es el cliente nos da la aprobación de que son productos de alta calidad y para lograrlo es necesario la implementación de un sistema de control de calidad para mejorar la competitividad de las empresas, por medio del control en el proceso de fabricación, como en la recepción de materia prima.

En la planta de láminas se elaboran productos con materia prima de acero laminados en frío; se tiene como objetivo principal corrugar láminas galvanizadas de acero para comercializarlas con sus diferentes longitudes.

Actualmente, la lámina galvanizada corrugada de acero por su resistencia y durabilidad al medio ambiente, la hace ideal para su uso en construcciones como: techos de bodegas, viviendas, galeras y utilizadas verticalmente para cubrir espacios vacíos en bodegas y terrenos, para ello, es necesario respaldar el producto que cumplan con las normas nacionales e internacionales.

Se pretende implementar un sistema de control de calidad para la lámina galvanizada corrugada de acero utilizando herramientas estadísticas para analizar el cumplimiento con especificaciones propuestas en normas internacionales, así como la evaluación del proceso para el control de calidad por medio de antecedentes de registros y, en base al análisis de resultados, proponer mejoras.

Se describirán en catálogos los defectos de materia prima y de proceso de producción como referencia para los inspectores de control de calidad, para poder identificarlos antes de que ingresen al proceso de fabricación y no puedan afectar en la sección de corte, en el proceso de galvanizado y en el corrugado. También, se elaborarán Guías y procedimientos de control de calidad como complemento en la mejora del control de todo el proceso de producción de lámina corrugada galvanizada de acero.

1. CONCEPTOS BASICOS

1.1. Antecedentes generales

Nos muestra una reseña histórica de la empresa, la estructura organizacional del departamento de control de calidad, así como sus funciones y descripción general de los puestos.

1.1.1. Descripción de la empresa

Aceros de Guatemala, S.A., se dedica a la fabricación de productos derivados del acero, principalmente para la construcción, a partir de materia prima nacional e importada. La empresa Aceros de Guatemala S.A. está conformada por cuatro plantas de producción:

- Planta de Galvanización de Lámina
- Planta de Laminación de Perfiles
- Planta de Laminación de Barras
- Planta de Alambre y Clavo

Se inicia en 1,963 la Corporación Aceros de Guatemala, con la primera empresa fundada para la producción de clavos. Rápidamente se amplía hacia otros productos de acero, como grapas, alambre espigado y varilla para construcción. En 1,971 con el objeto de hacer la producción más competitiva, la Corporación se amplía con una planta de galvanizado de alambre y lámina, así como dos hornos de arco eléctrico para la fabricación de lingote de acero.

En 1,979 la fábrica de laminación se duplica para producir varilla de construcción, lo que llevaría a la corporación a ocupar un lugar importante en el mercado. En 1,982 se amplía la red de distribución a mayoreo y detalle, hasta contar a la fecha con nueve distribuidoras.

Años más tarde, en 1,987 la corporación adquiere INTUPERSA, industria de tubos y perfiles. Buscando mayor eficiencia en la fabricación de los diferentes productos se crea SIDEGUA, siderúrgica de Guatemala, uno de los proyectos más importantes en la historia de la industria del acero en Centro América. Esta inicia operaciones en 1,994, llevando a cabo el proceso de fabricación de lingote de acero desde la recolección de chatarra y empleando los métodos más avanzados en tecnología y cuidado del medio ambiente. Es así como, al contar la corporación con su propia materia prima, es capaz de alcanzar una mayor productividad.

Con el fin de satisfacer los requerimientos de energía eléctrica, se inicia en 1,995 la construcción del centro de Energía Escuintla. Este no sólo garantiza el suministro de energía eléctrica a las empresas de la corporación, sino además vender al sistema nacional y al mercado de mayoreo. Contribuyendo así a proporcionar herramientas para que Guatemala y Centro América tengan la energía necesaria para aceptar los retos que el nuevo mundo globalizado plantea.

Igualmente en 1,995 la corporación adquiere INDETA, empresa dedicada a la fabricación de varilla de construcción, alambres, clavos y otros productos, basada en el creciente mercado de la construcción, el cual constituye uno de los de mayor crecimiento en la economía del país. La corporación Aceros de Guatemala ha desarrollado sus diferentes productos satisfaciendo parte importante del mercado de Guatemala y Centro América.

1.1.2. Departamento de control de calidad

Es el encargado de establecer y verificar las especificaciones de la lámina de acero para certificar la calidad del producto.

1.1.2.1. Funciones del departamento de control de calidad

- Controla la calidad de la materia prima, producto en proceso y producto terminado de los diversos sistemas productivos de la planta
- Evalúa y lleva un récord estadístico sobre los productos de materia prima e insumos adquiridos a los diversos proveedores
- Apoya a cada una de las plantas en el proceso para la mejora de la calidad de sus productos
- Realiza reportes con análisis estadísticos para cada producto que se fabrique
- Identifica constantemente las causas que originan los problemas de calidad y seguir procedimientos adecuados para su corrección o mejoramiento
- Crea y supervisa el uso adecuado de manuales de control de calidad

1.1.2.2. Estructura organizacional

El departamento de control de calidad está organizado de acuerdo a la interrelación de sus partes componentes y de sus posiciones, por lo que su estructura organizacional y funcional establece la especialización en actividades formales que indica la división de trabajo e identifica la relación dentro del departamento, así como la jerarquía existente. La sección de control de calidad cuenta con las siguientes divisiones de trabajo:

- Jefatura de control de calidad
- Asistencia de jefatura de control de calidad
- Digitalización de control de calidad
- Inspección de calidad de materia prima
- Inspección de calidad de producto en proceso
- Laboratorio físico químico

1.1.2.3. Descripción general de los puestos

Jefe de control de calidad

- Planifica, desarrolla y controla proyectos de mejoramiento de la calidad en las diferentes plantas
- Supervisa y apoya las actividades del personal del departamento
- Busca puntos de potencial para mejorar en las plantas la optimización de la productividad
- Analiza y avala reportes de calidad

- búsqueda del mejoramiento tecnológico del equipo e instrumentación de cada uno de los laboratorios
- Realiza las tareas administrativas propias del puesto

Asistente del jefe de control de calidad

- Asiste al jefe en las funciones del departamento de control de calidad
- Analiza los reportes de calidad
- Lleva el control de las necesidades de equipo y herramienta del personal de control de calidad
- Propone y elabora proyectos de los procesos de calidad
- Supervisa el desempeño del personal operativo

Digitador de control de calidad

- Procesa datos de los reportes diarios de todas las plantas
- Procesa datos estadísticos sobre productos y materia prima de todas las plantas de producción
- Elabora reportes mensuales de calidad de todas las plantas
- Controla inventario de insumos, útiles y papelería para el personal de todas las plantas
- Recibe y entrega correo del departamento de control de calidad

Inspector de control de calidad en materia prima

- Controla la calidad de la materia prima que se usa en cada proceso de producción
- Clasifica la materia prima de acuerdo a la norma de calidad establecida

- Garantiza la calidad de la materia prima antes de entrar al proceso
- Lleva un récord de los proveedores de materia prima, y un informe estadístico de la calidad de la misma

Inspector de control de calidad de producto en proceso y producto terminado

- Controla la calidad del producto durante el proceso
- Identificar e informar inmediatamente sobre cualquier falla que ocurra durante el proceso y que afecte la calidad del producto
- Establece inspecciones necesarias a lo largo del proceso
- Controla la calidad del producto terminado en el área de empaque
- Controla que la identificación de los productos esté correcta
- Garantiza el producto antes de ser despachado

Laboratorio físico químico

- Lleva a cabo todos los análisis de laboratorio necesarios, de procesos específicos
- Lleva a cabo el análisis y tratamiento del agua de caldera
- Controla el uso de los compuestos químicos en los procesos
- Determina la concentración ideal de compuestos químicos a usar en el proceso de Galvanización.

1.2. Marco conceptual

1.2.1. Proceso de galvanización

Es un proceso por medio del cual el hierro o el acero es cubierto por una capa de zinc, la cual protege al material de la corrosión producida por agentes ambientales. Las ventajas de los recubrimientos de zinc proporcionan una duración excepcional de los materiales, una resistencia mecánica elevada, una protección integral de las piezas (interior y exteriormente), facilidad de pintar y eliminar la necesidad de mantenimiento.

La duración de un recubrimiento de zinc en hierro o acero dependerá del grosor de la capa y el medio ambiente. La eficacia del recubrimiento está en relación directa con su espesor, siendo antieconómico aplicar un recubrimiento de bajo costo, cuyo espesor no sea suficiente para la duración que se precisa, en las condiciones particulares de exposición en determinado ambiente.

El recubrimiento, normalmente, se expresa en gramos de zinc por metro cuadrado de superficie del metal base o en onzas de zinc por pie cuadrado de superficie del metal base.

El método de galvanización comúnmente utilizado se conoce como: por inmersión en caliente. Un recubrimiento de zinc obtenido por galvanización en caliente protege la superficie de hierro o del acero con mucha más eficacia que una capa de pintura impermeable. Cuando se sumerge una pieza de hierro o de acero en un baño de zinc fundido, el recubrimiento se forma por reacción entre el zinc y el hierro, quedando perfectamente unido y aleado con el metal base.

En el proceso por inmersión en caliente se cubren las piezas de hierro o acero con una capa de zinc por medio de inmersión en un baño de zinc fundido a una temperatura ideal que puede ser de 450°C a 470°C. Una temperatura menor o mayor al rango anterior puede verse reflejada al final del proceso en el tamaño del grano de la capa de zinc.

Al extraer los materiales del baño de zinc, estas capas de aleación quedan cubiertas por una capa externa de zinc puro. El resultado es un recubrimiento de zinc unido metalúrgicamente al acero base mediante diferentes capas de aleaciones zinc-hierro.

Los recubrimientos obtenidos por inmersión en zinc fundido proporcionan tres tipos de protección al acero:

- Protección por efecto barrera: aísla el material del medio ambiente agresivo
- Protección catódica o de sacrificio: mientras exista recubrimiento de zinc sobre la superficie del acero, éste no sufrirá ataque corrosivo alguno
- Restauración de zonas desnudas: los productos de corrosión del zinc, que son insolubles, compactos y adherentes, taponan las pequeñas discontinuidades que pueden producirse en el recubrimiento por causa de la corrosión o por daños mecánicos (golpes, arañazos)

1.2.2. Control estadístico de la calidad

Comprende herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos. Los productos defectuosos son inevitables, en donde la causa de todos los problemas en proceso es la variación.

1.2.2.1. Gráficos de control

Su función es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto o de un proceso, con el propósito de distinguir en tal variable el comportamiento que presente debida a causas comunes o especiales.

Las variaciones por causas comunes son difíciles de identificar y eliminar por ser parte del sistema de: materia prima, métodos, procesos, formas organizativas. La variabilidad por causa común es predecible en el futuro inmediato, donde la calidad, la cantidad y los costos son predecibles.

Las variaciones por causas especiales, es causada por situaciones o circunstancias que no están presentes permanentemente en el sistema, por ejemplo una falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza en una máquina. Estas variaciones no son predecibles en el futuro inmediato, pero si pueden ser identificadas y eliminadas.

La línea central de una carta de control representa el promedio de la variable que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal que, cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores de la variable caigan dentro de los límites. Si todos están dentro de los límites se supone que el proceso está en control estadístico, si un punto está fuera de los límites de control, es señal de que el proceso está fuera de control.

La carta de medias (\bar{x}) analizará el comportamiento sobre el tiempo de la columna de medias, con lo cual se tendrá información sobre la tendencia central y sobre la variación entre las muestras.

Existe otra alternativa que sólo incluye la variabilidad dentro de muestras, y que consiste en estimar la desviación (σ) mediante la media de los rangos = R, de la siguiente manera:

$$\sigma = \chi/d_2,$$

Donde d_2 , es una constante para muestras de datos individuales. De esta manera, los límites de control para una carta de control de medias, en un estudio inicial, se obtendrán de la siguiente manera:

$$\text{Límite de control superior (L.C.S.)} = \bar{x} + A_2 \cdot R$$

$$\text{Línea central} = \bar{x}$$

$$\text{Límite de control inferior (L.C.I.)} = \bar{x} - A_2 \cdot R$$

$$\text{Donde } A_2 \cdot R = 3\sigma\bar{x} = 3(\sigma/\sqrt{n}) = 3(R/d_2 / \sqrt{n}) = (3 / d_2\sqrt{n})R.$$

1.2.2.2. Límites de control

Los límites de control en una carta \bar{x} sirven para estudiar la realidad o variabilidad del proceso, vista a través de las medias, y no sirven para ver si se cumple con las especificaciones deseadas. Por eso no se les debe confundir y mucho menos graficar las especificaciones en una carta \bar{x} . Para estudiar la capacidad del proceso se utilizan los índices de capacidad o un histograma de las características individuales.

En una carta de control \bar{x} se tienen tres tipos de límites:

- Los límites de control de la carta \bar{x} que reflejan la variabilidad del proceso, vista ésta a través de las medias de las muestras.
- Los límites de especificaciones, que representan el nivel deseado para la característica de calidad. Estos se definen en el diseño del producto o del proceso, y se establecen de acuerdo con criterios de calidad.
- Los límites naturales del proceso, que representan el desempeño actual del proceso. Son la variabilidad de las mediciones individuales y no el de las medias, como en el caso de los límites de control de la carta \bar{x} .

La comparación de los límites naturales con los de especificaciones permitirá saber si se está produciendo la calidad deseada. Los límites de una carta individual coinciden con los límites naturales del proceso, por lo que la capacidad puede ser investigada directamente con base en los límites de la carta de control.

1.2.2.3. Histograma

Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. El histograma permite tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. También podemos tomar decisiones no sólo con base a la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. Su uso facilita el rendimiento de la variabilidad y favorece el uso de los datos. Los pasos para construir un histograma son:

- Se determina el rango de datos, donde el rango es igual a la diferencia entre el dato máximo y el mínimo
- Se obtiene el número de clases (NC), donde existen varios criterios para determinar el número de clases. Sin embargo ninguno de ellos es exacto. Se recomienda obtener de cinco a quince clases, dependiendo de cómo están los datos y cuántos sean.
- Se establece la longitud de clase (LC), donde la longitud se establece de tal manera que el rango pueda ser cubierto en su totalidad por NC intervalos de igual magnitud. Así, una forma directa de obtener la LC es dividiendo el rango entre el número de clases.

- Los intervalos de clase resultan de dividir el rango (original o ampliado) en NC intervalos de longitud LC cada uno. El punto inicial para la primera clase puede ser el dato mínimo si no se amplió el rango, si se amplió el rango el punto inicial es un poco antes del mínimo. Para obtener la primera clase, se le suma al punto inicial la longitud de la segunda clase, se le suma al punto inicial la longitud de clase y así obtener el intervalo de la primera clase. Para obtener el de la segunda clase, se toma el final de la primera clase como punto inicial y se le suma la longitud de clase y así se sigue hasta completar todos los intervalos.
- Se obtiene la frecuencia de cada clase. Para obtener las frecuencias se cuentan los datos que caen en cada intervalo de clase. Cuando un dato coincide con el final de una clase, y principio de la siguiente, entonces tal dato se incluyen esta última.
- Se grafica el histograma y se hace una gráfica de barras en la que las bases sean los intervalos de clase y la altura sean las frecuencias de las clases

2. SITUACION ACTUAL

El departamento de control de calidad tiene como necesidad primordial en la planta de lámina corrugada galvanizada de acero, el llevar un mejor control que logre elaborar productos que cumplen con especificaciones de calidad para cada producto, para ello se debe realizar un estudio detallado de la situación actual de la planta; esto como medida que la empresa adopta para complementar la implementación del control de calidad en sus sistemas productivos y así ofrecer al mercado un producto de alta calidad.

Actualmente existe un nivel de control de calidad con poca información para el departamento de control de Calidad, en donde las verificaciones por parte de los inspectores de calidad son informales, por lo que no hay certeza de la aplicación de los lineamientos y formatos de control de calidad en la elaboración de un producto.

Por tal razón, se creará un Sistema de Control de Calidad en la planta de láminas. El control de calidad actual se realiza en la materia prima, en el proceso de fabricación: peso de recubrimiento de zinc y en las características físicas como: distancia entre canales superiores y profundidad de canal. Se necesita elaborar y a la vez formalizar guías, procedimientos para el control de calidad de todo el proceso de fabricación y catálogo de defectos de los productos para que los inspectores de calidad tengan una herramienta más y poder realizar mejor las tareas asignadas en el área de trabajo.

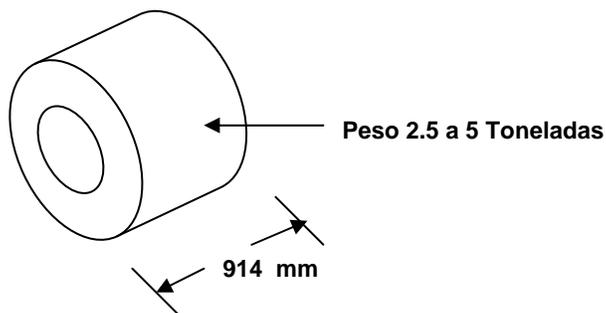
2.1. Materia prima

2.1.1. Descripción de la materia prima

Los rollos de lámina son importados de los países proveedores de materia prima que son: Venezuela y el Salvador. Vienen con especificaciones de 2.5 a 5 toneladas de peso y con ancho de 914 mm. (aproximadamente 36 pulgadas).

La materia prima utilizada para fabricar lámina corrugada galvanizada de acero es lámina laminada en frío, dura y de acabado rústico. Dicha materia prima si cumple con los requerimientos propuestos por la Norma ASTM A 653/A 653M que se refiere a los requisitos generales que debe cumplir la lámina galvanizada corrugada de acero, as la Norma ASTM A 526/A 526M se refiere principalmente a los requerimientos máximos de componentes químicos de los rollos laminados en frío utilizados en la elaboración de lámina corrugada de acero galvanizada y la Norma Japonesa JIS G3141 SPCC 1D (Cold reduced carbon Steel Sheets and Strip) que también se refiere a los componentes químicos de las láminas de acero.

Figura 1. Requerimientos de rollo de lámina de acero



Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

2.1.2. Descripción del control de materia prima

Se realiza una inspección informal por parte del inspector de calidad de materia prima, en donde toma datos de la bobina en un formato que servirá como guía desde que inicia hasta que finalice el proceso, dichos datos son: fecha, hora de inicio y finalización del proceso, proveedor, peso, cantidad de láminas y el código que utiliza control de calidad para darle trazabilidad (seguimiento) a los productos en caso de un reclamo.

No se cuenta con un control de calidad sistematizado, lo que conlleva a que se confíe en las características de calidad de ancho y espesor del proveedor.

Cuando se inicia el corte de la bobina en láminas, el inspector de calidad de materia prima toma muestras para verificar medidas de longitud, ancho y fuera de escuadra de la lámina (es la medida en escuadra que no está a 90° en uno de los extremos de la lámina). Si no cumple con las especificaciones notifica al operario que la lámina está fuera de escuadra y éste realiza los ajustes en la máquina. El número de muestreo por bobina que realiza el inspector de calidad de materia prima en el proceso de corte se determina como: mientras más láminas fuera de escuadra obtenga al inicio del proceso más continuo va a ser el muestreo.

En la cama de lanzamiento, antes de iniciar con el proceso de galvanización, el inspector de calidad de materia prima cada hora toma una muestra de lámina y corta un pie lineal para tomar las medidas de peso por pie lineal y espesor de materia prima. Dicha muestra la identifica con un corte en una de las orillas para tomar dos muestras de pie lineal de lámina galvanizada después de pasar por el proceso de galvanización.

2.1.3. Problemas por la falta de control en la materia prima

Al utilizar bobinas de rollos de lámina con daños en las orillas, provoca averías en el proceso y trae consecuencias como:

- Medidas de corte fuera de especificaciones
- Paros en la producción
- Desperdicio de materia prima
- Productos defectuosos
- Producción de baja calidad

2.2. Proceso de producción

Inicia en la sección de corte con el desembobinado de la lámina de acero para realizar corte programado por el departamento de control de calidad. El proceso continúa en la sección de galvanizado, donde la lámina es sometida a un proceso de limpieza para ser recubierta completamente de zinc en sus dos caras. Por último la lámina galvanizada llega a la sección de corrugación, donde es sometida a un proceso para deformación de canales longitudinalmente iguales.

2.2.1. Descripción de los productos

La lámina corrugada (acanalada) galvanizada se utiliza principalmente en construcciones de bodegas, viviendas, etc. Se produce diferentes calibres y medidas, lo cual se clasifica como lámina legítima o milimétrica. Las especificaciones promedio de los productos se describen en la siguiente tabla:

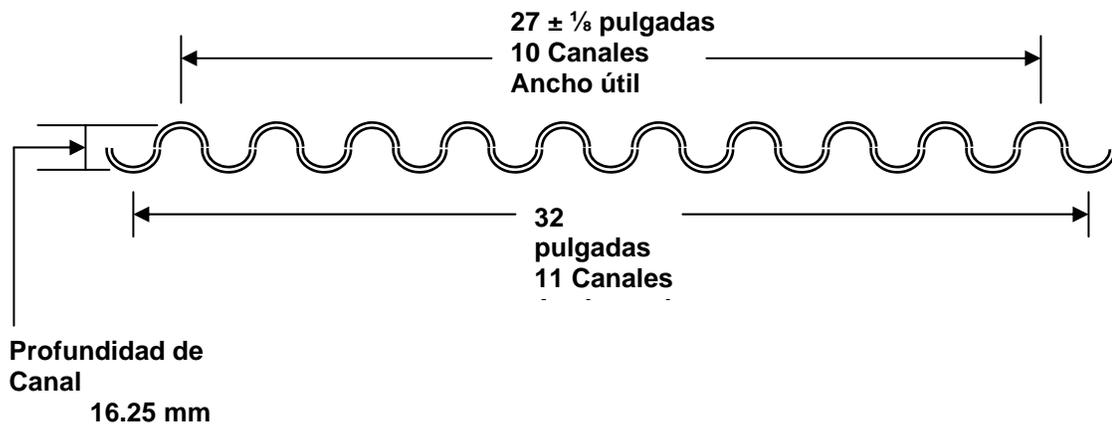
Tabla I. Especificaciones promedio de rollos de lámina (calibres)

	Materia Prima	Galvanizada	Materia Prima
Nombre Comercial	Espesor (mm)	Espesor (mm)	Ancho (plg)
28 milimetrica	0.21	0.23	36.063
P-600	0.315	0.33	36.063
26	0.385	0.40	36.063

Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala S.A.

Las longitudes en las que se presenta la lámina corrugada galvanizada son de 6, 7, 8, 9, 10 y 12 pies. El ancho real es de 32 pulgadas y el ancho útil de 27 pulgadas. La profundidad del canal de lámina es de un promedio aproximado de 16.25 milímetros.

Figura 2. Esquema de especificaciones promedio de lámina corrugada galvanizada



Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

2.2.2. Diagrama de flujo del proceso

El proceso de producción de lámina corrugada galvanizada de acero se inicia con el traslado de los rollos empacados desde la bodega de materia prima hacia el área de desempaque en donde se cortan los flejes que sostienen el empaque de la bobina, luego la bobina es trasladada hacia la máquina desembobinadora para su colocación y preparación.

Para la producción de láminas galvanizadas corrugadas de acero el proceso de fabricación se divide en tres secciones:

- a) Sección de corte**
- b) Sección de galvanizado**
- c) Sección de corrugación**

a) Sección de corte:

1. Inicia el proceso ingresando la lámina por la cizalla
2. Corta el producto a una longitud programada por el departamento de control de calidad
3. Llega la lámina cortada al área de inspección y colocación en fardo de láminas
4. Se transporta el fardo de láminas hacia la cama de lanzamiento

b) Sección de galvanizado:

1. Llega el fardo de láminas a la cama de lanzamiento
2. Ingresan las láminas a la línea de galvanización una por una, hacia los siguientes tanques de limpieza
3. Tanque de baño de desengrase: remueve la suciedad, así como la grasa que contiene la lámina
4. Tanque de enjuague con agua fría: quita el desengrase a la lámina
5. Dos tanques con ácido clorhídrico: remueve la impregnación de óxido en la lámina
6. Tanque con agua caliente: quita el óxido removido de la lámina
7. Se transporta la lámina por una banda hacia el proceso de calentamiento de lámina, a un horno con temperatura de 450°C a 470°C.
8. Tanque con flux: la lámina adquiere más adherencia al zinc
9. Tanque con baño en zinc: recubre completa con zinc la lámina en sus dos caras
10. Tanque con agua fría: normaliza la temperatura de la lámina salida del horno
11. Tanque con ácido crómico: el ácido funciona como sellador a la lámina con zinc
12. Se transporta por una banda las láminas para secado con aire de ventilador
13. Llegan las láminas al área de inspección y colocación en fardo las láminas
14. Se le coloca el sello de marca manualmente a la lámina
15. Se transporta fardo de láminas hacia máquina corrugadora

c) Sección de corrugación:

1. Se coloca lámina en cama de corrugadora
2. Una por una se ingresa al proceso de corrugación
3. Se inspeccionan y colocan en fardo las láminas
4. Se transporta las láminas hacia Bodega de Producto Terminado
5. Almacenaje de producto terminado.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
EMPRESA: AGSA	ANALISTA: Henry González
PLANTA: Láminas	INICIO: Bodega Materia Prima
METODO: Actual	FINALIZA: Bodega de Producto Terminado
HOJA: 1 de 3	FECHA: Agosto 2,005

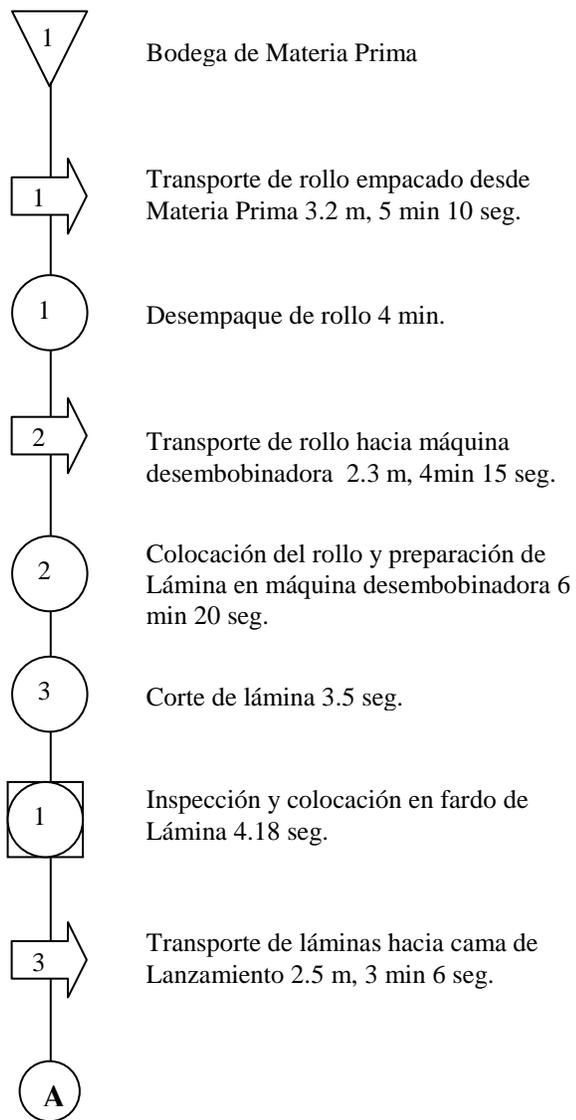


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

EMPRESA: AGSA
PLANTA: Láminas
METODO: Actual
HOJA: 2 de 3

ANALISTA: Henry González
INICIO: Bodega Materia Prima
FINALIZA: Bodega de Producto Terminado
FECHA: Agosto 2,005

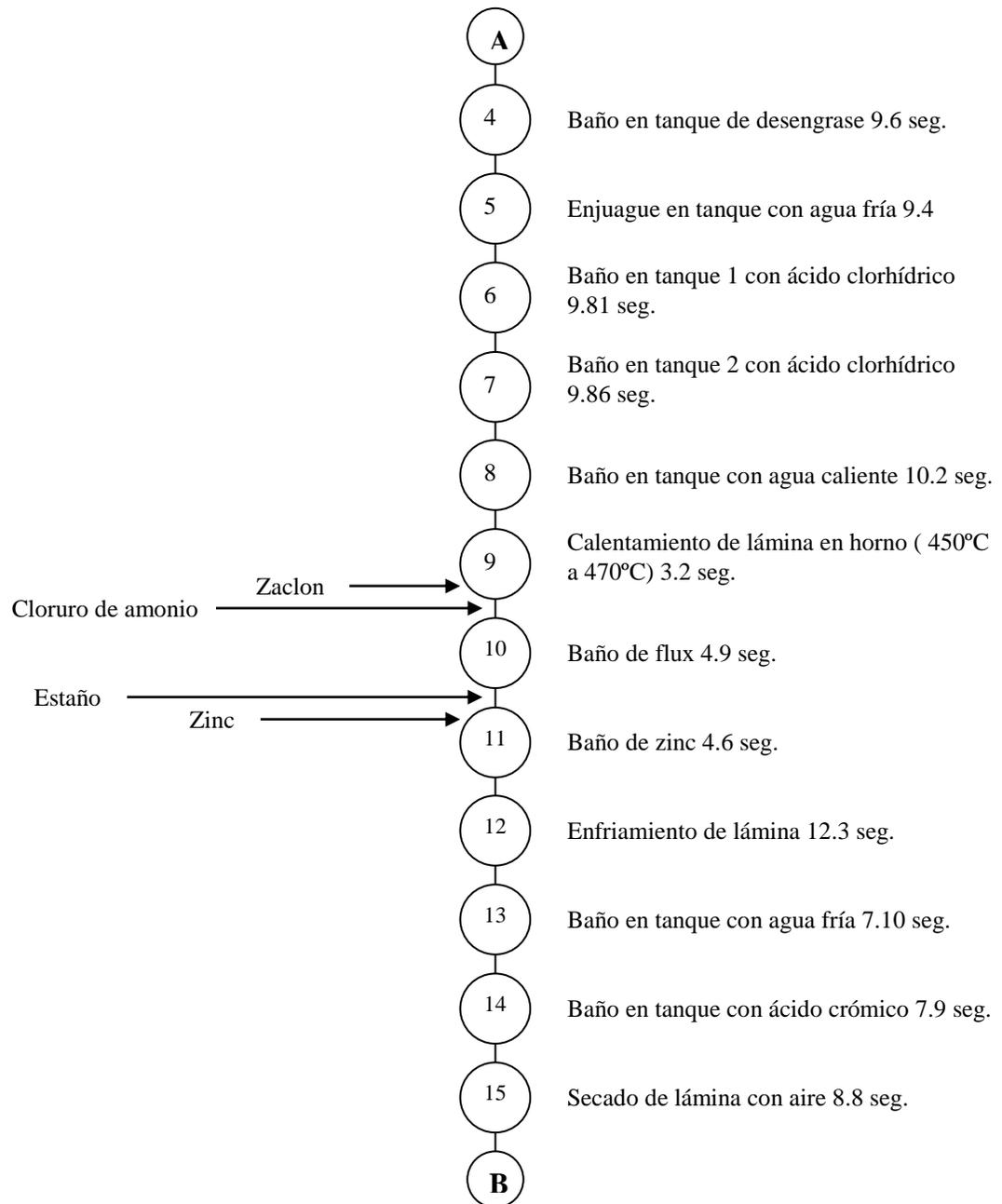
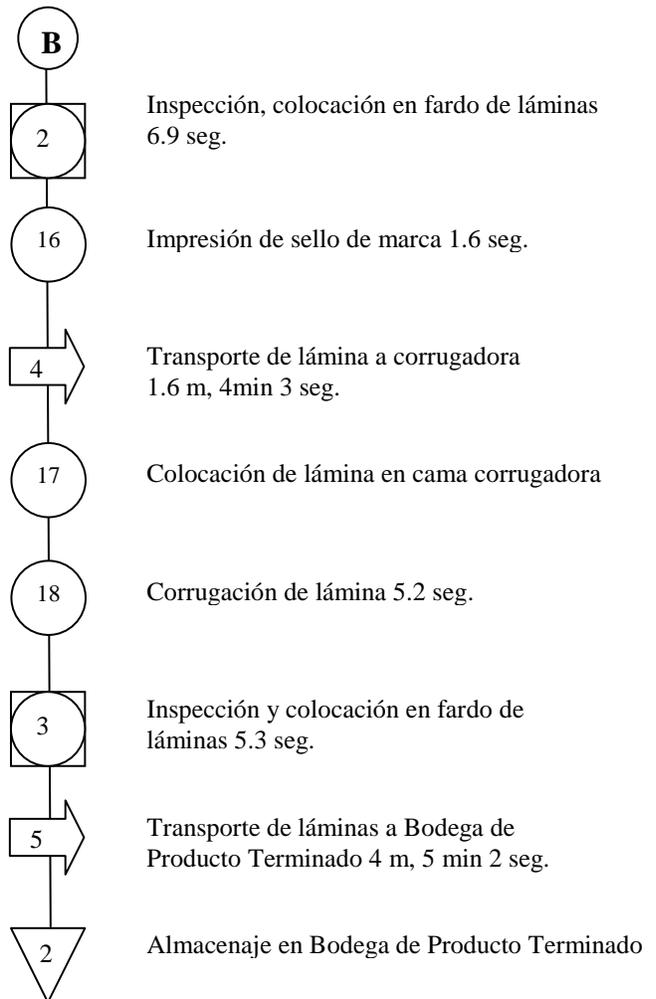


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

EMPRESA: AGSA
PLANTA: Láminas
METODO: Actual
HOJA: 3 de 3

ANALISTA: Henry González
INICIO: Bodega Materia Prima
FINALIZA: Bodega de Producto Terminado
FECHA: Agosto 2,005



RESUMEN

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Min)	DISTANCIA (Mts)
	18	19.77	----
	3	1.64	----
	5	22.35	13.60
	2	----	----
TOTAL	28	43.76	13.60

2.2.3. Descripción de control del proceso y producto terminado

El control de calidad en el proceso que realiza el inspector de calidad de proceso, así como el encargado del laboratorio físico-químico de control de calidad, lo realizan de una manera superficial.

Para el control de la concentración en los tanques de desengrase, ácido clorhídrico y ácido crómico, el encargado del laboratorio físico-químico de control de calidad toma muestras de las soluciones en tubos de ensayo tres veces al día, para luego analizarlas y determinar las concentraciones de los químicos.

Después de determinar los niveles de concentración, los resultados se transmiten a los inspectores de calidad de la planta, se verifica que las concentraciones estén dentro de los rangos especificados, si no se debe recargar el químico en los tanques.

En la cama de enfriamiento por aire de ventilador, después del proceso de galvanizado, el inspector de calidad de materia prima toma muestra de lámina previamente identificada, corta dos muestras de un pie lineal cada una. Las pesa y calcula promedio del peso por pie lineal galvanizado en gramos por pie lineal, luego corta dos probetas redondas de 6 cm de diámetro, a las cuales se les hace pruebas de adherencia de zinc e impacto.

Se envía al laboratorio físico-químico de control de calidad tres probetas, siempre de 6 cm de diámetro, en donde el encargado de laboratorio físico-químico realiza el decapado y calcula el peso de recubrimiento de zinc. Primero toma el peso de la probeta galvanizada, luego la somete a un decapado con ácido clorhídrico para obtener el peso después de quitar la capa de zinc. Por medio de la fórmula para calcular el peso de recubrimiento de zinc para lámina galvanizada indicada en la norma ASTM A 90/A 90M, la información del peso de recubrimiento de zinc es anotado en una pizarra en la planta, en donde los operarios observan el comportamiento del recubrimiento de zinc en el proceso de galvanización.

En el proceso de corrugación de lámina, el inspector de calidad de proceso hace un control visual, en donde verifica que la lámina corrugada no se encuentre fuera de escuadra, con los canales rectos longitudinalmente y que el número de canales sea el correcto. Si en algún caso no cumple, notifica a los operarios de la corrugadora para realizar ajuste a la máquina y corregir el problema.

2.2.4. Análisis de la calidad actual

Se evaluará el proceso de producción, calculando los límites de control del proceso para las características de recubrimiento de zinc, distancia entre canales superiores y profundidad de los canales de las láminas; así como la capacidad del proceso, evaluado por medio de histogramas para ver si se cumple con las especificaciones de los productos.

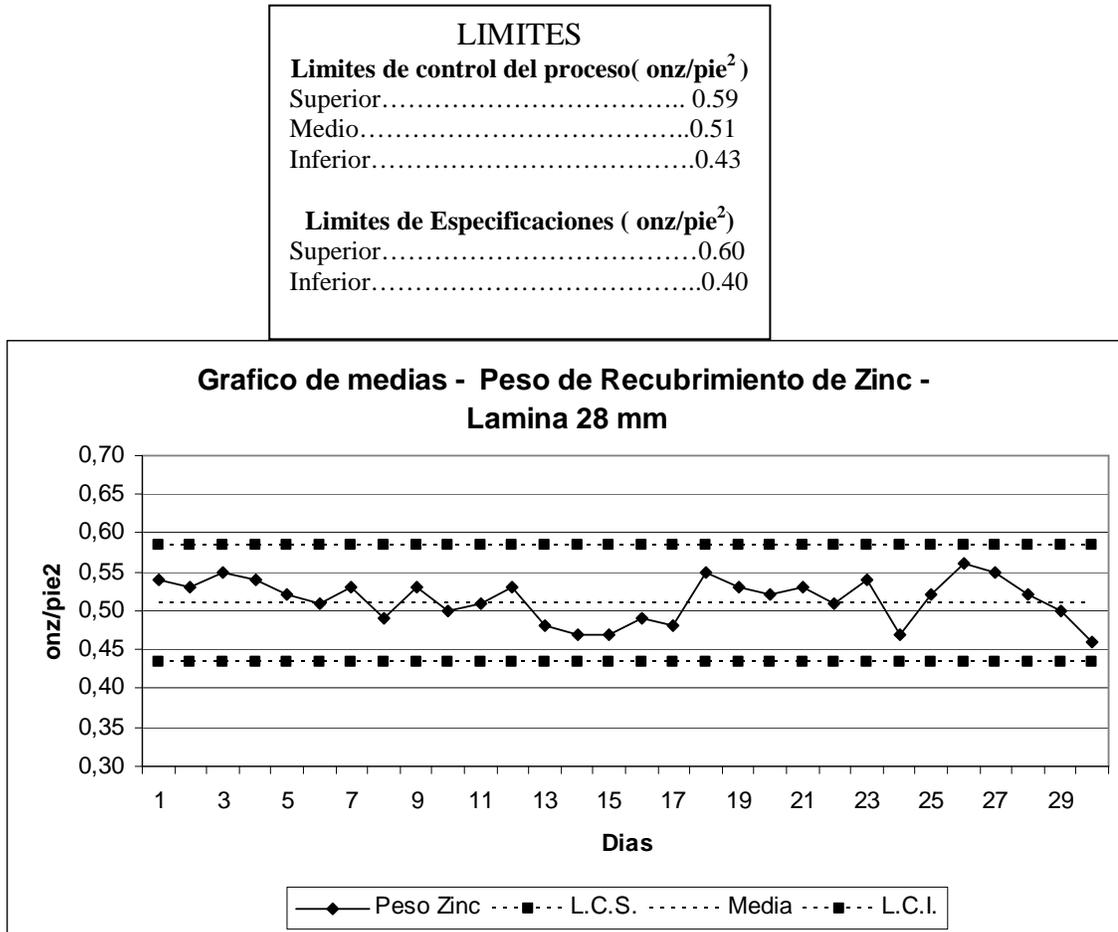
En el análisis se utilizará carta de control de medias, ya que cada medición de las características de calidad la realizaremos con ellas para luego obtenerla gráficamente.

Los límites naturales del proceso y los de las especificaciones se graficarán sobre el histograma de cada característica de calidad para observar el comportamiento del proceso actual. En la comparación del proceso con los límites de especificaciones se toman las características de calidad requeridas por las normas A.S.T.M.

Para el siguiente análisis del proceso actual de lámina corrugada galvanizada de acero se obtuvieron datos promedio provenientes de los registros de calidad de la producción del 2 de mayo de 2,005 al 10 de Junio de 2,005 con materia prima venezolana.

2.2.4.1. Análisis por medio de gráfico de control

Figura 4. Análisis de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, longitud 12'

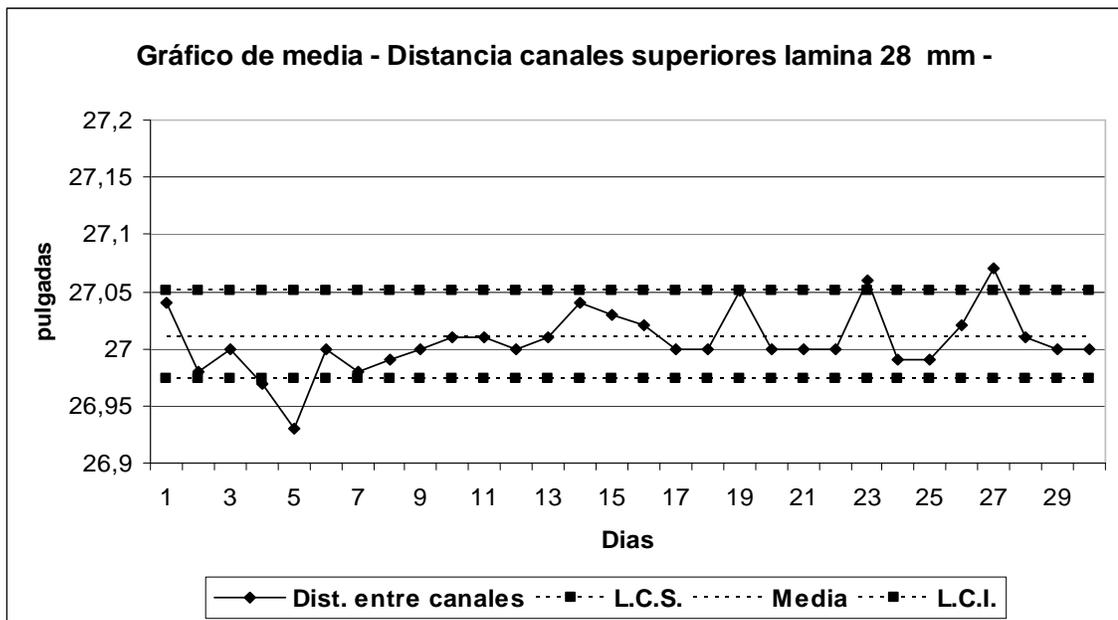


Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

La carta de control de medias del peso de recubrimiento de zinc para la producción de mayo-junio de 2,005, se encuentra bajo control estadístico. Sin embargo, los cambios dados al principio desde la muestra de los días 1 al 12 nos indica que hubo variación con los días 13 al 17, 24 y 30, donde se ve una causa especial en el proceso por estar muy cerca del límite inferior como se observa en el gráfico.

Figura 5. Análisis de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'

LIMITES	
Limites de control del proceso (pulgadas)	
Superior.....	27.04
Medio.....	27.01
Inferior.....	26.97
Limites de Especificaciones (plg.)	
Superior.....	27.13
Inferior.....	26.88

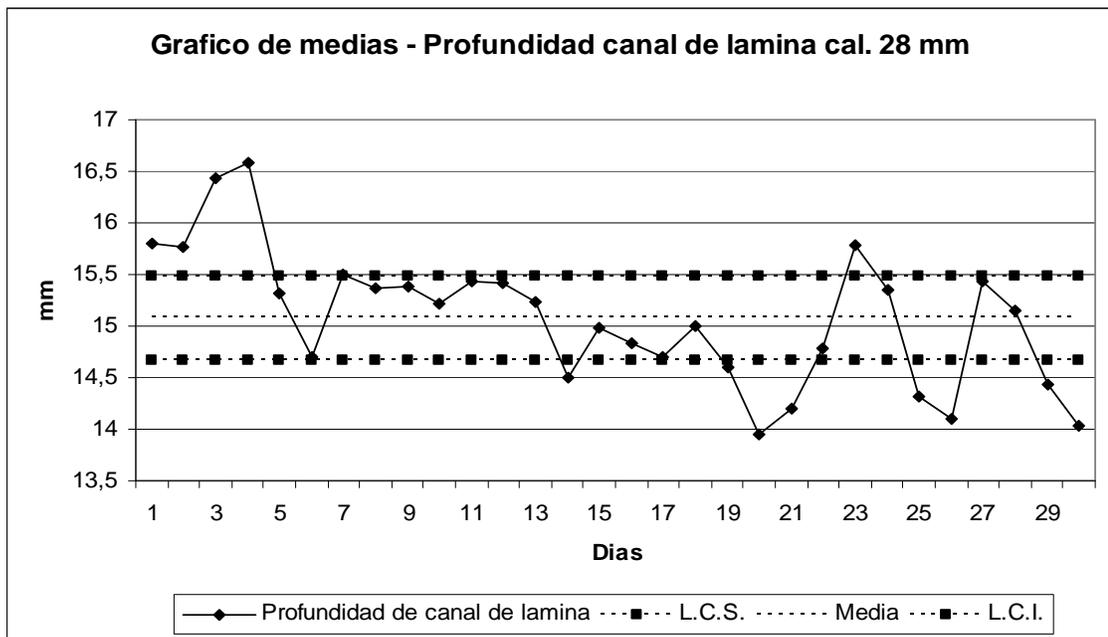


Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

La carta de control de medias de la distancia entre canales superiores, para la producción de láminas corrugadas galvanizadas de acero de mayo-junio de 2,005, no se encuentra bajo control estadístico. Se puede observar que las muestras desde el día 3 al 5 tienen un salto brusco por debajo del límite inferior, así como las muestras 23 y 27 tienen causas que provocan un salto brusco por encima del límite superior, lo que nos indica investigar de inmediato las causas para confirmar alguna anomalía y corregir el problema.

Figura 6. Análisis de profundidad de canal de lámina 28 mm, longitud 12'

LIMITES	
Limites de control del proceso (mm)	
Superior.....	15.48
Medio.....	15.08
Inferior.....	14.67
Limites de Especificaciones (mm)	
Superior.....	17.00
Inferior.....	15.50



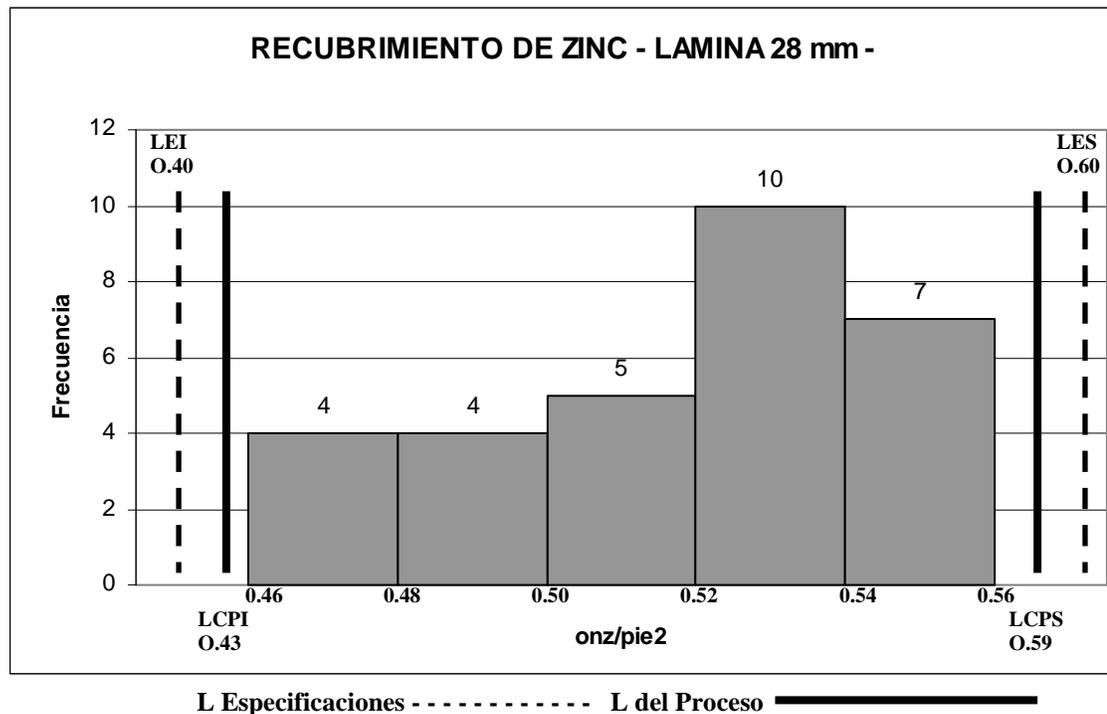
Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

La carta de control de medias para la profundidad de canal, de la producción de mayo-junio 2,005 de láminas corrugadas galvanizadas de acero, no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad de medias debido a que varias muestras están sobre el límite superior e inferior, además se observan saltos bruscos entre muestras, lo cual nos indica investigar la causa por el cual existe variabilidad en las medias. En el proceso la característica de profundidad de canal no se mantuvo bajo control estadístico, ya que la muestra 1 a la 4 y 23 estuvieron sobre el límite superior, las muestras 7 y 27 sobre del límite superior y las muestras 13, 19, 20, 21, 25, 26, 29 y 30 por debajo del límite inferior.

En general, los saltos bruscos en los gráficos de control de medias, debe ser identificada y a la vez vigilada porque son causas que provocan inestabilidad en el proceso. En la figura 5 y 6 de los gráficos de medias se puede observar que la variabilidad en las medias es bastante grande, esto se puede deber a que las medias en el proceso le este perjudicando la calidad en las características, ya que el comportamiento del proceso no cumple con las especificaciones de la lámina.

2.2.4.2 Análisis por medio de histogramas

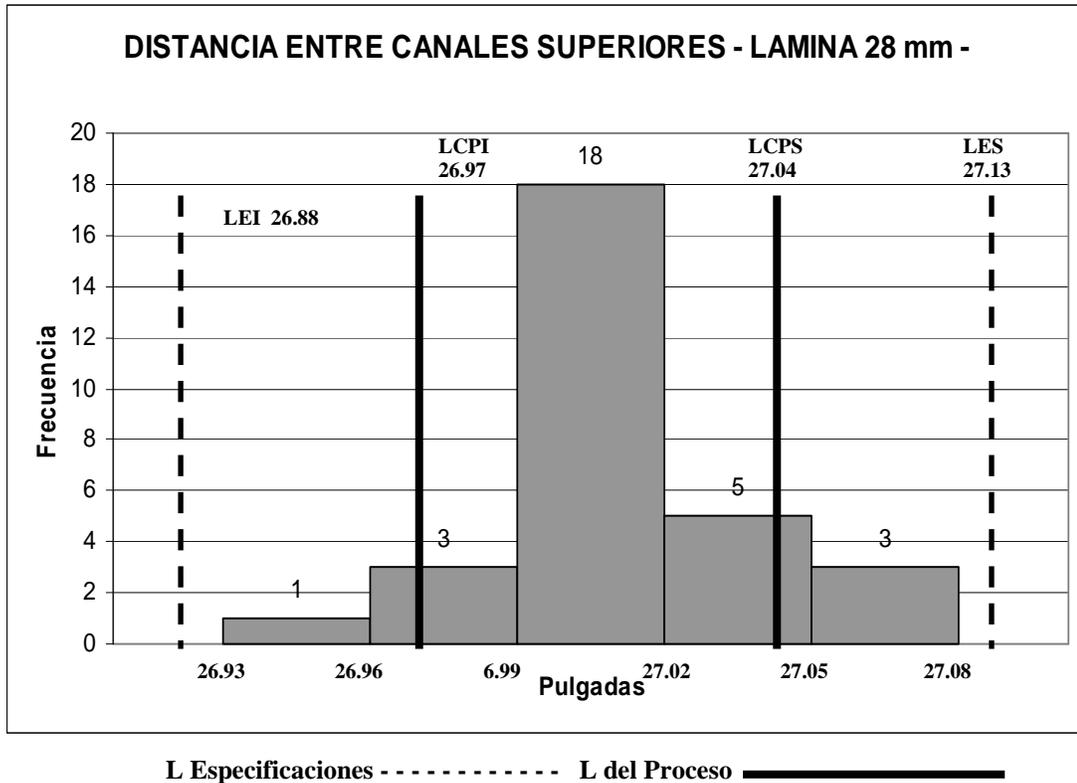
Figura 7. Histograma de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, longitud 12'



Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 7, se observa que el proceso de recubrimiento de zinc para lámina 28 mm de 12' tiene la capacidad para cumplir con las especificaciones debido a que los límites del proceso se encuentran dentro de los límites de especificación. El proceso se encuentra orientado hacia la derecha y se puede observar en el rango de 0.52 a 0.54 onz/pie². Las láminas galvanizadas corrugadas de acero obtienen una buena capa de recubrimiento de zinc, lo que es favorable para el cliente.

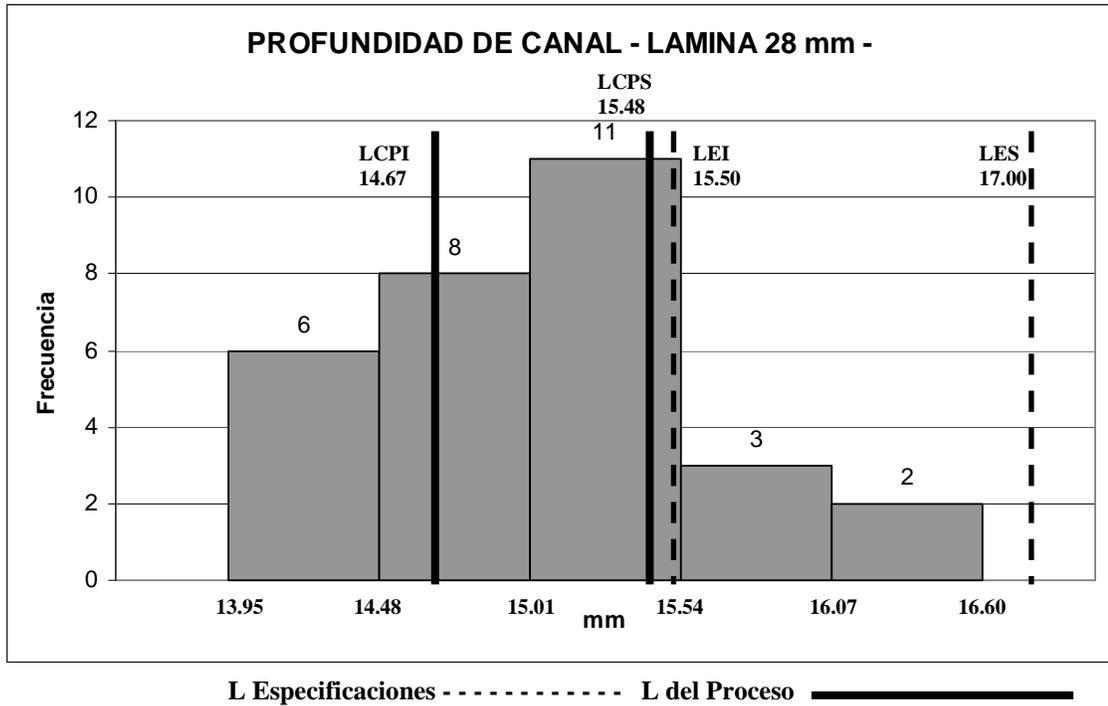
Figura 8. Histograma de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'



Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 8, se observa que el proceso tiene la capacidad para cumplir con las especificaciones, sin embargo está fuera de los límites de proceso, lo cual nos indica que se está elaborando un mínimo porcentaje de láminas corrugadas galvanizadas de acero con más distancia entre sus canales, lo que es necesario investigar las causas que provocan las variaciones para estar dentro de los límites del proceso.

Figura 9. Histograma de profundidad de canal de lámina 28 mm, 12'



Fuente: Departamento de control de calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 9, se observa que el proceso está completamente tendido hacia la izquierda, lo cual indica que se están elaborando láminas con menos profundidad de canal en referencia al límite inferior de especificación de 15.50 mm, lo cual se debe detectar el problema y verificar las causas que provocan las variaciones en el proceso. Sin embargo si se superponen los límites del proceso sobre los límites de especificaciones, se nota que sí podría cumplir con las especificaciones debido a que la variabilidad del proceso es menor al ancho de las especificaciones.

2.3. Condiciones físicas de la planta de láminas

El edificio de la planta de producción es de segunda categoría, ya que predomina el acero estructural combinado con blocks de cemento, de una forma rectangular alargada, de un solo nivel, todo ello lo hace un edificio adecuado para el proceso de lámina galvanizada corrugada de acero. El edificio cuenta con dos puente-grúas con capacidades de 5 y 12.5 toneladas respectivamente. También cuenta con una oficina exclusiva para el jefe de la planta ubicada en un módulo de dos niveles con computadora en red y línea telefónica para estar en comunicación con los demás departamentos de la empresa.

El piso del edificio es de estilo rústico, de concreto armado sin pulir y es donde se reciben altas cargas por el manejo de materia prima, también cuenta con módulos de mantenimiento y control de calidad.

En seguridad e higiene, el edificio tiene identificadas las áreas de cableado de energía eléctrica y tuberías de agua, de gas, combustible, aguas negras, así como las áreas donde se debe utilizar protección para prevenir accidentes. Entre el equipo de protección disponible se tiene: caretas p/soldadura eléctrica, cascos, guantes, mascarillas, lentes y protectores auditivos. Para la higiene de todo el personal involucrado en el proceso de producción después del turno, toman un baño para quitarse la suciedad y los gases tóxicos que el ambiente impregna al cuerpo.

En iluminación en jornada vespertina se utilizan fuentes naturales, y en jornada nocturna se utiliza fuentes artificiales, ya que en jornada vespertina se aprovecha el diseño del techo con láminas claras para luz artificial. En ventilación se logra una mayor cantidad de extracción de calor por medio de la renovación natural del aire, los ventanales del edificio logran una máxima ventilación, debido a que hay varios accesos al edificio y fluye un flujo masivo de aire porque las paredes del edificio no llegan hasta la parte del techo, lo que facilita a que el flujo sea mayor.

El agua potable en la planta es utilizada para el proceso de producción, ya que el agua caliente y fría utilizado en los tanques para remover los químicos de ácido es con retorno, lo que significa que se envía el agua a las torres de enfriamiento para volver a temperatura normal, en el caso de agua caliente, éste va a dar a un depósito para ser utilizado nuevamente.

El desperdicio de lámina que se da en el proceso de producción, no se da por perdido, ya que durante el proceso es recolectado para luego ser enviado a otra planta, donde va a ser transformado nuevamente en Materia Prima.

3. DISEÑO DEL SISTEMA

3.1. Descripción general

El control de calidad es un conjunto de métodos y actividades de carácter operativo, que se utilizan para satisfacer el cumplimiento de los requerimientos de calidad que se han establecido.

El control de calidad es aplicar los métodos de trabajo o procedimientos para hacer, verificar y corregir los requerimientos de calidad del producto.

El aseguramiento de calidad nos da la orientación para prevenir y detectar problemas de fuera de escuadra y desajustes de maquinaria que afectan la calidad, dándonos así una protección temprana contra dichos problemas.

Se diseñará el sistema de control de calidad en el manejo de materia prima y proceso productivo, en donde se verificarán los requerimientos de los componentes químicos de la materia prima, los puntos de control, la implementación de recursos económicos, físicos y humanos a utilizar, la elección de la muestra, los formatos y procedimientos para la recolección y análisis de la información.

El objetivo primordial para elaborar lámina galvanizada corrugada de acero es diseñar el sistema de control de la calidad que lleve el control y cumpla con las especificaciones desde el ingreso de materia prima hasta el control de las especificaciones de las características del producto final. Dicho sistema se fundamenta en los requerimientos de calidad propuesto por la norma ASTM, específicamente la ASTM A 525/ A 525M.

3.2. Metas para mejoramiento de calidad

Son elementos que sirven de base para cumplir con las especificaciones de la lámina galvanizada corrugada de acero y así obtener un producto de calidad pueda satisfacer al cliente en el mercado.

3.2.1. Política de mejora en calidad

Para cumplir con la satisfacción del cliente, es primordial suministrar productos de la más alta calidad, a través de la aplicación de los requerimientos de calidad, basado en la norma ASTM A 526/A 526M (Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanizad) by the Hop-Dip Process, Comercial Quality).

Para obtener la mejora continua, así como detectar los problemas durante el proceso de producción es necesario que el departamento de control de calidad tenga apoyo de los niveles administrativos de la organización, como el departamento de producción, y poder con ello, aplicar herramientas de métodos estadísticos de control de calidad para evaluar el cumplimiento de las especificaciones del producto.

3.2.2. Objetivos de mejora en calidad

- Sistematizar el ingreso de materia prima a la planta para evitar problemas en el proceso productivo y producto final
- Suministrar productos de buena calidad para alcanzar la satisfacción del cliente

- Garantizar que el producto cumpla con las especificaciones, basadas en la norma internacional ASTM A 525/A525 M
- Mantener bajo control estadístico el proceso de elaboración de láminas corrugadas galvanizadas de acero
- Proponer métodos para el departamento de control de calidad que garanticen la calidad de la lámina galvanizada corrugada de acero
- Proponer herramientas que ayuden a evaluar las características de la lámina para analizar las variaciones en el proceso productivo

3.4. Normas aplicables al producto

Los productos fabricados con estándares internacionales permiten garantizar la calidad en los procesos y en el producto terminado ajustándose a las necesidades de los clientes.

Los estándares internacionales se deben ajustar a los fabricantes para cumplir con los requisitos de calidad, con las tolerancias de los productos para llevar un estricto control de calidad en la producción, asegurando así una mínima variación en el producto.

Las normas internacionales más aceptadas comercialmente en la fabricación de productos de acero son la ASTM (American Society for Testing Materials), Sociedad Americana de Pruebas en Materiales, así como las normas Japonesas JIS (Japanese Industrial Society), Sociedad Japonesa Industrial. Sin embargo, Guatemala cuenta con medidas de calidad en las normas COGUANOR, en el apartado 36 para la Siderurgia, que corresponde los numerales NGO 36012 y NGO 36013. Dichos numerales contienen parámetros de calidad específicos para láminas, en donde la información más detallada de las especificaciones está complementada en las normas internacionales ASTM.

La materia prima (lámina de acero) para el proceso de fabricación de lámina galvanizada corrugada de acero, cumple con los requerimientos de los componentes químicos propuestos en la norma ASTM A 526/A 526M (Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (galvanizad) by the Hop-Dip Process, Comercial Quality). Para las especificaciones de la lámina corrugada galvanizada de acero se aplica la norma ASTM A 525/A 525M (Standard Specification for General Requerements for steel sheet, zinc-coated (Galvanizad) by the Hop-Dip Process), siendo estas las especificaciones para los requerimientos generales para lámina de acero galvanizada por proceso de inmersión en caliente.

A continuación se presentan los valores promedio y tolerancias para láminas de acero de calidad comercial en las siguientes características: espesores de materia prima, ancho de lámina, fuera de escuadra, longitud de láminas y peso de recubrimiento de zinc.

Tabla II. Tolerancias permitidas en materia prima de láminas

Lamina calibre (nombre comercial)	(mm) Espesor	pulgadas Ancho	pulgadas Fuera de Escuadra
28 mm	0.08	3/16	1/16
P-600	0.08	3/16	1/16
26	0.08	3/16	1/16

Fuente: Norma ASTM A 525/A 525M

Tabla III. Tolerancias permitidas en longitudes de láminas

Longitudes de laminas	pulgadas
12 pies	1
10 pies	$\frac{3}{4}$
9 pies	$\frac{3}{4}$
8 pies	$\frac{1}{2}$
7 pies	$\frac{1}{2}$
6 pies	$\frac{1}{2}$

Fuente: Norma ASTM A 525/A 525M

Tabla IV. Especificaciones permitidas en peso de recubrimiento de zinc

Lámina calibre (nombre comercial)	Galvanizado tomando ambas caras (onzas/pie2)	
	Mínimo	Máximo
28 mm	0.40	0.60
P-600	0.40	0.60
26	0.40	0.60

Fuente: Norma ASTM A 525/A 525M

3.5. Control de calidad de la materia prima

El inspector de calidad en este punto del proceso debe ser responsable para la evaluación de las características de la materia prima, así como en el muestreo de las láminas después del corte, para que las verificaciones de medidas en la lámina vayan de acuerdo a las especificaciones y con ello reducir paros en maquinaria, productos defectuosos y así alcanzar un producto de alta calidad.

Un punto de control importante está en las características físicas de la materia prima, por lo que se efectuará una evaluación visual y a la vez reportar al departamento de control de calidad registros de las especificaciones de ancho y espesor de la materia prima para el proceso de fabricación.

Para identificar los posibles defectos en las bobinas de lámina se presenta un catálogo con una breve descripción de los defectos más comunes que servirá como medida de calidad para rechazar o aceptar para la producción, dependiendo de la magnitud del defecto.

3.5.1. Funciones del inspector de control de materia prima

- Controlar la calidad de la materia prima que se usa en el proceso de producción por medio de una inspección a las bobinas al momento de ser descargados en la bodega de materia prima
- Clasificar y apartar la materia prima que no cumpla con las características físicas necesarias, para que no ingresen al proceso productivo

- Identificar el agrupamiento de láminas como producto no conforme cuando lo indique el inspector de calidad de proceso
- Auxiliar al inspector de calidad de proceso.

3.5.2. Catálogo de defectos en materia prima

Los defectos de materia prima se refieren a aquellos detectados en la lámina desenrollada y dependiendo de la intensidad del defecto, éstos pueden no llegar a corregirse durante el proceso de galvanización. Algunos de los defectos más comunes encontrados tenemos:

Dobleces

- Dobleces en las esquinas: éstos se encuentran en las puntas de los rollos, ya sea al principio o al final
- Dobleces en las orillas: se deben al manejo inadecuado de los rollos de materia prima, ya sea en el lugar de origen, durante el embarque y desembarque o dentro de la planta

En este tipo de defecto, el inspector de materia prima después de identificarlo decide si la magnitud del defecto en el caso de los dobleces en las orillas es continuo o muy doblado, da la indicación al operario de la sección de corte antes de iniciar con el proceso para colocar la bobina en forma vertical y no horizontalmente, esto porque el rollo no encaja en la máquina desembobinadora.

Las láminas con dobleces demasiados marcados y continuos ocasionan los siguientes problemas:

- Paros en el proceso, debido a que la lámina no continúa con el proceso por los rodillos que se encuentran en los tanques de químicos, así como el rodillo que ingresa al horno para el baño de zinc.
- La producción sería clasificada como defectuosa.

Golpes y Rupturas en las Orillas

Se deben principalmente al manejo inadecuado del rollo con maquinaria pesada (montacargas, grúas), ya sea durante el embarque, transporte o almacenaje.

Este tipo de defecto se identifica cuando se le retira el embalaje a la bobina, se presenta cuando el inspector realiza una verificación visual del rollo. Dependiendo de la magnitud del defecto el inspector de calidad de materia prima indica al operario encargado de la sección de corte que el desenrollado debe hacerse en forma vertical y las láminas con demasiada ruptura en la orilla debe ser rechazada después del corte para no afectar el proceso de fabricación.

Problemas que ocasiona en el proceso de producción:

- Paros del proceso debido a que la lámina no continúa con el proceso por los rodillos que dan a los tanques de químicos, así como el rodillo que guía la lámina hacia el horno
- Paros en máquina de corrugación

- Producción clasificada como defectuosa
- Provoca accidentes de heridas graves en los operarios

Manchas de Oxido

Se deben a los agentes ambientales que afectan la lámina durante el tiempo que permanece almacenada como materia prima o durante el transporte desde su origen hasta su destino final; se presenta el defecto como corrosión en la lámina.

Para este tipo de defecto en la bobina, el inspector de materia prima lo identifica y lo notifica al inspector de proceso. Para que pueda continuar el proceso verifica que las temperaturas sean las adecuadas en los tanques con desengrase, ácido clorhídrico y ácido crómico, así como las concentraciones para poder remover el óxido.

Problemas en el proceso de producción:

- Manchas de óxido en producto terminado
- Recubrimiento de zinc con defecto en lámina

Ondulación en las Orillas

La ondulación continua en las orillas es un defecto incorregible en la materia prima; esto provoca otro tipo de problemas como fuera de escuadra y longitud de lámina en el proceso de corte con cizalla.

En este tipo de defecto, el inspector de materia prima lo identifica e indica al operario de la sección de corte que la bobina debe ser desenrollada verticalmente y notifica al inspector de proceso para que la inspección en el proceso de galvanización sea minuciosa, ya que los rodillos de los tanques y del horno provocan paros en el proceso.

Como es un defecto incorregible se debe aumentar el número de muestreo después del corte de la lámina para verificación de medidas.

Problemas en el proceso de producción:

- Lámina fuera de escuadra, por desajuste de máquina cortadora
- Paros, por no continuar en el proceso la lámina por los rodillos
- Accidentes de heridas graves a los operarios

Oxidación

La oxidación en la lámina se debe a la exposición de ésta al medio ambiente; se presenta en forma de manchas en el producto terminado, en donde ni la limpieza química puede eliminar.

Como es un defecto que no va a ser removido con la limpieza de químicos, el inspector de materia prima identifica la lámina desde que inicia el proceso en la sección de corte hasta que llega como producto terminado, luego va a ser clasificada como defectuosa. Es importante el control de las concentraciones de los químicos (ácido clorhídrico, ácido crómico), así como las temperaturas a que están los tanques de limpieza para poder minimizar el óxido en la lámina.

Problemas en el proceso de producción:

- Recubrimiento de zinc con defecto en lámina

3.5.3. Formatos para el control de materia prima

- Control de rollos ingresados a la planta
- Control de láminas cortadas
- Control de muestreo pie lineal

3.5.4. Guías para el llenado de los formatos

- Guía para el llenado del control de rollos ingresados a la planta
- Guía para el llenado del control de láminas cortadas
- Guía para el llenado del control de muestreo pie lineal

3.5.5. Procedimientos para el control de materia prima

- Procedimiento para recepción de bobinas que ingresan a la planta
- Procedimiento obtención de muestras de materia prima
- Procedimiento envío de muestras a Sidegua

3.6. Control de calidad del proceso

3.6.1. Funciones del inspector de control de proceso

- Controlar la calidad del producto durante todo el proceso productivo
- Tomar muestras cada hora de lámina para evaluar el cumplimiento con las especificaciones propuestas
- Identificar e informar inmediatamente al jefe de turno de la planta cualquier variación en el proceso detectado por las muestras tomadas
- Identificar el producto que no cumpla con las características físicas de calidad o no cumplan con las especificaciones para catalogarlo como producto no conforme
- Controlar los paros en la planta, especialmente los que son por cambios de calibres o por ajustes en maquinaria y rodillos

- Llenar correctamente todos los formatos asignados a su cargo
- Auxiliar al inspector de calidad de materia prima

3.6.2. Catálogo de defectos en el proceso

Los defectos por proceso son aquellos provocados dentro de la planta por operaciones inadecuadas en la sección de corte, durante el proceso de galvanización y en la sección de corrugación.

Algunos de los defectos por proceso encontrados comúnmente son:

Lámina fuera de escuadra

Se origina en el corte de materia prima debido a un mal ajuste de los topes de la cizalla.

Es un defecto común y continuo en la sección de corte, el inspector de calidad de materia prima identifica el defecto al momento de rectificar las medidas de ancho, largo por medio de la toma de muestras al inicio de cada operación. Este defecto se debe al desajuste de la máquina de corte en los topes de la cizalla, lo cual se debe ajustar para corregir el problema.

Problemas en el proceso de producción:

- Lámina fuera de escuadra, por desajuste en máquina de corte
- La longitud de la lámina no es igual en producto terminado
- Paros, por no continuar en el proceso la lámina por los rodillos
- Corrugación defectuosa en lámina

Láminas traslapadas

Son aquellas que se pegan una encima de otra durante el proceso de galvanización, debido a que los operarios ingresan dos láminas pegadas o seguidas a la línea de galvanización.

Es un defecto en la lámina que es identificado por el inspector de calidad de proceso, debido a que por estar dos láminas unidas una encima de la otra, no continúa en el proceso la lámina por los rodillos de los tanques de limpieza y del horno, el inspector de control de proceso debe sacar las láminas del proceso y separarlas para llevarlas a la cama de lanzamiento y que vuelva a empezar el proceso de galvanización.

Problemas en el proceso de producción:

- Paros, por no continuar la lámina en el proceso por los rodillos
- Galvanización de lámina defectuosa

Dobleces en las puntas

Estos ocurren durante el proceso de galvanización en los rodillos de los tanques de limpieza o por inmersión de la lámina en el tanque de flux o de zinc.

Es un defecto que se da en el proceso de galvanización, desde que inicia en la cama de lanzamiento cuando ingresa al primer tanque con desengrase, la lámina topa en la orillas de los rodillos ya sea de los tanques de limpieza como el que se encuentra en el horno, esto se da por incorrecta posición de las guías que llevan la lámina de tanque en tanque.

Problemas en el proceso de producción:

- Paros, por no continuar la lámina en el proceso por los rodillos
- Producto clasificado como defectuoso

Lámina blanca y opaca

Se debe a períodos de sobrecalentamiento del horno.

Este defecto en la lámina se da cuando el horno está escaso o le falta agregarle los componentes químicos como el cloruro de amonio, el zaclon, el estaño o las barras de zinc, y es cuando tiende a subir la temperatura unos grados más de lo normal lo que provoca una lámina blanca por falta de zinc y una opaca por falta de brillo que da el estaño.

Problemas en el proceso de producción:

- Lámina clasificada como defectuosa

Manchas de ácido crómico

Se producen en la lámina cuando ésta permanece más tiempo en el tanque de ácido crómico debido a un paro en la línea de galvanización; se presenta con una coloración azul.

El defecto se da por un paro en el proceso y la lámina que se encuentra en la pileta de ácido crómico tiende a mancharse por el exceso de concentración que recibe en ese momento, por lo tanto la mancha va a ser más visible si el problema que originó el paro no es resuelto de rápidamente.

Problemas en el proceso de producción:

- Lámina clasificada como defectuosa

Manchas blancas de cloruro de amonio

Se produce en la lámina durante el baño de zinc cuando los operarios lanzan cloruro de amonio a los rodillos y éste se impregna en la lámina que está ingresando al mismo tiempo.

El defecto en la lámina se da cuando es lanzado por los operarios el cloruro de amonio a los rodillos que se encuentran en el horno para galvanizado y es cuando una buena parte de cloruro cae al rodillo y se impregna a la lámina ocasionando una mancha blanca, el inspector de proceso identifica la lámina y la clasifica como defectuosa.

Problemas en el proceso de producción:

- Lámina clasificada como defectuosa

Lámina fuera de rango de distancia entre canales superiores e inferiores

Este problema se le atribuye al espesor de la materia cuando es más delgado de lo especificado, pero el defecto se produce en el proceso de corrugación, cuando la profundidad de los canales se encuentra por debajo de los rangos de especificación.

El defecto lo identifica el inspector de proceso al momento de realizar las verificaciones de número de canales, ancho y profundidad de canal en el producto terminado, el defecto se debe al calibre de la materia prima, en donde entre más delgada sea la lámina mayor es el efecto en el proceso de corrugación de expandirse la distancia del canal, por lo que la profundidad del canal se hace menor al rango de especificación.

Problemas en el proceso de producción:

- Corrugación defectuosa en lámina
- Lámina clasificada como defectuosa

Canales cruzados

Se deben a una mala calibración de la corrugadora, que provoca que los canales no se formen en línea recta con respecto a la sección longitudinal de la lámina.

El inspector de calidad de proceso en el momento de la corrugación de lámina realiza una inspección visual y verifica las características como ancho, longitud de lámina, es en ese momento identifica los canales cruzados, el cual se debe a los operarios que ingresan la lámina a la corrugadora no lo hacen simultáneamente, así como el ingreso de láminas a corrugar una encima de otra provocando los canales cruzados, también se da por la mala calibración de las ranuras de la corrugadora.

Problemas en el proceso de producción:

- Corrugación defectuosa en lámina

3.6.3. Puntos de control en el proceso

El primer punto de control debe realizarse con una inspección visual al momento que ingresa la materia prima en bodega de la planta de lámina, en donde el inspector de calidad de materia prima identifica las bobinas con defectos para luego llenar correctamente la información de los formatos diseñados para ello.

Un punto de control importante es en la sección de corte cuando se realiza el muestreo, debido a que el problema más común y frecuente en la sección es que la lámina da fuera de escuadra, esto porque los topes de la cizalla se desajustan y por ello se debe parar el proceso para corregir el problema, luego se reinicia la operación para tomar otras muestras y confirmar las medidas correctas. El control en este punto va ser al azar sistemáticamente debido a que al inicio de la operación se tomarán dos muestras de las primeras cinco, y dependiendo del número de defectos se aumentan o disminuyen la toma de muestras, para ello el inspector de calidad de materia prima debe llenar los formatos diseñados para ello.

Otro punto de control es en las temperaturas de los tanques de limpieza y del horno, así como las concentraciones del ácido clorhídrico, crómico y el ingreso del cloruro de amonio, zaclon, barras de zinc y barras de estaño al horno para el recubrimiento de zinc, ya que de ello depende a que la lámina sea de primera, para ello el inspector de calidad de proceso realiza el control de calidad en promedio de una hora y llena los formatos diseñados para ello.

El último punto de control es cuando las láminas se corrugan para darle el acabado final, ahí es donde el inspector de proceso toma muestras en promedio de una hora para verificar el ancho real superior e inferior de los canales, así como la profundidad del canal, también identifica los defectos por corrugación y llena los formatos diseñados para ello.

3.6.4. Descripción de las variables de calidad

Las variables de calidad elegidas para ser analizadas a través de cartas de control e histogramas son:

- Para láminas galvanizadas corrugadas de acero las variables de calidad son: el peso de recubrimiento de zinc, la distancia entre canales superiores y profundidad de canal.

3.6.5. Toma de muestras en el proceso

Las muestras se tomarán con la frecuencia suficiente para detectar los problemas que se desea identificar. Para determinar las variaciones significativas de la materia prima producidas por la sección de corte se llevarán registros de fuera de escuadra, ancho y longitud para diferenciar los tipos de defectos que se presenten durante el proceso.

La principal causa por la cual las láminas sufren cambios en sus dimensiones es por problemas en el desajuste de la cizalla en la sección de corte, por ello el producto final varía respecto a sus medidas y no cumple con las especificaciones asignadas al producto.

Al inicio del proceso en la sección de corte las muestras se tomarán en una forma de azar sistemáticamente, en donde el inspector de calidad aumentará o disminuirá el número de muestras luego de verificar las dimensiones de corte de la materia prima hasta cumplir con las especificaciones del producto.

Durante el proceso de galvanización se realizará el muestreo por parte del inspector de calidad de materia prima en un promedio de una hora, antes del galvanizado con un pie lineal y después del galvanizado de la lámina con dos pie lineal, así como chequear temperaturas, presiones y recarga de tanques de limpieza. El analista de laboratorio físico-químico chequea tres veces al día concentraciones de los tanques de limpieza. Para la sección de corrugación de lámina el inspector de calidad de proceso deberá verificar las dimensiones como producto terminado de las láminas cumpliendo con la norma de especificaciones del producto, este procedimiento lo debe controlar cada 5 minutos para su clasificación por defectos y por categoría de calidad de la lámina, esto debido a que es ahí donde se encuentra el producto terminado.

3.6.6. Formatos para control del proceso

- Control de especificaciones de lámina
- Control de presiones y temperaturas
- Control de producto no conforme
- Control de prueba de limpieza química de lámina
- Control de peso de recubrimiento de zinc
- Control de pesos por pie lineal galvanizado
- Control de paros en producción
- Control de reporte general en producción
- Control de aplicación de estaño

- Control de cambio de turno

Guías para el llenado de los formatos

- Guía para el llenado de control de especificaciones de lámina
- Guía para el llenado de control de presiones y temperaturas
- Guía para el llenado de control de producto no conforme
- Guía para el llenado de control de prueba de limpieza
- Guía para el llenado de control de peso de recubrimiento de zinc
- Guía para el llenado de control de pesos por pie lineal galvanizado
- Guía para el llenado de control de paros en producción
- Guía para el llenado de control de reporte general de producción
- Guía para el llenado de control de aplicación de de estaño
- Guía para el llenado de control de cambio de turno

3.6.7. Procedimientos para el control del proceso

- Procedimiento obtención de muestras en el proceso de galvanización
- Procedimiento obtención de muestras en el proceso de corrugación
- Procedimiento para identificar producto defectuoso
- Procedimiento para realizar prueba de limpieza
- Procedimiento para aplicación de estaño
- Procedimiento para recargar tanques de limpieza
- Procedimiento para toma de temperaturas en tanques de limpieza

3.6.8. Análisis de la información

Es un método que se utilizará en la implementación del sistema de control de calidad para determinar los problemas que afectan al proceso de fabricación de la lámina galvanizada corrugada de acero, así como encontrar las posibles mejoras, utilizando herramientas estadísticas para su análisis.

3.6.8.1. Gráficos de control

Se analizará la información recolectada en cartas de control para muestras individuales, ya que se tomará una muestra cada hora y se graficará en la carta de control. Como los límites de control de proceso pertenecen a muestras individuales, los límites naturales del proceso son los mismos, por lo que se pueden graficar los límites de especificaciones sobre la carta de control para visualizar el comportamiento de las muestras sobre estos límites simultáneamente.

3.6.8.2. Histogramas

Se utilizarán histogramas para mostrar gráficamente el comportamiento del proceso, la variación entre muestras y evaluar el cumplimiento de las especificaciones de las características de calidad. El histograma representa la tendencia que tienen los datos, esto es, si el proceso se encuentra centrado respecto a la media o hacia que lado se encuentra la mayoría de los datos.

Sobre el histograma se graficarán los límites de especificaciones y los límites de control. Si los límites de control del proceso caen dentro de los límites de especificaciones, se concluirá que el proceso cumple con las especificaciones requeridas. Del mismo modo, se podrá observar las amplitudes de las características de calidad y compararlas con los anchos de las especificaciones para determinar si el proceso cumple o puede cumplir con las especificaciones.

3.7. Recurso del sistema

Son elementos básicos para poder llevar a cabo la implementación del sistema de control de calidad en la planta de lámina galvanizada corrugada de acero.

3.7.1. Humanos

La planta de producción de láminas trabaja a dos turnos de 12 horas para que la producción sea continua, donde solamente se detiene en feriados o en etapas de mantenimiento general de la planta.

Las actividades que deben realizarse para el control de la calidad se dividen en dos grupos para cada turno; un grupo se refiere al control de la materia prima y el otro al control del proceso. Por lo tanto, se necesitan dos inspectores por cada turno: un inspector de calidad de materia prima y un inspector de calidad de proceso.

Para efectos de implementación, la política de la empresa indica que debe iniciarse el sistema de control de calidad con el turno diurno para que, después de pasado un tiempo, se evalúe su efectividad y se autorice la implementación para el turno nocturno. Por lo tanto, se necesitan dos personas para iniciar la implementación del sistema de control de calidad en la planta de láminas, que trabajarán en el turno diurno.

La jornada de trabajo será diurna, cumpliendo con lo que estipula la ley del país. Se trabajarán 9 horas diarias de lunes a jueves, el día viernes 8 horas, para completar las 44 horas semanales que le corresponde al turno. Para complementar las 12 horas diarias que corresponden al turno de trabajo, se pagarán 3 horas extras de lunes a jueves y 4 horas extras el día viernes. Si la planta de producción trabaja sábados y domingos por tener demanda, estos días serán pagados como horas extras, sin exceder de 12 horas de trabajo por día.

Funciones del inspector de materia prima

- Controlar la calidad de la materia prima que se usa en el proceso de producción por medio de una inspección a las bobinas al momento de ser descargados en la bodega de materia prima
- Tomar muestras de láminas después del corte, para evaluar el cumplimiento con las especificaciones propuestas
- Clasificar y apartar la materia prima que no cumpla con las características físicas necesarias, para que no ingresen al proceso productivo
- Identificar el agrupamiento de láminas como producto no conforme cuando lo indique el inspector de calidad de proceso

- Llenar todos los formatos asignados a su cargo
- Auxiliar al inspector de calidad de proceso

Funciones del inspector de proceso

- Controlar la calidad del producto durante todo el proceso productivo
- Tomar muestras cada hora del producto para evaluar el cumplimiento con las especificaciones propuestas
- Llevar un registro de los defectos que trae la materia prima
- Llevar un control continuo de las temperaturas de las piletas con químicos, agua y del horno
- Identificar e informar inmediatamente al jefe de turno de la planta cualquier variación en el proceso detectado por las muestras tomadas
- Identificar el producto que no cumpla con las características físicas de calidad o no cumplan con las especificaciones para catalogarlo como producto no conforme
- Controlar los paros en la planta, especialmente los que son por cambios de calibres o por ajustes en maquinaria y rodillos
- Llenar todos los formatos asignados a su cargo
- Auxiliar al inspector de materia prima

3.7.2. Físicos

La planta de láminas tiene asignado un local para el departamento de control de calidad, que será utilizado como laboratorio de control de calidad para ubicar a los inspectores de calidad y así puedan estar cerca del proceso productivo.

Entre el equipo necesario a utilizar se encuentran: escuadra de metal, metro, mesa de trabajo (de metal), micrómetro, tijera de un pie para cortar lámina, balanza digital, martillo, vernier, termómetro láser, troquel para probetas, impactómetro, plancha de acero, casco, lentes, protectores auditivos, guantes de cuero grandes, bancos, ventilador.

Entre los suministros necesarios se encuentran: calculadora, regla graduada, tijera para cortar papel, marcadores fluorescentes, marcadores permanentes, masking tape, tablillas, engrapadora, formatos impresos, lapiceros, pizarrón, marcadores para pizarrón, borrador para pizarrón, sacabocado, hojas de 80 gramos.

3.7.3. Económicos

Recurso humano

- Inspector de calidad de materia prima Q.49.00 por día ordinario
- Inspector de calidad de proceso Q.55.00 por día ordinario
- Inspector de calidad de materia prima Q.8.17 por hora extra
- Inspector de calidad de proceso Q.9.17 por hora extra

Suponiendo una producción continua, se pagarán 5 días ordinarios más 16 horas extras de lunes a viernes, más 24 horas extras de sábado y domingo, siendo en total 40 horas extras.

Recurso físico

- Inversión única

Vernier, metro, reglas graduadas, escuadra de metal, tijeras, pizarrón, borrador para pizarrón, tablillas, engrapadora, sacabocado, martillo, ventilador, bancos, troquel para probetas, impactómetro, termómetro láser, plancha de acero, micrómetro, mesa de trabajo (de metal), balanza digital, cascos.

- Inversión mensual

Marcadores, lapiceros, masking tape, guantes de cuero, lentes, protectores auditivos, grapas, formatos impresos, hojas de 80 gramos.

La empresa mantiene en existencia la mayoría de los recursos requeridos, debido a que estos son utilizados en las demás plantas y en el área administrativa. Por lo tanto, estos costos serán fijados por el departamento que corresponde, ya que el volumen de compra es grande y se obtienen precios favorables para la empresa.

3.8. Asignación de responsabilidades

El departamento de control de calidad es el responsable de velar porque el trabajo de los inspectores de calidad sea lo más confiable posible. Los inspectores de calidad deben responder al departamento de control de calidad sobre los aspectos relacionados a su trabajo.

El departamento de control de calidad tiene la obligación de solucionar problemas que se presenten al personal de planta, además debe brindar todo el apoyo necesario a los inspectores de calidad para que éstos se sientan seguros al realizar su trabajo. Todo conflicto que se genere por realizar su trabajo, los inspectores deben comunicarlo inmediatamente al departamento de control de calidad.

Los inspectores de calidad se hacen responsables de toda la información que coloquen en los formatos que llevan diariamente, donde deben anotar sus nombres y luego firmarlos. El único formato que deben los inspectores de calidad presentar en su jornada de trabajo y que corresponde a otras personas la responsabilidad de decidir si el producto sale o no a la venta es el informe de producto no conforme.

4. PRUEBA PILOTO DEL SISTEMA

4.1. Especificaciones del producto

Tabla V. Especificaciones planta de láminas

ESPECIFICACIONES DE LAMINA CORRUGADA GALVANIZADA DE ACERO									
Lamina calibre (nombre comercial)	Espesor materia prima (lamina sin galvanizar)	Espesor con Galvanizado	Ancho real de lamina	Distancia útil de lamina entre canales		Profundidad del canal		Galvanizado tomando ambas caras (onzas/pie ²)	
	(mm)	(mm)	(mm)	Minimo (plg)	Maximo (plg)	Minimo (mm)	Maximo (mm)	Minimo	Maximo
28 mm	0.20	0.23	904	26.875	27.125	15.3	17.0	0.40	0.60
P-600	0.30	0.33	904	26.875	27.125	15.3	17.0	0.40	0.60
26	0.38	0.40	904	26.875	27.125	15.3	17.0	0.40	0.60

TOLERANCIAS DE MATERIA PRIMA				TOLERANCIAS EN LONGITUDES DE LAMINAS	
Lamina calibre (nombre comercial)	(mm) Espesor	(plg) Ancho	(plg) Fuera de Escuadra	Longitudes de laminas	(plg)
28 mm	0.08	3/16	1/16	12 pies	1
P-600	0.08	3/16	1/16	10 pies	3/4
26	0.08	3/16	1/16	9 pies	3/4
				8 pies	1/2
				7 pies	1/2
				6 pies	1/2

Fuente: Norma ASTM A 525/A 525 M

4.2. Recepción de materia prima

Nos muestra los formatos que utilizará el inspector de calidad de materia prima en la implementación del sistema de control de calidad, así como las guías de llenado y procedimientos del puesto de trabajo.

4.2.1. Elaboración de formatos de control de calidad de materia prima

Para el inspector de calidad de materia prima se utilizará un sistema de control de calidad permanente en formatos, sus guías para el llenado y procedimientos, esto es el resultado de una serie de pruebas que se efectuaron durante la implementación, quedando de la siguiente manera (los formatos se presentan en el apéndice):

Guías de llenado de formatos:

Guía para control de rollos ingresados a la planta

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando.
2. **Línea:** Marcar la casilla correspondiente a la línea de producción que se va a trabajar.
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno.
4. **No.:** Colocar el número de correlativo de registros durante el turno.
5. **Cliente:** Corresponde a quién va enviada la materia prima.
6. **Espesor:** Se coloca el dato del grosor de lámina en milímetros.
7. **Ancho:** Se coloca el dato del ancho de la lámina en pulgadas.
8. **No. empaque:** Se coloca el dato del número que identifica a la bobina desde su origen, que está ubicado en el embalaje del rollo.

9. **No. rollo:** Se coloca el número que identificará al rollo de lámina en todo el proceso, que está ubicado en el embalaje del rollo.
10. **Calibre:** Se coloca el dato del calibre a trabajar, que está ubicado en el embalaje del rollo.
11. **País de origen:** Se coloca el nombre del país que envía el rollo, que está ubicado en el embalaje del rollo.
12. **Inspector de calidad:** Debe colocarse el nombre y firma del inspector de materia prima que tomó los datos del turno.

Guía para láminas cortadas

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando.
2. **Línea:** Marcar la casilla correspondiente a la línea de producción que se va a trabajar.
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que se cortan las láminas.
4. **No. rollo:** Se coloca el número que identifica al rollo de lámina en todo el proceso.
5. **Calibre:** Se coloca el dato del calibre que se está trabajando.
6. **Fecha de corte:** Se coloca la fecha del día que se realiza el corte de las láminas.
7. **Hora de corte:** Se coloca la hora en que se empieza a cortar las láminas.
8. **Hora de ingreso a galvanizado:** Se coloca la hora en que empieza el proceso de galvanización de las láminas.
9. **Cantidad de láminas:** Se coloca el dato de la cantidad de láminas cortadas a la bobina.
10. **País de origen:** Se coloca el nombre del país que envía el rollo.
11. **Inspector de calidad:** Debe colocarse el nombre y firma del inspector de materia prima que tomó los datos del turno.

Guía para Muestreo pie lineal

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando.
2. **Línea:** Marcar la casilla correspondiente a la línea de producción que se está trabajando.
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que ingresarán las láminas al proceso de galvanización.
4. **No. rollo:** Se coloca el número que identifica al rollo de lámina en todo el proceso.
5. **Calibre:** Se coloca el dato del calibre que se está trabajando.
6. **Espesor:** Se colocan cuatro datos del espesor en milímetros de la muestra de pie lineal que se tomó.
7. **Espesor promedio:** Se coloca el dato promediado de los datos anteriormente anotados.
8. **Ancho:** Se coloca el dato del ancho de la lámina en pulgadas de la que se tomó muestra.
9. **Longitud:** Se coloca el dato de la longitud en pies de la lámina que se tomó muestra.
10. **Peso lineal:** Se coloca el dato del peso de la muestra de pie lineal en gramos pie lineal.
11. **País de origen:** Se coloca el nombre del país que envía el rollo.
12. **Promedio peso:** Se coloca el dato del peso promediado con los datos del peso de cada rollo anteriormente anotados.
13. **Inspector de calidad:** Debe colocarse el nombre y firma del inspector de materia prima que tomó los datos en el turno.

Procedimientos:

Procedimiento para recepción de bobinas a la planta

1. El inspector de control de materia prima debe dirigirse hacia las bobinas
2. obtener la información necesaria de la bobina en las etiquetas
3. Tomar el espesor de la lámina en milímetros con micrómetro
4. Tomar el ancho de la lámina en pulgadas con el metro
5. Llenar el formato de control de rollos ingresados a planta (FMP-L101) en el momento en que se tengan los datos y no dejarlo para el final del turno.
6. Este proceso se realizará para cada bobina durante todo el turno antes de ingresar al proceso de producción.

Procedimiento para obtención de muestras

1. El inspector de calidad debe estar presente cada vez que se inicie la operación de corte de una nueva bobina
2. Debe estar preparado con los formatos (FMP – L101, L102 Y L103) en su tablilla para tomar los datos correspondientes
3. Una vez iniciado el corte debe tomar una lámina de muestra de las primeras cinco (5) cortadas de la bobina
4. Debe realizar la inspección, verificando las medidas correspondientes para determinar si esta o no a escuadra utilizando como herramienta una escuadra de metal
5. Verificar la medida de longitud con metro
6. Verificar la medida de ancho con metro
7. Se debe tener en cuenta que la tolerancia máxima para aceptar la lámina a escuadra es de 1/16 pulgadas
8. Si la lámina muestreada está fuera de escuadra o las longitudes no son las correspondientes se debe informar al operario para que realice los ajustes necesarios

9. Tomar otra lámina al azar y realizar las mismas verificaciones de medidas para determinar si cumple con las tolerancias establecidas y poder continuar con la operación
10. Anotar la hora que se está tomando la muestra y sus medidas correspondientes en la pizarra adjunta a la mesa de verificación de medidas para ver el comportamiento de variación durante el proceso
11. El número de muestras que se tomarán dependerá de los desajustes que se determinen al inicio de la operación
12. Al finalizar el proceso de corte de las láminas, el inspector debe anotar en su formato el dato de cuantas láminas fueron cortadas
13. Anotar el dato del número de láminas cortadas en formato (FMP-L102)
14. El Inspector se dirige con su tablilla con formatos hacia la cama de lanzamiento del proceso de galvanización para la extracción de muestra de un pie lineal de lámina
15. El procedimiento de extracción de muestra se realizará cada hora durante el turno
16. Tomar muestra de lámina colocándola sobre el piso
17. En un extremo medir un pie lineal utilizando como herramienta un pie lineal de lámina
18. Cortar el pie lineal con tijera para lámina
19. Identificar la lámina muestreada con un corte en una esquina de la lámina
20. Se coloca la lámina en cama de lanzamiento para ser galvanizada
21. Tomar muestra de dos pie lineales de lámina ya galvanizada
22. Se dirige el inspector de materia prima con la muestra de pie lineal de lámina hacia el laboratorio de control de calidad
23. Tomar el espesor promedio de la muestra de pie lineal con micrómetro
24. Toma peso en gramos por pie lineal de la muestra de pie lineal con balanza digital
25. Llena registro de envío de muestra a Sidegua

26. Envía muestra a Sidegua para pruebas posteriores
27. El inspector de materia prima entrega al Inspector del proceso las dos muestras de pie lineal de lámina
28. El inspector de proceso procede a realizar pruebas en laboratorio de control de calidad
29. Toma datos de espesores de muestra de pie lineal de lámina con micrómetro
30. Toma datos de pesos en gramos de muestra de pie lineal de lámina con balanza digital
31. Llenar el formato (FMP – L103) con los datos obtenidos en el momento que se tengan y no dejarlo para el final del turno.

Procedimiento para envío de muestra a Sidegua

1. El inspector de calidad de materia prima debe dirigirse hacia la bobina de lámina ya colocada y preparada para el proceso de corte
2. Recortar en una esquina un pedazo de lámina con tijera para metal
3. Dirigirse al laboratorio de control de calidad
4. Recortar la muestra de lámina a una medida de $2 \frac{5}{8}$ " x $3 \frac{1}{2}$ "
5. Identificar la muestra con un código
6. Llenar boleta de envío de la muestra
7. Las muestras se envían cada cinco días de los dos turnos
8. Se empacan en una caja
9. Se identifica a quien va dirigido la muestra
10. Se adjunta boleta de envío
11. Se envía a control de calidad de Sidegua
12. Se debe obtener una muestra por bobina de lámina.

4.2.2. Análisis de la información de los formatos de control de materia prima

El formato de control de rollos ingresados a la planta presenta el control de la información necesaria de los rollos para los procesos de fabricación. Dicha información es trasladada al inspector de calidad de proceso para que identifique el producto con el número de rollo al que corresponde, siguiendo el procedimiento prescrito para esto.

4.2.3. Estudio de problemas

El problema más frecuente para el inspector de calidad de materia prima es cuando realiza muestreo en el proceso de corte para verificar medidas de lámina, obteniendo láminas fuera de escuadra, lo que es provocado por desajustes en tope de cizalla de la máquina de corte.

4.2.4. Mejoras encontrados

Se debe verificar las medidas de las láminas cortadas con más frecuencia para evitar el problema anteriormente mencionado y no perder la secuencia del corte de láminas, ya que el problema es una variación de medida de lámina provocado por una causa especial, donde dicha variación no es predecible, pero si puede ser identificada y ser eliminada.

4.3. Proceso de producción

Nos muestra los formatos que utilizará el inspector de control de proceso en la implementación del sistema de control de calidad, así como las guías de llenado y procedimientos del puesto de trabajo.

4.3.1. Elaboración de formatos para el control de características de calidad

Para el inspector de calidad de proceso se utilizará un sistema de control de calidad permanente en formatos, sus guías para el llenado y procedimientos, esto es el resultado de una serie de pruebas que se efectuaron durante la implementación, quedando de la siguiente manera (los formatos se presentan en el apéndice):

Guías de llenado de formatos:

Guía para especificaciones de lámina

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **Código:** Colocar el número que identificará la muestra a tomar para verificar medidas
5. **Hora:** Colocar la hora en que se va a realizar las verificaciones a la lámina
6. **No. rollo:** Colocar el número que identifica al rollo de lámina durante todo el proceso
7. **Longitud:** Colocar el dato del largo de la lámina en pies que se está verificando.

MISMOS DATOS, PARA LINEA "A" Y LINEA "B"

8. **Distancia entre canales superiores:** Colocar el dato del ancho de lámina medido entre canales superiores
9. **Distancia entre canales inferiores:** Colocar el dato del ancho de lámina medido entre canales inferiores
10. **Ancho de Lámina:** Colocar el dato del ancho total de la lámina corrugada
11. **Profundidad de canal:** Colocar el dato de la profundidad del canal en milímetros
12. **Espesor Galvanizado:** Colocar el espesor de lámina galvanizada en milímetros medido con micrómetro
13. **Prueba de adherencia:** Colocar si hay o no desprendimiento de zinc en las casillas correspondientes de prueba de adherencia, para prueba de impacto está identificado con una "I" y para prueba de engargolado está identificado con una E
14. **Ruptura:** Colocar si hubo o no ruptura en la prueba de impacto
15. **Observaciones:** Colocar información adicional relacionado con las casillas anteriormente mencionados
16. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos del turno.

Guía para presiones y temperaturas

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **Código:** Colocar dato del número que identificará la muestra para tomar temperaturas y presiones
5. **Hora:** Colocar dato de la hora en que se va a tomar las presiones y temperaturas

6. **Espesor:** Colocar dato del espesor de la muestra para la toma de temperaturas y presiones
7. **Temperatura de lámina antes del horno:** Se coloca dato de la temperatura de lámina antes de entrar al horno
8. **Temperatura superficial baño de zinc:** Se coloca dato de la temperatura superficial de baño de zinc
9. **Temperatura de tanque de agua tibia:** Se coloca dato de la temperatura del tanque de agua tibia
10. **Temperatura de tanque de enfriamiento:** Se coloca dato de la temperatura del tanque de enfriamiento
11. **Presión de desengrasante:** Se coloca dato de la presión del desengrase
12. **Temperatura del desengrasante:** Se coloca dato de la temperatura del desengrase
13. **Presión del ácido crómico:** Se coloca dato de la presión del ácido crómico
14. **Temperatura del ácido crómico:** Se coloca dato de la temperatura del ácido crómico
15. **Observaciones:** Colocar información adicional relacionado con las casillas anteriormente mencionados
16. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos del turno.

Guía para producto no conforme

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **No. rollo:** Colocar el dato del número de rollo que lo identifica durante todo el proceso
5. **Cantidad de láminas:** Colocar el dato de cuantas láminas fueron cortadas en un determinado rollo

6. **Clasificación:** En estas casillas se debe marcar la clasificación que determinamos para el producto no conforme, la clasificación puede ser: lámina defectuosa (Df), lámina de segunda (2d) y lámina de tercera (3ª)
7. **Descripción del defecto:** Se debe colocar el nombre del defecto determinado
8. **Causa en MP ó P:** Marcar la casilla correcta de donde ocurrió el defecto
9. **Sección de origen en C, G y Crr:** Marcar la casilla correcta para identificar en que sección se determinó el defecto
10. **Observaciones:** Colocar información adicional relacionado con las casillas anteriormente mencionados
11. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos del turno.

Guía para prueba de limpieza química

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **No. rollo:** Colocar el dato del número de rollo que lo identifica durante todo el proceso
4. **Hora:** Colocar el dato de la hora en que se va a realizar la prueba de limpieza química
5. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
6. **Temperatura de tanque de desengrase:** Colocar el dato de la temperatura tomada al tanque de desengrase
7. **Concentración de tanque desengrase:** Colocar el dato de la concentración evaluada al tanque de desengrase.

Guía para peso de recubrimiento de zinc

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **No. de rollo:** Colocar el dato del número de rollo que lo identifica durante todo el proceso
5. **Calibre:** Se coloca el dato del tipo de calibre que se está utilizando en ese momento
6. **Muestra No.:** Se coloca el correlativo del número de muestra
7. **Hora de Galvanizado:** Se coloca el dato de la hora de inicio en proceso de galvanizado
8. **Peso de muestra galvanizada cara 1:** Se coloca el dato del peso por pie lineal de una de las muestras
9. **Peso de muestra galvanizada cara 2:** Se coloca el dato del peso por pie lineal de una de las muestras
10. **Peso de recubrimiento de zinc:** Se coloca el dato del peso de recubrimiento de zinc
11. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos en el turno.

Guía para pesos por pie lineal galvanizado

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **No. de rollo:** Colocar el dato del número de rollo que lo identifica durante todo el proceso
5. **Calibre:** Se coloca el dato del tipo de calibre que se está utilizando en ese momento
6. **Longitud:** Se coloca el dato de la longitud de lámina que se está trabajando

7. **Hora de muestra:** Se coloca el dato de la hora en que se procede a tomar la muestra
8. **Peso muestra 1:** Se coloca el dato de peso en gramos de la muestra uno
9. **Peso muestra 2:** Se coloca el dato de peso en gramos de la muestra dos
10. **Promedio de Peso:** Se coloca el dato promediado de los pesos anteriores
11. **Producto:** Se coloca el nombre del tipo de lámina que se trabajará
12. **Promedios:** Es el dato promediado de los pesos anteriores
13. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos en el turno.

Guía para paros en producción

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **Hora del paro:** Se coloca el dato de la hora en que ocurre el paro
5. **Hora de arranque:** Se coloca el dato de la hora de arranque del proceso de fabricación
6. **Causa que provocó el paro:** Se coloca la descripción breve de la causa que provocó el paro
7. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos en el turno.

Guía para reporte de producción

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **No. rollo:** Colocar el dato del número de rollo que lo identifica durante todo el proceso

5. **Lámina de primera:** Se coloca el dato de cuantas láminas de primera se fabricaron para un determinado rollo
6. **Lámina defectuosa:** Se coloca el dato de cuantas láminas se encontraron defectuosas en las dos áreas, de materia prima y de proceso
7. **Lámina de segunda:** Se coloca el dato de cuantas láminas se fabricaron como de segunda para las dos áreas, de materia prima y de proceso
8. **Lámina de tercera:** Se coloca el dato de cuantas láminas se fabricaron como de tercera
9. **Longitud:** Se coloca el dato de la longitud de la lámina en pies que se está fabricando
10. **País de origen:** Se coloca el nombre del país como proveedor de la materia prima
11. **No. de póliza:** Se coloca el número de póliza de importación de la materia prima, ubicado en el embalaje de los rollos
12. **Total de láminas y en pies:** Se colocan los datos en las casillas correspondientes del total de láminas y total en pies de las categorías de lámina, así como el gran total de las anteriores
13. **Inspector:** Firma del inspector que tomó los datos en el turno.

Guía para aplicación de estaño

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Línea:** Marcar la línea de producción que se está trabajando
3. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
4. **Cantidad de estaño recibida en el turno:** Se colocan los datos de la cantidad de estaño recibido en libras y unidades
5. **Hora de aplicación:** Se coloca la hora en que se aplica el estaño al proceso de galvanizado
6. **Cantidad aplicada:** Se colocan los datos de cuantas unidades, así como las cantidad en libras de estaño se aplicarán

7. **Observaciones:** Se describe la información adicional que se presenta durante la aplicación del estaño
8. **Cantidad de estaño sobrante del turno:** Se colocan los datos de la cantidad en unidades y libras del estaño sobrante para el siguiente turno
9. **Inspector:** Firma del inspector que recibe el turno.

Guía para cambio de turno

1. **Turno:** Marcar la casilla correspondiente al turno que está trabajando
2. **Fecha:** Corresponde la fecha del día que inició el turno
3. **Hora de entrega:** Se coloca la hora que entrega al inspector de calidad
4. **Inspector de calidad que entrega turno:** Se coloca el nombre y la firma del inspector de calidad que entrega el turno
5. **Observaciones:** Se colocan todas las anotaciones de información general de problemas, paros, cambios de calibre, todo lo relacionado con el proceso de fabricación durante el turno
6. **Inspector de calidad que recibe turno:** Se coloca el nombre y firma del inspector de calidad que recibe turno.

Procedimientos:

Procedimiento para muestra en proceso de galvanizado

1. El inspector de calidad de materia prima se dirige a la sección de colocación de sello de marca
2. toma muestra de lámina galvanizada anteriormente identificada por él, con un corte en un extremo
3. Obtiene dos muestras de pie lineal
4. Se dirige a laboratorio de control de calidad
5. Entrega al inspector de calidad de proceso las dos muestras
6. Dobla las dos muestras de pie lineal
7. Procede a pesar las muestras de pie lineal en balanza digital en gramos

8. Identifica las muestras con un código usando marcador permanente
9. Llena el formato con los datos obtenidos de los pesos (FPT-L106)
10. El inspector de proceso realiza prueba de tres especímenes o de triple spot test
11. Corta tres tiras de lámina con tijera de metal
12. Somete las tiras una por una a la máquina troqueladora para obtener cinco probetas de 6 cm de diámetro
13. Dos probetas se van a utilizar para la prueba de impacto y adherencia al zinc
14. Tres probetas se van a entregar al encargado de laboratorio físico-químico para realizar prueba de triple spot test
15. El encargado de laboratorio obtiene los pesos de recubrimiento de zinc
16. Para prueba de impacto y adherencia al zinc se toman los espesores de las dos probetas con micrómetro
17. El espesor se toma en cuatro puntos de la probeta
18. El promedio del espesor de los cuatro puntos es el que se debe colocar en el formato (FPT-L101)
19. Se toma una probeta para prueba de impacto
20. Colocamos la probeta en la parte inferior del aparato Impactómetro
21. Se levanta la barra
22. Se suelta la barra para provocar un impacto contra la probeta
23. El objetivo de esta prueba es para observar si va a ver o no ruptura en la lámina galvanizada
24. Se anotan los datos obtenidos de la prueba en el formato (FPT-L101)
25. Para prueba de engargolado o de adherencia al zinc se toma la probeta
26. Se dobla a la mitad con un martillo
27. Juntamos los lados doblados en una plancha de acero
28. Se observa en el doblado si existe desprendimiento de zinc
29. Se anotan los datos obtenidos de la prueba en el formato (FPT-L101)

30. Para ambas pruebas el inspector de calidad de proceso identifica las probetas con un código para control de muestreo.

Procedimiento para prueba triple spot

1. Las muestras de las 3 probetas obtenidas en laboratorio de control de calidad serán llevadas cada hora al laboratorio físico-químico
2. En las horas impares será el inspector de proceso quién llevará las muestras
3. En las horas pares será el analista físico-químico quien irá al laboratorio de control de calidad de la planta de lámina a recoger las muestras
4. El encargado de laboratorio físico-químico realizará prueba de tres especímenes o triple spot test
5. Se pesa las tres probetas galvanizadas en gramos
6. Se saca un promedio de las mismas
7. Se decapará o se quitará el zinc por medio de sumergir en ácido clorhídrico las probetas
8. Se sacará también un promedio de peso en gramos después de decapado
9. Los datos obtenidos se valuarán en la fórmula $C = (P1-P2)/A * K$
10. El resultado será reportado inmediatamente al laboratorio de control de calidad de la planta de lámina
11. El inspector de proceso anota los resultados de la prueba en la pizarra
12. Se reporta al jefe de planta si los niveles de recubrimiento de zinc en oz/pie² están muy altos o demasiados bajos
13. El procedimiento se debe realizar cada hora.

Procedimiento para temperaturas y prueba de limpieza

1. Para la toma de temperaturas en los tanques de limpieza se utiliza el termómetro láser en grados centígrados
2. La posición para tomar la temperatura a los tanques es un poco inclinado

3. El punto rojo que da el termómetro es el indicador para tomar la temperatura la cual se debe fijar al centro del objetivo
4. El primer tanque a tomar la temperatura es: el de desengrase
5. El termómetro es regulado a un factor de lectura de 0.93
6. Se toma la temperatura promedio total en °C. (la temperatura en el tanque de desengrase debe ser de 70°C en adelante)
7. El segundo tanque a tomar la temperatura es: el de agua tibia
8. Se regula el termómetro a un factor de 0.93
9. El tercer tanque a tomar la temperatura es en la lámina de acero antes de ingresar al horno
10. El termómetro es regulado a un factor de 0.80
11. Se toma la temperatura promedio total en °C
12. Se toma la temperatura en el horno en la unión de los rodillos que se encuentran encima del tanque de zinc donde se acumula un poco de zinc líquido
13. El termómetro se regula a un factor de 0.30
14. El cuarto tanque a tomar la temperatura es en el tanque de enfriamiento
15. El termómetro se regula a un factor de 0.93
16. El quinto tanque a tomar la temperatura es el tanque de ácido crómico
17. El termómetro se regula a un factor de 0.93
18. La temperatura debe estar de 80°C en adelante
19. Se verifica las presiones de los tanques de desengrase y ácido crómico en libras de presión (psi)
20. Para el tanque de desengrase la presión debe estar entre 30-36 Psi
21. Para el tanque de ácido crómico la presión debe estar entre 40-42 Psi
22. El inspector de calidad de proceso se dirige al laboratorio de control de calidad
23. Toma el formato (FPT – L104) que es para prueba de limpieza química de lámina

24. Se dirige al proceso de galvanización en donde la lámina se encuentra en la cama de lanzamiento hacia los tanques de limpieza
25. El inspector de calidad de proceso dobla la hoja del formato a la mitad
26. Pasa con su mano derecha sobre la superficie de la lámina la hoja doblada del formato donde dice pre-limpieza
27. Se dirige hacia donde sale la lámina de los tanques de limpieza
28. Llega a una banda transportadora que envía la lámina hacia el horno para recubrimiento de zinc
29. El inspector de calidad de proceso pasa con su mano el otro lado del formato doblado sobre la superficie de la lámina donde dice post-limpieza
30. Verifica la diferencia de limpieza antes y después de haber pasado por los tanques de limpieza
31. Llena los datos del formato
32. Este procedimiento debe realizarse cada hora durante el turno.

Procedimiento para recarga de tanques y aplicación de estaño

1. El inspector de calidad de proceso recarga los tanques de desengrase y ácido crómico al inicio de la semana
2. El tanque de desengrase se recarga con 90 libras de desengrase en polvo
3. Se mezcla con agua caliente por medio de un agitador en un tonel con capacidad para 55 galones
4. Se recarga el ácido crómico llenando un tonel con 55 galones de ácido
5. Se mantiene agitado durante el proceso
6. Los agitadores tienen un dosificador que es el encargado de mantenerlo automáticamente en funcionamiento
7. Se determina la concentración de los tanques de desengrase y ácido crómico
8. El encargado de laboratorio físico-químico toma tres muestras durante el turno a los tanques para determinar el grado de concentración

9. Obtiene los resultados de concentración en los tanques
10. Informa al inspector de calidad de proceso si necesita o no recargarlos
11. El inspector de calidad de proceso recibe las barras de estaño
12. Corroborar que las unidades y el peso en libras de las barras coinciden con lo manifestado en la boleta que firmará de recibido
13. Para cada aplicación de estaño cuenta 12 barras y anota su peso en libras
14. Lleva las barras de estaño al encargado de aplicarlo en el proceso de galvanizado
15. Este paso debe realizarlo considerando un tiempo prudente de anticipación a la hora de la aplicación para evitar retrasos y que se pierda el efecto del estaño.
16. Se aplican 12 barras de estaño cada 6 horas
17. En total se aplicarán 24 barras de estaño durante el turno
18. En cada aplicación debe introducirse 6 barras de estaño antes de la ubicación de los rodillos del tanque de zinc y 6 después de los rodillos del tanque de zinc.
19. Se llena el formato (FPT – L109).

Procedimiento para producto no conforme

1. El inspector de calidad de proceso identifica el producto defectuoso
2. Informa al inspector de materia prima que se debe apartar el producto
3. El inspector de calidad de proceso identifica el producto como: defectuoso (Df), de segunda (2da.) y de tercera (3ra.)
4. Solicita que el producto sea apartado
5. Anota la información obtenida en el formato (FPT – L103)
6. El inspector de calidad de proceso firma el formato con los datos obtenidos

7. Busca al jefe de control de calidad para presentarle el formato de control de producto no conforme a primera hora del siguiente día del turno (entre las 8:00 y 8:30 hrs)
8. El jefe de control de calidad firma de enterado
9. Busca al jefe de turno de bodega para que firme el formato de producto defectuoso
10. Se coloca la hora en que firmó de enterado
11. Se busca al jefe de turno de la planta para que firme de enterado del producto defectuoso
12. Se obtienen dos fotocopias del formato de control de producto no conforme
13. Se busca al jefe de bodega para entregarle una copia del formato
14. El jefe de bodega firma de recibido las otras copias y anota la hora en que lo recibió
15. Entregar una fotocopia al jefe de planta
16. Entregar una fotocopia a gerencia de producción
17. Entregar el original al jefe de control de calidad.

Procedimiento para muestras en el proceso de corrugación

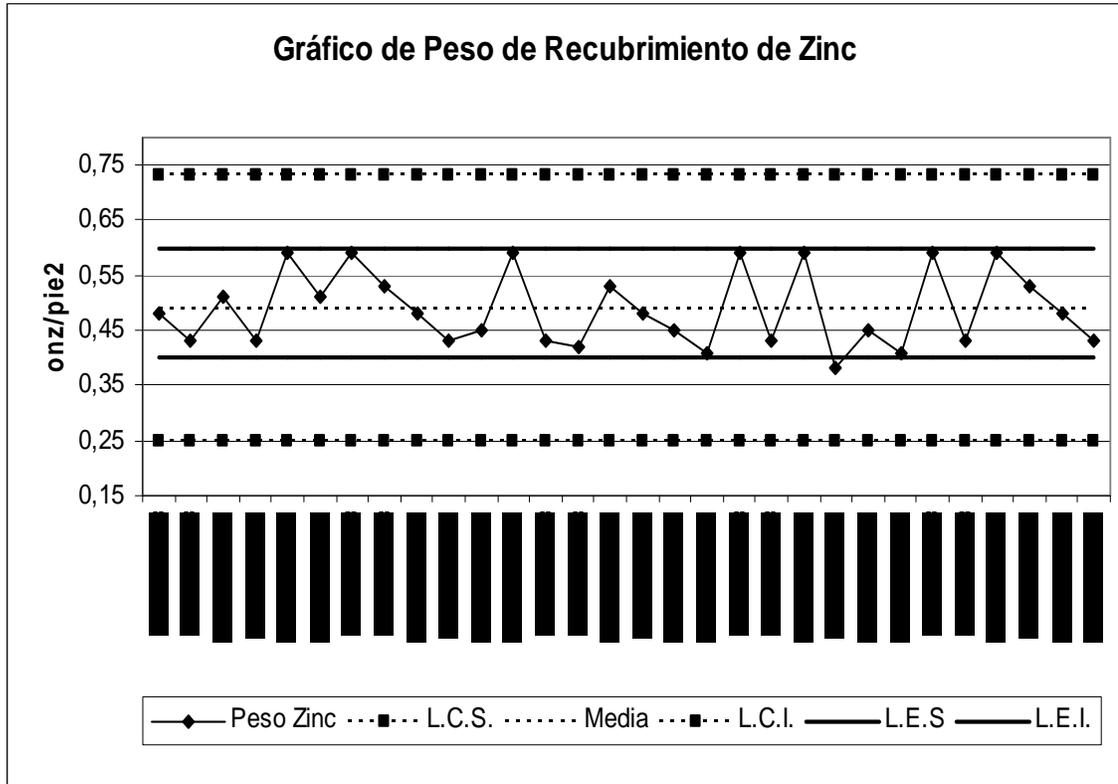
1. El inspector de calidad de proceso se dirige a verificar las especificaciones de la lámina corrugada en la sección de corrugación
2. Toma una muestra de lámina galvanizada corrugada cada 5 minutos
3. Verifica la especificación de la distancia entre canales superiores
4. Utiliza un metro para verificar la medida en pulgadas
5. La medida de distancia la toma desde el centro del primer canal hasta el centro del último canal transversalmente
6. Verifica la especificación de profundidad de canal
7. Utiliza el instrumento de medición Vernier
8. Toma tres datos de profundidad de canal
9. Dos datos en los extremos del segundo canal

10. Otro en el canal del centro de la lámina
11. Obtiene los resultados
12. Determina el promedio de los tres datos anteriormente mencionados
13. Anota la información de los resultados en el formato (FPT-L101)
14. El procedimiento de toma de muestra se realiza cada 5 minutos.

4.3.2. Análisis de la información por medio de gráficos de control

Se utilizarán cartas de control, donde se graficarán los límites de especificaciones, debido a que por ser una gráfica de muestras individuales los límites de control son iguales a los límites naturales del proceso y se pueden comparar con las especificaciones.

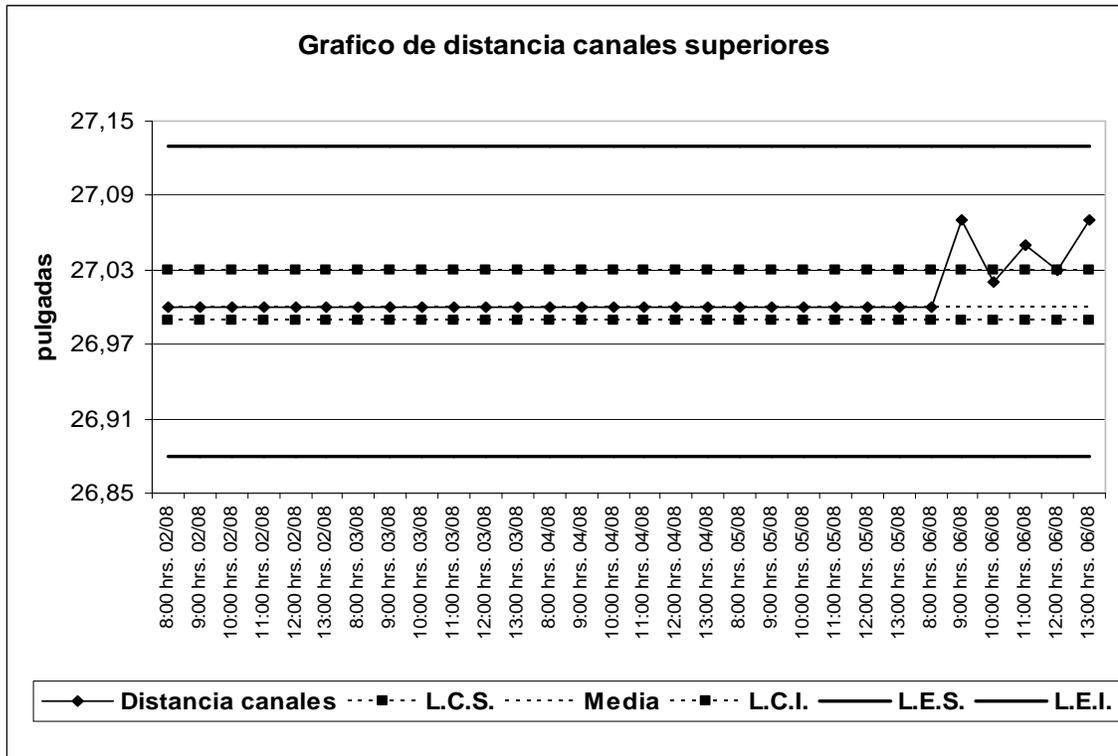
Figura 10. Gráfico de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, longitud 12'



Fuente: Planta de Lámina, Aceros de Guatemala S.A.

Para el gráfico de control se calcularon los límites de proceso (línea punteada) observando que se encuentra bajo control estadístico, se grafican los límites de especificaciones (línea continua) para ver el comportamiento de las muestras respecto a ellos, también se observa que la muestra 22 no cumple con el límite de especificación inferior.

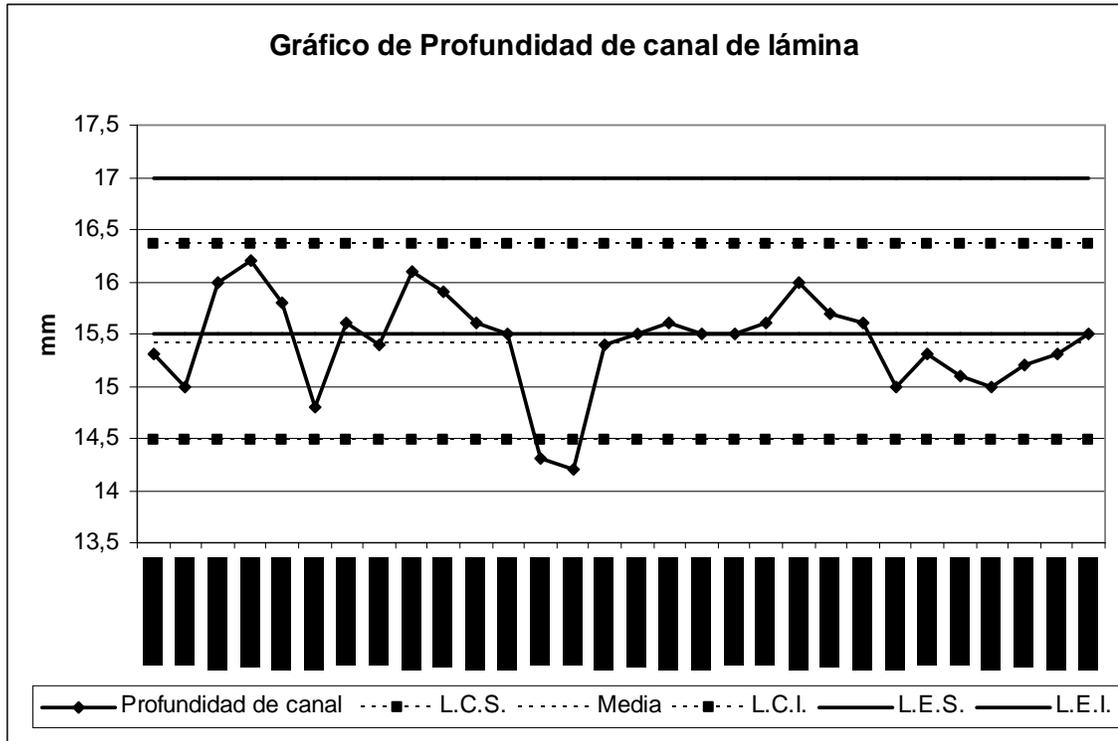
Figura 11. Gráfico de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'



Fuente: Planta de Lámina, Aceros de Guatemala, S.A.

En el gráfico de control se observa que 25 muestras (83%) se encuentran bajo control estadístico respecto a los límites del proceso (línea punteada) y en forma constante, las muestras 26, 28 y 30 se encuentran fuera del límite de proceso superior, también se graficaron los límites de especificaciones (línea continua) para observar el comportamiento de las muestras respecto a ellos, observándose que las muestras cumplen con dichas especificaciones.

Figura 12. Gráfico de profundidad de canal, lámina 28 mm, longitud 12'

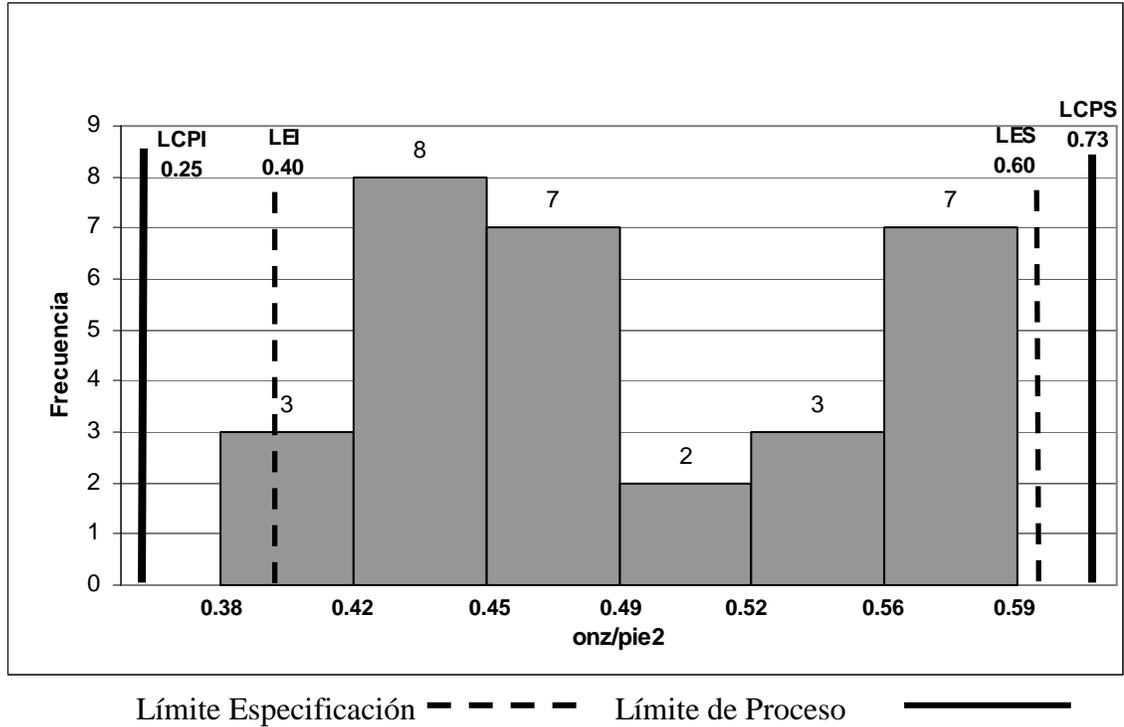


Fuente: Planta de Lámina, Aceros de Guatemala, S.A.

En el gráfico se observa que las muestras 13 y 14 se salieron de los límites de control del proceso (línea punteada). También se graficaron los límites de especificaciones (línea continua) para observar el comportamiento de las muestras respecto a estos límites, observándose que 13 muestras (43%) no cumplieron con dichas especificaciones, lo cual se debe a la transformación que sufre la lámina en corrugación.

4.3.3. Análisis de la información por medio de histogramas

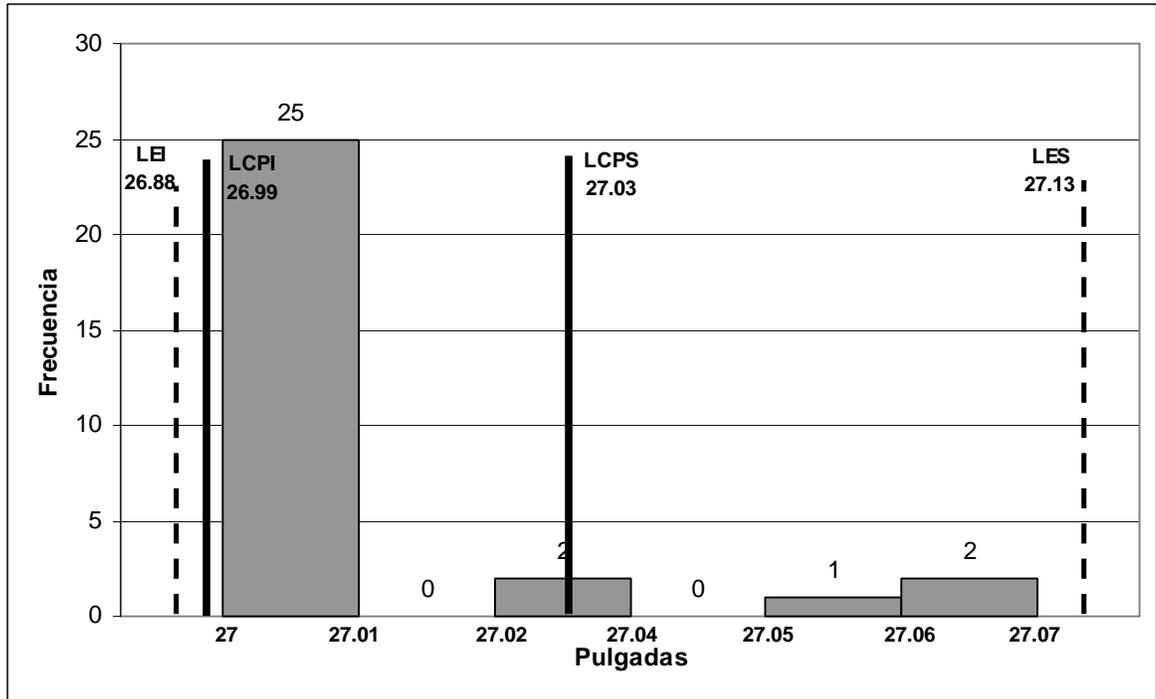
Figura 13. Histograma de recubrimiento de zinc, lámina 28 mm, 12'



Fuente: Planta de Lámina, Aceros de Guatemala, S.A.

En la gráfica se puede observar que el proceso está tendido hacia la izquierda, con lo que se entiende que se está produciendo más producto por debajo del valor nominal propuesto. Además, se puede ver que los límites del proceso se encuentran fuera de los límites de especificaciones, lo que indica que no cumple con las especificaciones propuestas. Esto puede ocasionarse a una variación en el peso del recubrimiento del zinc.

Figura 14. Histograma de distancia canales superiores, lámina 28 mm, 12'

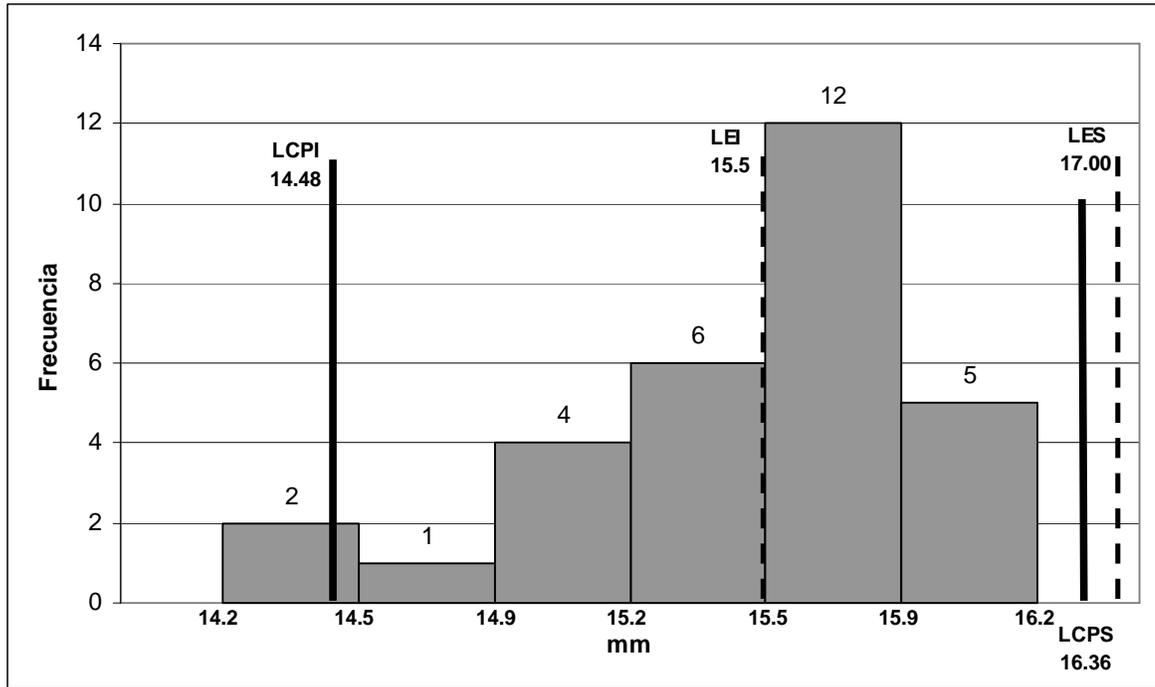


Límite Especificación - - - Límite de Proceso ———

Fuente: Planta de Lámina, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se observa que el proceso se encuentra tendido hacia la izquierda, con lo que se entiende que se está produciendo más producto por debajo del valor propuesto, pero podemos observar que los límites del proceso se encuentran dentro de los límites de especificaciones, lo que indica que se puede cumplir con las especificaciones propuestas.

Figura 15. Histograma de profundidad de canal, lámina 28 mm, 12'



Límite Especificación - - - - Límite de Proceso —————

Fuente: Planta de Lámina, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se observa gráficamente que el comportamiento de los datos está tendido hacia la izquierda, lo que indica que se está produciendo con menos profundidad de canal en la lámina de lo establecido. También se puede observar en los límites de especificaciones que un (57%) del producto está cumpliendo con las especificaciones propuestas.

4.3.4. Estudio de problemas

Los requerimientos para el espesor de la lámina 28 milimétrica de longitud de 12 pies ya galvanizada es de 0.23 mm. La mayor parte del tiempo los operarios del proceso de galvanizado han hecho un esfuerzo para mantener el recubrimiento de zinc en la lámina con un margen de especificación de 0.40 a 0.60 onz/pie². En la gráfica de la figura 13, se puede observar que el peso de recubrimiento de zinc varía significativamente, lo cual indica que se fabrica producto con más recubrimiento de zinc.

La distancia entre canales superiores de la lámina acanalada de longitud de 12 pies debe tener una distancia de 27 pulgadas, que corresponde a la medida del ancho útil de la lámina, como se puede observar gráficamente en el histograma de la figura 14, el proceso productivo tuvo algunos productos por encima de las 27 pulgadas, lo cual indica que cuando se produce más del valor nominal tiende a perjudicar a que la profundidad del canal de la lámina no cumpla con las especificaciones.

El proceso productivo que se observa gráficamente en el histograma de la figura 15, tiene un comportamiento con mucha variabilidad lo que indica que no se está cumpliendo con las especificaciones, ya que se está produciendo lámina con profundidad de canal menor al valor nominal propuesto que es de 16.25 mm., en donde como departamento de control de calidad no podría certificar la calidad, si no se cumple con las especificaciones del producto.

El jefe de planta se refiere al desajuste de la máquina corrugadora, así como al desgaste de los rodillos con engranajes de metal como la causa de que dichas medidas no cumplan con las especificaciones.

4.3.5. Mejoras encontrados

Se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo general a la máquina corrugadora para garantizar el buen funcionamiento durante el proceso de producción.

El inspector de calidad de proceso debe verificar con frecuencia las medidas de la lámina después del proceso de corrugación para llevar un mejor control.

Actualmente se tiene un método manual de sellado por el operario que recibe y acomoda la lámina, la cual tiene desventajas que perjudican la identificación del producto, así como: la forma de sellar, la obtención de un sello de marca legible, la velocidad de sellado y sobre todo que depende mucho de la condición de fatiga del operario durante el turno de 12 horas de trabajo. Por lo anterior, se debe implementar un sistema hidráulico automático de sellado para mejorar la calidad de presentación a la lámina.

4.4. Puntos de control correctivos y preventivos

Nos muestra acciones que ayudarán a corregir y prevenir problemas de calidad en diferentes puntos del proceso de producción.

4.4.1. Acción correctiva en el control de la calidad

El sistema de control de calidad ha implementarse en la planta de lámina ayudará a los inspectores de calidad a controlar el momento en que el producto empieza a variar en sus dimensiones y poder ajustar el proceso cuando se requiera.

Los inspectores de calidad, tanto de materia prima como de proceso toman sus muestras y comprueben que las medidas de las láminas se acercan o se salen de los límites de especificaciones, informarán inmediatamente a los encargados de las máquinas de corte y máquina de corrugación respectivamente para que realicen el ajuste necesario.

Al analizar los gráficos de control se observa que varias muestras se salieron de los límites de control, pero dichas muestras fueron afectadas por causas especiales; se determina causa especial principal al desajuste del tope de la cizalla en máquina de corte, desajuste y desgaste de rodillos con engranajes de metal. Dichas causas son registradas en los formatos de control de paros en producción; en ellos se registran la causa y la hora en que sucedieron los hechos.

El inspector de calidad de proceso procederá a colocar en un pizarrón los datos que tomará cada hora de las muestras, para que el personal de la planta vea como se está comportando el proceso productivo.

4.4.2. Acción preventiva en el control de la calidad

Se deben proponer planes de mantenimiento más frecuente para toda la maquinaria, ya que de ello depende el buen funcionamiento, así como reducir los paros en el proceso de producción. La planta de producción debe planificar el cambio de los rodillos en los tanques de limpieza, en el horno de galvanizado según sea la vida útil de cada uno de ellos, ya que varían dependiendo del lugar en que se encuentran, así como también de su velocidad.

Los inspectores de calidad deben verificar con frecuencia las medidas de la lámina tomando en cuenta las tolerancias permitidas que se tienen para cada una de las características del producto, con ello poder controlar la variación de las medidas fuera de los límites de control que se dan en el proceso de producción.

La planta de producción de lámina debe comprometerse a buscar acciones que logren reducir la variación en el proceso, así como: proponer mejoras al sistema de control de calidad, al proceso de producción e informar al departamento de control de calidad de los problemas que afectan directamente al proceso, ya que ellos son los que mejor conocen el proceso y el sistema productivo.

5. PLAN DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

5.1. Evaluación del sistema de control de calidad

5.1.1. Evaluación del control de materia prima

El control de materia prima garantiza el ingreso de rollos de lámina sin defectos que puedan afectar al proceso productivo. El principal objetivo de este control es el reducir costos por pérdida de láminas en el proceso, desecho de producto no conforme, averías en maquinaria y reducción de accidentes. Para el control que llevará el inspector de calidad de materia prima se modificaron los formatos conforme se fueron ensayando durante la implementación de prueba del sistema de control.

También se logró crear procedimientos que utilizará el inspector de calidad de materia prima para llevar un mejor control de los datos obtenidos en los formatos, así como el muestreo que realizará durante el proceso productivo.

5.1.2. Evaluación del proceso de producción

Para el cumplimiento de las normas establecidas y del control de las características físicas de la lámina será posible por medio de la toma de muestras cada hora. Para evitar que se produzcan láminas fuera de especificaciones el inspector de calidad tendrá las herramientas necesarias para reaccionar con prontitud. Entre las herramientas tenemos los formatos diseñados para que registren todos los datos necesarios para el análisis estadístico de la información.

Los inspectores de calidad podrán llevar a cabo sus funciones si cumplen con los procedimientos creados para ellos, así como la aplicación de formatos, las guías para el llenado de formatos, dichos formatos fueron corregidos durante la implementación de prueba del sistema de control.

5.2. Seguimiento

5.2.1. Capacitación del personal

El departamento de control de calidad debe diseñar planes continuos de capacitación para los inspectores de calidad; las cuales deben contener información relacionada con el control de la calidad.

5.2.1.1. Contenidos

Los inspectores de calidad, tanto de materia prima como de proceso deben recibir la misma capacitación para que los dos tengan la capacidad para sustituirse cuando la ocasión lo requiera. El contenido de la capacitación teórica se refiere al manual de la planta de lámina, con la información estructurada de la siguiente manera:

1. Información general
 - 1.1 Descripción de los productos
 - 1.2 Normas aplicables al producto
 - 1.3 Descripción del proceso de producción
 - 1.4 Puntos de control

- 1.4.1 Puntos de control materia prima
- 1.4.2 Puntos de control de proceso y producto terminado

2. Control de materia prima

- 2.1 Control de la materia prima
- 2.2 Causas de la falta de control en la materia prima
- 2.3 Funciones del Inspector de materia prima
- 2.4 Formatos del Inspector de materia prima
- 2.5 Procedimientos del Inspector de materia prima
- 2.6 Catalogo de defectos de materia prima
- 2.7 Guías para el Inspector de materia prima
 - 2.7.1 Guía de rollos ingresados a planta
 - 2.7.2 Guía de láminas cortadas
 - 2.7.3 Guía de muestreo de pie lineal
- 2.8 Procedimientos para el Inspector de materia prima
 - 2.8.1 Control de recepción de bobinas a la planta
 - 2.8.2 Control para obtención de muestras
 - 2.8.3 Control para envío de muestras a Sidegua

3. Control del proceso y producto terminado

- 3.1 Funciones del Inspector de proceso y producto terminado
- 3.2 Formatos para el Inspector de proceso y producto terminado
- 3.3 Procedimientos del Inspector de proceso y producto terminado
- 3.4 Catalogo de defectos de proceso y producto terminado
- 3.5 Guías para el Inspector de proceso y producto terminado
 - 3.5.1 Guía para especificaciones de lámina
 - 3.5.2 Guía para presiones y temperaturas
 - 3.5.3 Guía para producto no conforme
 - 3.5.4 Guía para prueba de limpieza química
 - 3.5.5 Guía para peso de recubrimiento de zinc

- 3.5.6 Guía para pesos por pie lineal galvanizado
- 3.5.7 Guía para paros en producción
- 3.5.8 Guía para reporte de producción
- 3.5.9 Guía para aplicación de estaño
- 3.5.10 Guía para cambio de turno
- 3.6 Procedimientos para el Inspector de proceso
 - 3.6.1 Muestra en proceso de galvanización
 - 3.6.2 Prueba de triple spot
 - 3.6.3 Temperaturas y prueba de limpieza
 - 3.6.4 Recarga de tanques y aplicación de estaño
 - 3.6.5 Producto no conforme
 - 3.6.6 Muestra en proceso de corrugación

4. Tareas adicionales

- 4.1 Inspector de materia prima
- 4.2 Inspector de proceso y producto terminado

Anexos

- A. Especificaciones de planta de lámina
- B. Hoja técnica del producto
- C. Formatos para inspector de materia prima
- D. Formatos para inspector de proceso y producto terminado
- E. Códigos para Planta de Lámina

5.2.1.2. Duración

El curso de capacitación para los inspectores de calidad se dividirá en dos fases: teórica y práctica. La parte teórica tendrá una duración máxima de tres días, y la parte práctica tendrá una duración máxima de 7 días.

En la fase teórica se detallarán las funciones de cada inspector, los procedimientos a realizar y los formatos a utilizar, así como se presentarán los inspectores de calidad al personal de la planta de lámina. En la parte práctica se dará la aplicación de los procedimientos mencionados anteriormente.

5.2.1.3. Recurso necesario

- Salón de conferencias
- Manuales de control de calidad de la planta de lámina
- Formatos para inspectores
- Cañonera
- Marcador para pizarrón
- Lapiceros
- Metro
- Vernier
- Escuadra de metal
- Balanza digital
- Micrómetro
- Guantes de cuero
- Lentes
- Protectores auditivos
- Mascarilla

- Tijeras
- Calculadora
- Marcador permanente

5.3. Mejoras continuas

5.3.1. Proceso de recolección de datos

Los inspectores de calidad, tanto de materia prima como de proceso deben informar al departamento de control de calidad cualquier observación, inquietud que ayude a mejorar la forma de recolectar la información, ya sea en formatos de registros como en procedimientos.

Los parámetros para evaluar la calidad de la planta de lámina serán obtenidos por la información registrada en los formatos de los inspectores de calidad. Dicha información debe ser trasladada al jefe de planta por medio de un reporte diario, con el objetivo de que esté informado del comportamiento que tenga el proceso productivo y a la vez mejorar el proceso por medio de una revisión de los procedimientos de la planta.

5.3.2. Proceso productivo

Para mejorar la calidad del producto en la planta de lámina debe estar en contacto permanente el departamento de control de calidad con el jefe de la planta para informarle de la calidad del proceso productivo, por medio de la información analizada estadísticamente, realizada por cartas de control e histogramas.

5.3.3. Presentación a la gerencia

El departamento de control de calidad, en conjunto con el gerente de control de calidad, jefe de planta de lámina y gerente de producción debe realizar una reunión mensualmente para presentar ante la gerencia corporativa de la empresa los avances técnicos de calidad del proceso productivo e informarlos del comportamiento que tiene el proceso durante el mes.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó, estadísticamente, la calidad actual de la planta de láminas, por medio de gráficos de control e histogramas, en donde era evidente en el proceso productivo, las variables de calidad se encontraban fuera de control estadístico y no cumplían con las especificaciones de las normas ASTM para láminas de acero.
2. Se evaluó el cumplimiento de los requerimientos, así como las tolerancias permitidas para la lámina de acero, aplicando las normas COGUANOR NGO 36012, NGO 36013 y las normas ASTM A 525/A 525M, en donde era evidente el incumplimiento de los requerimientos para las láminas de acero. El principal factor del incumplimiento son las tolerancias con que se está trabajando, en su mayoría demasiado cerradas para el tipo de proceso que se ejecuta.
3. Se desarrollaron catálogos de defectos de materia prima y de proceso de producción, como material de referencia o de consulta en la planta de lámina para especificaciones que usen los inspectores de control de calidad.
4. Se elaboraron procedimientos de trabajo para los inspectores de calidad, así como formatos de recolección de información con sus respectivas guías para el llenado que servirán para analizar la calidad de la planta de láminas, para esto se realizaron pruebas y correcciones en formatos y procedimientos con el fin de hacer más fácil el trabajo de los inspectores de calidad.

5. El factor principal en la variabilidad del proceso productivo se debe al desgaste de los rodillos y al desajuste de las máquinas de corte y de corrugado, ya que, en la planta de lámina dicha maquinaria es bastante antigua, lo que es difícil actualizar el proceso con la compra de maquinaria nueva, debido a que se necesitaría una inversión económica grande, pero dicha variabilidad en el proceso se puede reducir ajustando las máquinas y cambiando los rodillos con más frecuencia.
6. Se describieron las normas que se aplicaron para el cumplimiento de las especificaciones en el proceso de fabricación de las láminas galvanizadas corrugadas de acero, entre ellas tenemos: normas COGUANOR NGO 36012 Y 36013, normas ASTM A 525/A 525 M, ASTM A 526/A 526 M, y la norma JIS G3141 SPCC 1D.
7. Se diseñó un plan continuo de capacitación para los inspectores de control de calidad, en donde el departamento de control de calidad aplicará el método de orientación y aprendizaje a los inspectores cada cierto tiempo con el fin de cumplir con el sistema de mejoras continuas que se implementa en la planta de láminas de acero.

RECOMENDACIONES

1. El departamento de control de calidad debe buscar una mejora continua en las actividades del proceso productivo por medio del análisis, la verificación constante, proponiendo y supervisando la calidad del producto que se está elaborando.
2. Controlar que se esté cumpliendo con los requerimientos de las especificaciones de la lámina de acero establecidas en las normas internacionales ASTM, por medio de inspecciones más frecuentes.
3. Consultar catálogos de defectos para identificar y clasificar por categoría la lámina galvanizada corrugada de acero durante el proceso productivo.
4. Informar al departamento de control de calidad sobre las mejoras encontradas a los procedimientos de trabajo para los inspectores de calidad, así como de formatos y guías para llenado, para realizar las actualizaciones de los mismos.
5. Se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo constante para rodillos del proceso productivo, así como de maquinarias en planta de láminas de acero para reducir ajustes y cambios de rodillos durante el proceso de fabricación.

6. Los inspectores de control de calidad deben tener conocimiento de las normas, tanto nacionales como internacionales, que están aplicando durante el proceso de fabricación de las láminas galvanizadas corrugadas de acero.

7. Capacitar constantemente a los inspectores de control de calidad, y brindar acceso al manual de calidad de planta de láminas, para que conozcan mejor su herramienta de trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, Roberto. **Características técnicas del acero para la construcción en el nuevo milenio**. El Salvador: Editorial Construxpo, 1999.
2. Doyle, Lawrence. **Materiales y procesos de manufactura para Ingenieros**. 3ra. Edición. México: Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, 1992.
3. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y Productividad**. México: Editorial McGraw-Hill. 1998.403 pp.
4. **Práctica de la galvanización general**. Centro mexicano de información del Zinc y plomo, A.C. México. s.e., s.a.
5. Kume, Hitoshi. **Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad**. Colombia: Grupo Editorial Norma, 1997.

Apéndice

Apéndice 7. Formato para prueba de limpieza química de lámina

FPT - L104

CONTROL DE PROCESO	
Prueba de Limpieza Química de Lámina	
PLANTA DE LAMINA	
Turno: <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/>	
Línea: <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="2"/>	
No. Rollo: _____	
Hora: _____	
Temperatura de Tanque de desengrase: _____ °C	Fecha: _____
Concentración de Tanque de desengrase: _____ Oz/gal	
PRE-LIMPIEZA	POST-LIMPIEZA

