



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 PERFILES DE ACERO**

CARLO FEDERICO HUN OCH
Asesorado por: Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola

Guatemala, agosto de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN
UNA PLANTA DE PERFILES DE ACERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLO FEDERICO HUN OCH

Asesorado por Ing. Marco Vinicio Monzón Arriola

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chávez Salazar
EXAMINADOR	Ing. William Abel Antonio Aguilar Vásquez
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 SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD EN UNA PLANTA DE PERFILES DE ACERO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial con fecha 9 de marzo de 2004.

Carlo Federico Hun Och

DEDICATORIA

- A Dios** Por haberme permitido alcanzar esta meta
- A mis padres** Carlos y Matty, como una recompensa a su esfuerzo, sacrificio y paciencia
- A mis hermanos** María José y Pablo, que este logro le sirva de motivación y sea una meta a superar
- A mi abuela** Margarita, por su amor y compañía

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Marco Vinicio Monzón, por su valiosa colaboración asesorando este trabajo de graduación

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

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	X
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
1.1. Reseña histórica	1
1.2. Misión de la empresa	3
1.3. Visión de la empresa	3
1.4. Departamento de Control de Calidad	3
1.4.1. Funciones del departamento de Control de Calidad	3
1.4.2. Estructura organizacional	4
1.4.3. Descripción general de los puestos	5
2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	
2.1. Recepción de materia prima	10
2.1.1. Descripción de la materia prima	11
2.1.2. Descripción del control de materia prima	11
2.1.3. Causas de la falta de control en la materia prima	12
2.2. Análisis del proceso de producción	12
2.2.1. Descripción de los productos	12
2.2.2. Diagramas de flujo y de recorrido	17
2.2.3. Análisis de puntos críticos de control	21
2.2.4. Análisis de la calidad actual	21
2.2.4.1. Análisis por medio de gráficos de control	23
2.2.4.2. Análisis por medio de histogramas	32
2.2.4.3. Análisis por medio de índices de capacidad	38
2.2.4.4. Problemas detectados	41
2.3. Condiciones físicas de trabajo	43
3. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD	
3.1. Introducción	47
3.2. Metas organizacionales	48
3.2.1. Política de calidad	48
3.2.2. Objetivos de calidad	48
3.3. Marco conceptual	49

3.3.1. Análisis del proceso de laminación	49
3.3.2. Control estadístico de la calidad	53
3.3.2.1. Variación debida a causas comunes	53
3.3.2.2. Variación debida a causas especiales	54
3.3.2.3. Gráficos de control	54
3.3.2.4. Cartas de control de medias	56
3.3.2.5. Cartas de control de rangos	57
3.3.2.6. Límites de control, naturales y especificaciones	58
3.3.2.7. Capacidad del proceso	59
3.4. Normalización de los productos	60
3.5. Control de calidad de la materia prima	64
3.5.1. Catálogo de posibles defectos	65
3.5.2. Registros y para el control de materia prima	70
3.5.3. Guías para el llenado de los registros	70
3.5.4. Procedimientos para el control de materia prima	70
3.6. Control de calidad del producto	71
3.6.1. Selección de los puntos de control	71
3.6.2. Definición de las variables de calidad	72
3.6.3. Elección de la muestra	73
3.6.4. Formatos y procedimientos para la recolección de datos	73
3.6.5. Análisis de la información	74
3.6.5.1. Gráficos de control	74
3.6.5.2. Índice de capacidad del proceso	75
3.6.5.3. Histogramas	75
3.7. Recurso para implementar el sistema	76
3.7.1. Humanos	76
3.7.2. Físicos	78
3.7.3. Económicos	79
3.8. Dotación de recurso humano	80
3.9. Capacitación del personal	80
3.10. Asignación de responsabilidades	81

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA CALIDAD

4.1. Notificación de las especificaciones a utilizar	83
4.2. Recepción de materia prima	85
4.2.1. Aplicación formatos de control de calidad de materia prima	85
4.2.2. Análisis de la información de formatos de materia prima	91
4.2.3. Estudio de problemas y mejoras encontrados	92
4.3. Proceso de producción	92
4.3.1. Aplicación de formatos para el control de características de calidad	92
4.3.2. Análisis de la información por medio de gráficos de control	108
4.3.3. Análisis de la información por medio de histogramas	111

4.3.4.	Análisis de información por medio de Índices de capacidad	115
4.3.5.	Estudio de problemas y mejoras encontrados	116
4.4.	Acciones correctivas y preventivas	118
4.4.1.	Acción correctiva en el control de la calidad	118
4.4.2.	Acción preventiva en el control de la calidad	120
5.	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	
5.1.	Evaluación del sistema de control de calidad	123
5.1.1.	Evaluación del control de materia prima	123
5.1.2.	Evaluación del proceso de producción	123
5.1.3.	Cambios permanentes	124
5.2.	Seguimiento	125
5.2.1.	Contratación del personal	125
5.2.1.1.	Solicitud de personal a la Gerencia de Personal	125
5.2.1.2.	Características del personal solicitado	125
5.2.1.3.	Entrevista con Jefe de Control de Calidad	126
5.2.1.4.	Contratación de personal	126
5.2.2.	Capacitación del personal	127
5.2.2.1.	Contenidos	127
5.2.2.2.	Duración	129
5.2.2.3.	Recurso necesario	129
5.3.	Mejoras continuas	130
5.3.1.	Proceso de recolección de datos	130
5.3.2.	Proceso productivo	130
5.2.3.3.	Capacitación del personal	131
	CONCLUSIONES	132
	RECOMENDACIONES	134
	BIBLIOGRAFÍA	135
	APÉNDICE	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de flujo del proceso	18
2	Proceso de laminación planta de perfiles	20
3	Análisis ancho de ala 1, angular 2" x 1/4"	24
4	Análisis ancho de ala 2, angular 2" x 1/4"	25
5	Análisis espesor de ala 1, angular 2" x 1/4"	26
6	Análisis espesor de ala 2, angular 2" x 1/4"	27
7	Análisis de peso, angular 2 x 1/4"	28
8	Análisis de ancho de ala, hembra 3/4" x 1/8"	29
9	Análisis de espesor de ala, hembra 3/4" x 1/8"	30
10	Análisis de peso, hembra 3/4" x 1/8"	31
11	Histograma ancho de ala 1, angular 2" x 1/4"	32
12	Histograma ancho de ala 2, angular 2" x 1/4"	33
13	Histograma espesor de ala 1, angular 2" x 1/4"	34
14	Histograma espesor de ala 2, angular 2" x 1/4"	35
15	Histograma peso, angular 2" x 1/4"	35
16	Histograma ancho de ala, hembra 3/4" x 1/8"	36
17	Histograma espesor de ala, hembra 3/4" x 1/8"	37
18	Histograma peso, hembra 3/4" x 1/8"	38
19	Gráfico de lados de cuadrado milimétrico de 1/2"	108
20	Gráfico de pesos de cuadrado milimétrico de 1/2"	109
21	Gráfico de ancho de ala de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"	109
22	Gráfico de espesores de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"	110
23	Gráfico de pesos de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"	111
24	Histograma de lados de cuadrado milimétrico de 1/2"	112

25	Histograma de pesos de cuadrado milimétrico de ½"	112
26	Histograma de anchos de ala de angular milimétrico de ¾" x 1/8"	113
27	Histograma de espesores de angular milimétrico de ¾" x 1/8"	114
28	histograma de pesos de angular milimétrico de ¾" x 1/8"	114

TABLAS

I	Dimensiones de angular legítimo	14
II	Dimensiones de hembra	15
III	Dimensiones de cuadrado legítimo	15
IV	Dimensiones de varilla lisa	16
V	Dimensiones de angular milimétrico	16
VI	Dimensiones de cuadrado milimétrico	16
VII	Comparación de muestras de angular 2" x 1/8"	42
VIII	Comparación de muestras angular 2" x 3/16"	43
IX	Valores del índice de capacidad y su interpretación	60
X	Tolerancias permitidas para angulares	62
XI	Tolerancias permitidas para hembras	63
XII	Tolerancias permitidas para cuadrados	63
XIII	Tolerancias permitidas para varilla lisa	63
XIV	Tolerancias permitidas para angular milimétrico	63
XV	Tolerancias permitidas para cuadrado milimétrico	64
XVI	Especificaciones planta de perfiles	83
XVII	Reporte de análisis físico de angular	136
XVIII	Reporte de análisis físico de hembra	137
XIX	Reporte de análisis físico de cuadrado	138

XX	Reporte de análisis físico de varilla lisa	139
XXI	Control de temperaturas	140
XXII	Control de cambio de turno	141
XXIII	Hoja de observaciones	142
XXIV	Control de coladas laminadas	143
XXV	Control de producto no conforme	144
XXVI	Control de palanquilla	145
XXVII	Control de paros en la planta	146
XXVIII	Control de cambio de colada	147
XXIX	Gráfico de control	148

LISTA DE SÍMBOLOS

“	Pulgadas
mm	Milímetros
m	Metros
L E	Límite de especificaciones
Cp	Índice de capacidad del proceso
μ	Media
σ	Desviación estándar
R	Rango
EI	Especificación inferior
ES	Especificación superior

GLOSARIO

Acero	Aleación de base hierro, maleable en algún intervalo de la temperatura a que fue inicialmente fundida. Contiene manganeso, generalmente carbono, y a menudo otros elementos de aleación.
Calidad	Conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confiere la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas preestablecidas.
Calibrar	Trazado y mecanizado de las acanaladuras en la tabla de los cilindros de laminación
Defecto	Alejamiento de una característica de la calidad del nivel o estado deseado que se presenta con gravedad suficiente para dar un producto que no satisface los requerimientos de utilización normales.
Especificación	Rangos que establecen los requisitos o exigencias que el producto o servicio debe cumplir.
Laminado en caliente	Acción de deformar plásticamente un metal a tal temperatura y rapidez que no ocurra el endurecimiento por deformación. Se lleva a cabo a una temperatura considerable superior a la recristalización del material que se lamina

Palanquilla Pieza fundida de hierro, tiene normalmente sección cuadrada, en este caso de 100 mm x 100 mm y un largo de 4 m. Se obtiene del proceso de fundición de chatarra de acero utilizando un horno eléctrico de arco.

RESUMEN

Con herramientas estadísticas se evaluó la situación actual de la planta, utilizando herramientas como las cartas de control, histogramas e índice de capacidad del proceso, lo cual evidencia un proceso fuera de control estadístico debido a que se siguen utilizando procedimientos que se han implementado empíricamente con el tiempo y no permiten una estabilidad en el proceso productivo.

Los parámetros utilizados como referencia para medir el cumplimiento con especificaciones fueron los propuestos por la norma ASTM A 6/A 6M, que contiene valores requeridos y sus respectivas tolerancias. Se utilizó también esta norma para definir las especificaciones que quedarán definitivamente para evaluar el producto respecto a sus condiciones físicas de anchura, espesor y peso.

Para sistematizar la recolección de información se diseñaron instrumentos para la recolección de datos que será evaluados constantemente utilizando cartas de control, los histogramas e índices de capacidad, esto regido por una serie de procedimientos y guías de llenado de instrumentos que se evaluaron y corrigieron en la práctica para uniformar la obtención de información.

Como se evidencia en la planta, al momento de la implementación uno de los factores más importantes en la variabilidad del proceso es en si el proceso productivo, ya que éste depende de un tren de laminación constituido por varias cajas laminadoras que, por medio de rodios y calibres, le dan forma al hierro. Estos elementos sufren de desgastes constantes por el esfuerzo al que están sometidos y deben ser reemplazados constantemente.

OBJETIVOS

General

Implementar un Sistema de Control de Calidad Estadístico en la planta de perfiles de acero para controlar las características de calidad del producto y el control de la materia prima utilizando normas internacionales de calidad como referencias para su comparación

Específicos

1. Evaluar estadísticamente la calidad actual de la planta de perfiles para determinar la necesidad de implementar un control de calidad
2. Evaluar el cumplimiento de los productos que se fabrican actualmente con las especificaciones de calidad propuestas por las normas ASTM
3. Normalizar los productos de perfiles basándose en las normas ASTM de requerimientos de calidad
4. Elaborar procedimientos que guíen a los inspectores de calidad en el control de la calidad para los diferentes productos de la planta de perfiles
5. Evaluar los instrumentos y registros propuestos para la funcionalidad del sistema por medio de pruebas realizadas directamente en la planta

6. Evaluar y analizar el control estadístico de la planta de perfiles basándose en las propuestas del sistema de calidad utilizando gráficos de control, histogramas e índices de capacidad del proceso
7. Evaluar y mejorar el sistema de control de calidad propuesto para el departamento de Control de Calidad, específicamente para la planta de perfiles, por medio de la implementación de dicho sistema

INTRODUCCIÓN

Actualmente la competitividad de las empresas se mide por la respuesta y el respaldo que dan a sus clientes con productos de calidad. Por eso es necesario controlar la calidad desde la recepción de la materia prima, pasando por el proceso productivo, hasta el producto final, y esto se logra implementando sistemas de control de calidad.

Los productos elaborados por la planta de perfiles son elementos de acero laminados en caliente; el proceso de laminación tiene como objeto primordial, transformar secciones grandes de acero en otras más pequeñas de diferentes formas, hasta llegar a la barra final, que es comercializada en diferentes presentaciones (angular, hembra, cuadrado y varilla lisa).

En la actualidad el uso de perfiles en el ámbito nacional es del tipo artesanal, y los productos elaborados con estos materiales no son sometidos a grandes esfuerzos ni tensiones debido a que son utilizados comúnmente para la fabricación de puertas, balcones, verjas, estructuras sencillas, etc.; lo anterior no representa compromiso alguno con la calidad. Si se desea volverse competitivos tanto al nivel nacional como internacional, es necesario contar con herramientas que respalden la calidad del producto fabricado.

El presente estudio pretende implementar un Sistema de Control de la Calidad del producto fabricado, utilizando técnicas estadísticas para el logro de su objetivo. Dichas técnicas verificarán la calidad basándose en la implementación de normas internacionales de calidad. Se evaluarán los mecanismos para el control de calidad utilizados en la planta de perfiles y se propondrán mejoras en referencia al análisis de los resultados.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Reseña histórica

A partir de una pequeña máquina para fabricar clavos, se inicia en 1963 la historia de la Corporación Aceros de Guatemala, 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 1971, con el objeto de hacer la producción más competitiva, la Corporación se amplía con una planta galvanizadora de alambre y lámina, así como con dos hornos de arco eléctrico para la fabricación de lingote de acero.

En 1979 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 1982 se amplía la red de distribución a mayoreo y detalle, hasta contar a la fecha con nueve distribuidoras.

Años más tarde, en 1987, la Corporación adquiere INTUPERSA, Industria de Tubos y Perfiles. Buscando mayor eficiencia en la fabricación de los diferentes productos se crea SIDEQUA, Siderúrgica de Guatemala, uno de los proyectos más importantes en la historia de la industria del acero en Centro América. Ésta inicia operaciones en 1994, 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 1995 la Construcción del Centro de Energía Escuintla. Éste 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 1995, 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.

Gracias al suministro del Centro de Energía Escuintla y los nuevos procesos de reingeniería de producción y mercadeo, podrán acelerarse los planes de expansión a otros mercados. De esta forma, lo que en un inicio era un proyecto, es hoy una realidad que por medio de productos de calidad y costos competitivos a nivel mundial, contribuye a la construcción de una Guatemala integrada a la globalización.

Aceros de Guatemala, S.A. (AGSA), 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 constituida por cuatro plantas de producción:

- Planta de Laminación de Barras
- Planta de Laminación de Perfiles

- Planta de Alambre y Clavo
- Planta de Galvanización de Lámina

1.2. Misión de la empresa

La misión de la corporación es dedicarse a la investigación, compra, producción, financiamiento y distribución de productos básicos de acero y productos afines para la construcción, en Centroamérica, el Sur de México y Panamá, con miras a la expansión hacia América del Sur, México, El Caribe y los Estados Unidos

1.3. Visión de la empresa

Obtener el liderazgo total en Guatemala y Centroamérica en su línea de productos, y lograr una participación importante en nuevos mercados, tales como el Sur de México, el Caribe, Norte y Sudamérica.

Surtir, desde nuestro su parque industrial de Escuintla y otras instalaciones, usando la más alta tecnología disponible, el producto básico de acero y nuevos productos afines, verticalmente integrados por medio de la red de distribución amplia y ágil que abarca todos los mercados que se cubren.

Tener una empresa altamente profesional, rentable y respetada que fortalece su competitividad por medio de alianzas estratégicas con las empresas más dinámicas y prestigiosas del sector.

1.4. Departamento de Control de Calidad

1.4.1. 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

1.4.2. 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 jerarquización 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
- Supervisor de Bodega de producto terminado

- Control de Calidad de materia prima
- Control de Calidad de Producto en Proceso
- Control de Calidad en Producto Terminado
- Laboratorio Físico Químico
- Auxiliar de Control de Calidad

1.4.3. 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
- Buscar puntos de potencial mejora en las plantas para optimizar la productividad
- Analiza y avala reportes de calidad
- Búsqueda de puntos de potencial mejora en las plantas para optimizar la productividad
- Analiza y avala reportes de calidad y 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

Supervisor de Bodega de Producto Terminado

- Verifica que el producto terminado se encuentre debidamente identificado y listo para despachar al mercado
- Verifica la identificación del producto defectuoso en bodega
- Presenta informes a la jefatura sobre situaciones anómalas y productos a salir al mercado

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

Control de Calidad de producto en proceso

- 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 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

- Determinar la concentración ideal de compuestos químicos a usar
- Investigar los análisis que se necesitan hacer en los diferentes procesos

Auxiliar 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 de reportes mensuales de calidad de todas las plantas
- Controla inventario de insumos, útiles y papelería para el personal de todas las plantas
- Elabora requisiciones de insumos, útiles y papelería para el personal de todas las plantas
- Recibe y entrega correo del departamento de control de calidad

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Aceros de Guatemala, S.A. (AGSA), cuenta con cuatro plantas de producción:

- Planta de alambre y clavo
- Planta de laminación de barras
- Planta de galvanización de lámina
- Planta de laminación de perfiles.

A las primeras tres plantas se les han implementado sistemas de control de calidad en su proceso productivo y en la recepción de materia prima. Al implementar dicho control se ha logrado elaborar productos que cumplen con especificaciones de calidad requeridas para cada producto.

Por tal razón, se creará un Sistema de Control de Calidad específicamente para la planta de perfiles, que es la única que no cuenta en la actualidad con dicho control de calidad. El control se realizará principalmente en dos puntos del proceso de fabricación: la recepción de materia prima y el control de características físicas como anchuras de alas, espesores, pesos y diámetros.

Antes de iniciar el análisis de la situación actual de la planta de perfiles, se evalúa de manera general la situación de la empresa por medio de un análisis FODA.

Fortalezas: Tiene personal especializado dispuesto a esforzarse por llevar a cabo los objetivos de la institución y mejoras continuas; cuenta con una gran variedad de productos para satisfacer las necesidades de los clientes; productos líderes a nivel nacional; perteneciente a una corporación que le da un respaldo más sólido; tiene presencia a nivel internacional.

Oportunidades: Ampliar la variedad de sus productos; expandir y fortalecer el mercado nacional e internacional; unifica la empresa y sus distintos departamentos utilizando procesos y procedimientos enfocados a establecer la calidad total; mejora continua del proceso de producción utilizando la tecnología actual.

Debilidades: resistencia al cambio por parte del personal operativo; falta de una integración total con la calidad de los distintos departamentos de la empresa para lograr una satisfacción total del cliente; trabajo con maquinaria antigua en algunos procesos productivos.

Amenazas: creciente competencia de productos similares; exigencia de productos certificados bajo normas de calidad internacionales por parte de clientes tanto nacionales como internacional; existencia del Tratado de Libre Comercio que favorece el ingreso de productos extranjeros.

El control de calidad que se desea implementar corresponde a la planta de perfiles, por lo que se realiza 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 producto de alta calidad.

2.1. Recepción de materia prima

El proveedor envía un grupo de palanquillas o lingotes en medidas conocidas como coladas. Cada lingote viene marcado con el número de colada en sus extremos para hacer más fácil el control de cualquier defecto en ellos; cada colada trae un promedio de 210 palanquillas.

2.1.1. Descripción de la materia prima

La materia prima viene en presentaciones de lingotes o palanquillas de acero al carbón 1015, con una sección de 100 mm x 100 mm y longitud de 4 metros. Para ingresar al proceso de producción se requiere que sean cortadas a un tamaño de 2 metros de largo, este proceso se hace por medio de cortes con oxi-acetileno en la bodega de materia prima.

El acero al carbón 1015 que se utiliza como materia prima para el proceso de producción de perfiles cumple con los requerimientos propuestos por normas de calidad internacionales, en este caso las Normas ASTM (American Society for Testing Materials) y más específicamente para la materia prima, la norma ASTM A 36/A 36M.

La norma ASTM A 36/A 36M se refiere a las Especificaciones Estándar para Acero Estructural al Carbón (Standard Specification for Carbon Structural Steel). En ellas se detallan principalmente los requerimientos máximos de componentes químicos para los lingotes utilizados en la elaboración de perfiles.

2.1.2. Descripción del control de materia prima

No existe un control calidad de materia prima sistematizado. Los lingotes se ingresan al proceso de producción como llegan, confiando en la calidad del proveedor. Se realiza una verificación vaga por parte de las personas que cortan los lingotes antes de ser trasladados al horno de recalentamiento; si se detecta una anomalía, son separados.

En la colocación y ordenamiento de lingotes en la cama de ingreso al horno son revisados también de una manera superficial por la persona que los ordena. No se cuenta con una persona encargada y especializada para verificar propiamente la calidad de materia prima ingresada al proceso de producción.

Para lograr homogeneidad en el producto final, se debe ingresar al proceso productivo lingotes de una misma colada, lo cual ayudará a la identificación de causas que provocan la existencia de producto defectuoso por problemas que presente cierta colada.

2.1.3 Causas de la falta de control en la materia prima

La utilización de palanquillas o lingotes con defectos provoca averías en el proceso productivo. Esto tiene varias consecuencias, incluyendo por supuesto los costos en los que se incurre. Entre estas consecuencias se pueden mencionar:

- Paros en la producción
- Desperdicio de materia prima y producto en proceso
- Averías en la maquinaria
- Accidentes laborales.
- Producto terminado defectuoso
- Producto terminado de baja calidad

2.2. Análisis del proceso de producción

2.2.1. Descripción de los productos

Los productos que se fabrican en la planta de perfiles son de acero laminados en caliente en diferentes dimensiones y se conocen en el mercado como angular legítimo, hembras, cuadrado legítimo, varilla lisa, angular milimétrico y cuadrado milimétrico.

En el mercado existen dos clases de perfiles: los conocidos como legítimos y los milimétricos. El milimétrico, también conocido como comercial, se vende en medidas iguales que los legítimos, solamente que existe una reducción en el peso que lo convierte en producto más económico y, debido a que los perfiles en nuestro medio son utilizados a nivel artesanal para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, barandas, estructuras metálicas pequeñas, carrocerías, etc., es el más vendido.

Ya que el peso de los perfiles es proporcional a su sección, alguna de estas características, como espesor para angulares o anchura para cuadrados, también deben disminuir. Esta reducción en las medidas de los perfiles es propuesta por la empresa.

Esto se puede identificar en la fórmula que se utiliza para calcular el peso de los perfiles, que es igual al volumen por el peso específico del material; luego, el volumen está calculado por el área multiplicado por la longitud, y es en el área donde se puede reducir el peso reduciendo el espesor o la anchura de ala para angulares, el diámetro en los redondos y el ancho en los cuadrados.

$$\text{Peso} = \text{volumen} * \text{peso específico}$$

$$\text{Peso} = \text{área} * \text{longitud} * \text{peso específico.}$$

Todos los perfiles se elaboran en varillas de 6 metros de longitud.

Los angulares son piezas cuya sección transversal está formada por dos alas de igual ancho en ángulo recto. Se identifican según el ancho de ala y su espesor: por ejemplo, un angular de 2 pulgadas de ala y $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor se conoce en el mercado como un angular de 2" x $\frac{1}{4}$ ". Estos productos se encuentran en diferentes combinaciones de anchos de alas y espesores como se indica en la siguiente tabla, donde se detallan todos los tamaños de angular legítimo que fabrica la planta de perfiles.

Tabla I. Dimensiones de angular legítimo

Descripción	Ala (mm)	Espesor (mm)	Largo (m)
1/2" X 1/8"	12.7	3.2	6
5/8" X 1/8"	15.9	3.2	6
3/4" X 1/8"	19.0	3.2	6
1" X 1/8"	25.4	3.2	6
1" X 3/16"	25.4	4.7	6
1" X 1/4"	25.4	6.4	6
1 1/4" X 1/8"	31.7	3.2	6
1 1/4" X 3/16"	31.7	4.7	6
1 1/4" X 1/4"	31.7	6.4	6
1 1/2" X 1/8"	38.1	3.2	6
1 1/2" X 3/16"	38.1	4.8	6
1 1/2" X 1/4"	38.1	6.4	6
2" X 1/8"	50.8	3.2	6
2" X 3/16"	50.8	4.7	6
2" X 1/4"	50.8	6.4	6

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S. A.

La hembra es una pieza de sección plana. Se identifica según su anchura de ala y su espesor en pulgadas: hembra de 1" x $\frac{1}{4}$ " indica un ancho de una pulgada por un $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor. La hembra no se produce en milimétrico, solamente en legítimo.

Tabla II. Dimensiones de hembra

Descripción	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo (m)
1/2" X 1/8"	12.7	3.2	6
1/2" X 3/16"	12.7	4.7	6
3/4" X 1/8"	19.0	3.2	6
3/4" X 3/16"	19.0	4.7	6
1" X 1/8"	25.4	3.2	6
1" X 3/16"	25.4	4.7	6
1" X 1/4"	25.4	6.4	6
1 1/4" X 1/8"	31.8	3.2	6
1 1/4" X 3/16"	31.8	4.7	6
1 1/2" X 1/8"	38.1	3.2	6
1 1/2" X 3/16"	38.1	4.7	6
1 1/2" X 1/4"	38.1	6.4	6

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

La varilla cuadrada es una pieza de sección cuadrada. Se fabrica dos tipos, la de 3/8" y la de 1/2".

Tabla III. Dimensiones de cuadrado legítimo

Descripción	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo (m)
3/8"	9.5	9.5	6
1/2"	12.7	12.7	6

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

La varilla lisa es una pieza con sección redonda y superficie lisa. Se fabrica en varias medidas, como se indica en la tabla siguiente

Tabla IV. Dimensiones de varilla lisa

Descripción	Diámetro (mm)	Largo (m)
3/8"	9.3	6
1/2"	12.5	6
5/8"	15.6	6
3/4"	18.8	6

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

Los productos milimétricos solamente se fabrican en angulares y cuadrados en las siguientes medidas.

Tabla V. Dimensiones de angular milimétrico

Descripción	Ala (mm)	Espesor (mm)	Largo (m)
3/4" X 1/8"	19.0	2.8	6
1" X 1/8"	25.4	2.8	6

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

Tabla VI. Dimensiones de cuadrado milimétrico

Descripción	Ancho (mm)	Largo (m)
3/8"	9.0	6
1/2"	11.3	6

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

2.2.2. Diagramas de flujo y de recorrido

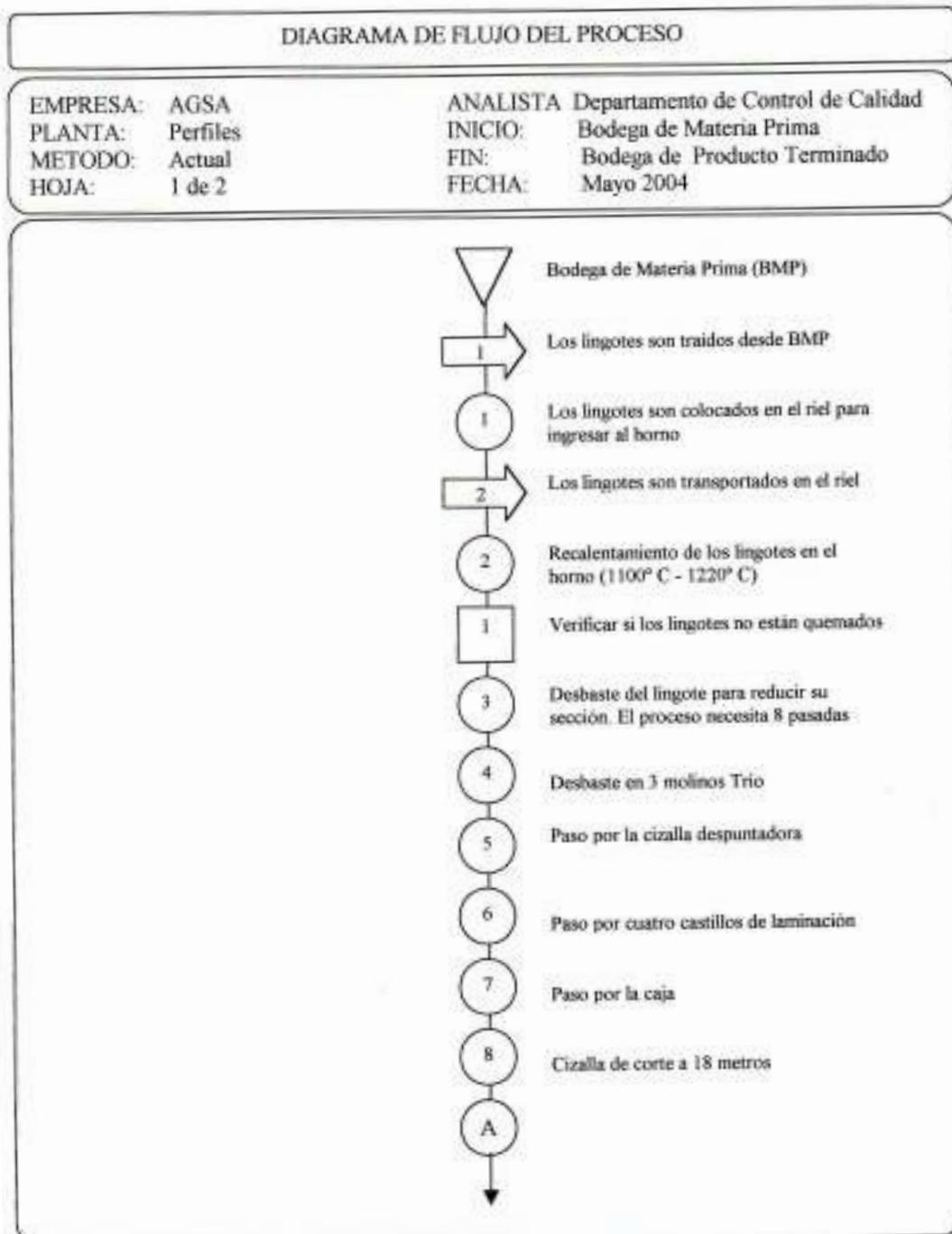
El proceso de producción se inicia con el traslado de los lingotes de la bodega de materia prima a la cama de ingreso y al horno por medio de un montacargas que los sube a la cama de ingreso al horno. Dicha cama está a una altura de 2 metros del suelo. El lingote pasa por un horno de calentamiento cuya temperatura se encuentra entre 1100° C y 1200° C. Este proceso se conoce como recalentamiento.

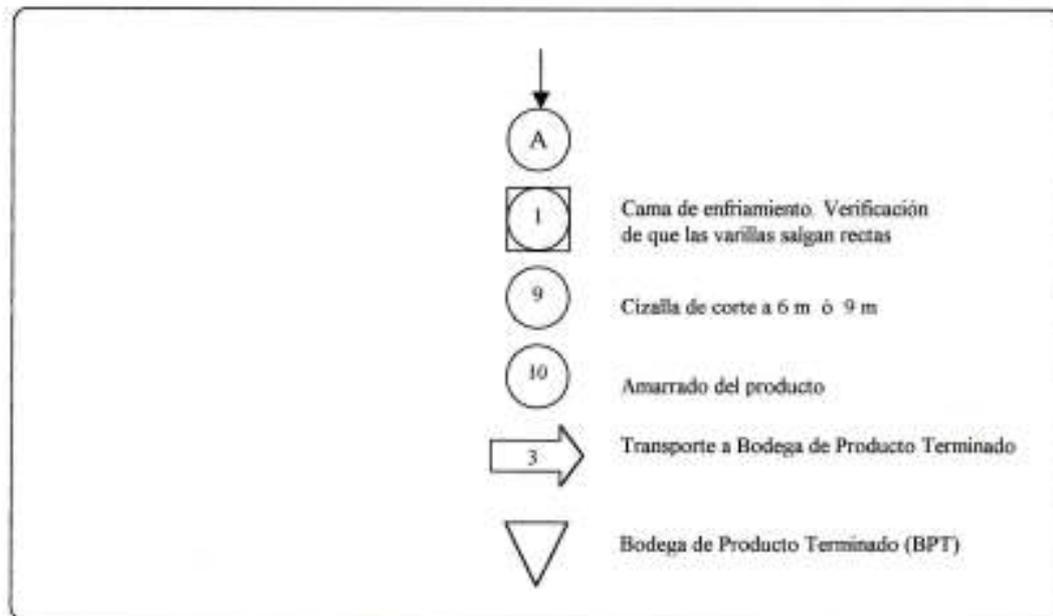
Luego de calentar y homogenizar su temperatura, la palanquilla sale al rojo del horno y cae al tren de desbaste para la reducción de su sección y alargamiento. En este momento se revisa el lingote para que lleve la temperatura adecuada. Si no cumple con esta temperatura, se retira y no se ingresa al proceso de producción, clasificando dicho lingote como lingote quemado.

El lingote empieza a ser laminado y pasa a través de un tren de desbaste constituido por una caja trío en la cual el lingote sufre las primeras ocho reducciones de sección; en seguida pasa a través de tres castillos que también le reducen su sección; luego pasa por la cizalla despuntadora, que corta la punta y el final de la barra; después pasa a través de cuatro castillos de laminación constituidos por cajas dúo para seguir reduciendo su sección y, finalmente, a través del castillo acabador, constituido por caja dúo.

Luego del proceso que da la forma al perfil, pasa por una cizalla, la cual corta el producto con una longitud de 18. Finalmente el producto cae en una cama de enfriamiento para después pasar por otra cizalla que corta el producto a 6 metros. Luego se agrupan los perfiles en atados para poder ser transportados a bodega de producto terminado.

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso

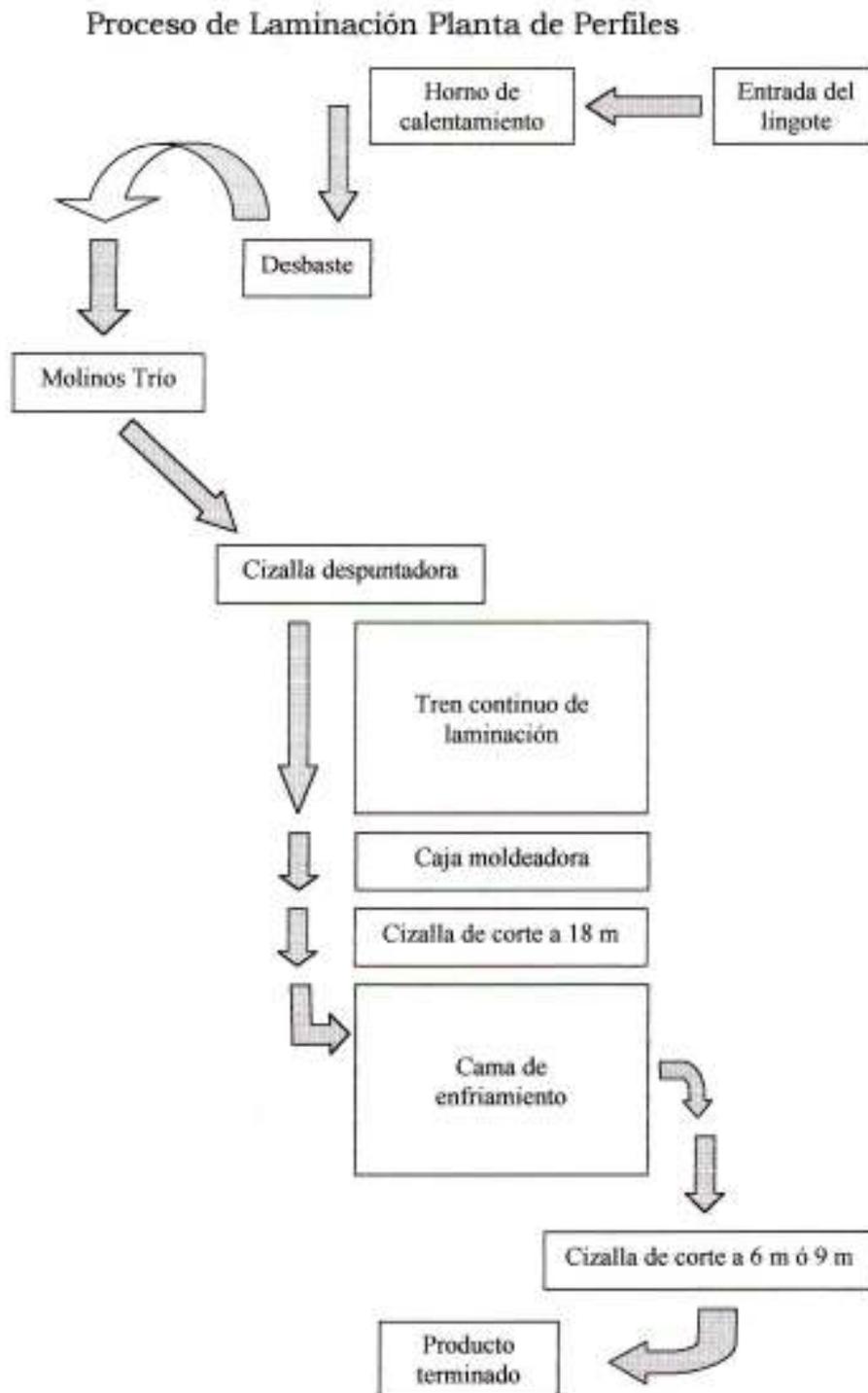




OBSERVACIONES

El tiempo de laminación de un lingote desde que sale de la bodega de materia prima no es constante, depende del comportamiento del sistema productivo.

Figura 2. Proceso de laminación planta de perfiles



2.2.3. Análisis de puntos críticos de control

Un punto de control actual es el que se realiza en la materia prima. Aunque no es un proceso regulado, se realiza de igual forma. Éste representa uno de los factores que minimizan costos en el proceso, debido a que el proceso puede interrumpirse por lingotes de mal calidad o con defectos, así como fabricar producto de mala calidad que merezcan ser rechazado.

El punto de control más importante ocurre cuando la varilla sale del castillo que les da la forma. Es aquí donde se sacan las muestras para el análisis de las características físicas, como lo son los anchos de ala, espesores, diámetros y pesos. Dicha muestra se corta cuando se encuentra sobre la cama de enfriamiento.

2.2.4. Análisis de la calidad actual

Actualmente se cuenta con un registro de muestras tomadas cada hora y graficadas en cartas de control, utilizando como límites los de especificaciones. Existen varias causas por las cuales los límites propuestos actualmente no son factibles para medir la calidad del producto.

Los valores que se están utilizando actualmente como especificaciones no son proporcionales con el peso, debido a que el peso, el espesor y el ancho de los perfiles están íntimamente ligados si se toma de referencia la formula para calcular el peso, se verá que es igual al volumen por el peso específico del material, donde el volumen está determinado por el área multiplicado por la longitud.

Las tolerancias propuestas actualmente no están basadas en normas de calidad, y las utilizadas en la planta de perfiles, son más pequeñas por lo que la amplitud de los límites de especificación son más cerrados y es más difícil cumplir con estas especificaciones.

El problema de utilizar valores menores en tolerancias se presenta en la mayoría de las características que se consideran importantes para medir la calidad, como lo son longitudes de alas, anchos, espesores, diámetros y pesos. Este problema se deriva del hecho de que en ningún momento se consideraron formalmente normas internacionales para regular el producto, y éste es uno de los objetivos del presente trabajo: la normalización de los productos sobre normas de requerimiento de calidad internacionales, en este caso la ASTM 6/A 6M.

En la variable de peso es donde más se refleja este problema. Por ejemplo para angular $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{8}$ " el peso utilizado actualmente es de 675 gr/m y el de las normas ASTM es de 558 gr/m. Además, las tolerancias son de ± 5 para el proceso actual y de ± 14 según normas ASTM. Lo mismo sucede con el angular de 2" x $\frac{1}{4}$ ", cuyo peso normado actual es de 4480 gr/m y el de las normas ASTM es de 4783. Además la tolerancia actual es de ± 30 y según las normas ASTM de ± 120 . Cabe mencionar que en el proceso actual de producción no se está controlando el peso de los perfiles.

Se evaluará el proceso de producción calculando los límites de control para las características de calidad de algunos perfiles, ya que en general todos los perfiles tienen la misma tendencia; para evaluar la capacidad del proceso de cumplir con especificaciones se utilizarán los índices de capacidad y los histogramas. Esta evaluación se realizará tomando como referencia los requerimientos propuestos por la norma ASTM 6/A 6M para las tolerancias.

Para el análisis se utilizarán las cartas individuales debido a que en los registros actuales solamente se cuenta con una muestra por hora, y cada medición particular de la característica de calidad que se obtiene se grafica en una carta de control. Para estimar la variabilidad de estas mediciones se acostumbra usar el rango móvil de dos observaciones consecutivas.

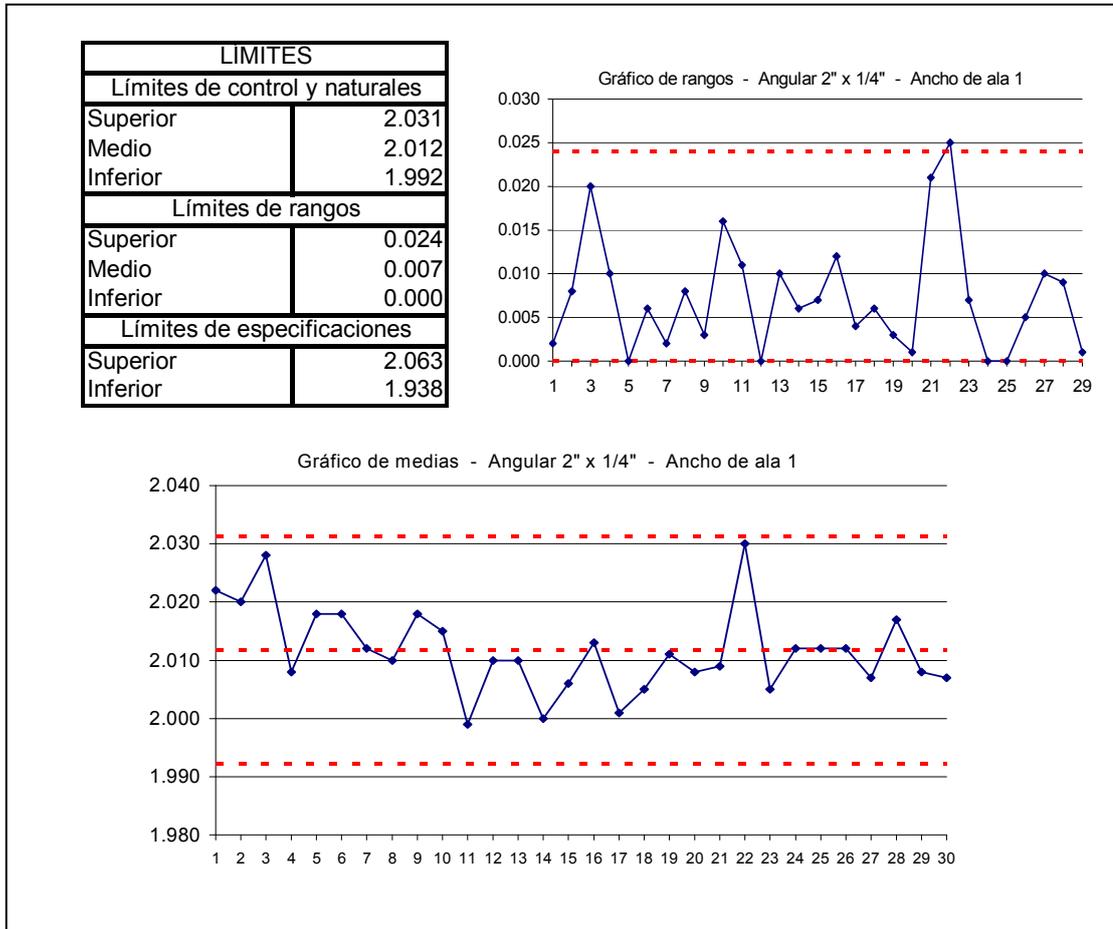
Como los límites de control reflejan la variabilidad de las muestras individuales, estos son los mismos que los límites naturales del proceso que se utilizan para comparar si el proceso puede cumplir con las especificaciones; comparan la amplitud de la variación del proceso contra el ancho de las especificaciones, da como resultado el índice de capacidad del proceso.

Los límites naturales del proceso y los de las especificaciones se grafican sobre el histograma de cada característica de calidad para observar gráficamente el comportamiento del proceso actual.

Para la comparación del proceso con los límites de especificación se toman las características de calidad requeridas por las normas ASTM. Además, no se pueden evaluar todos los productos con estas herramientas debido a que son varios perfiles con las mismas forma pero con diferentes dimensiones y cada uno con sus características de calidad a evaluar (por ejemplo en el angular debe evaluarse la longitud de ala 1, la longitud de ala 2, el espesor de ala 1, espesor de ala 2, peso; para hembra la anchura de ala, el espesor y el peso), aunque la tendencia es la misma para todos.

2.2.4.1. Análisis por medio de gráficos de control

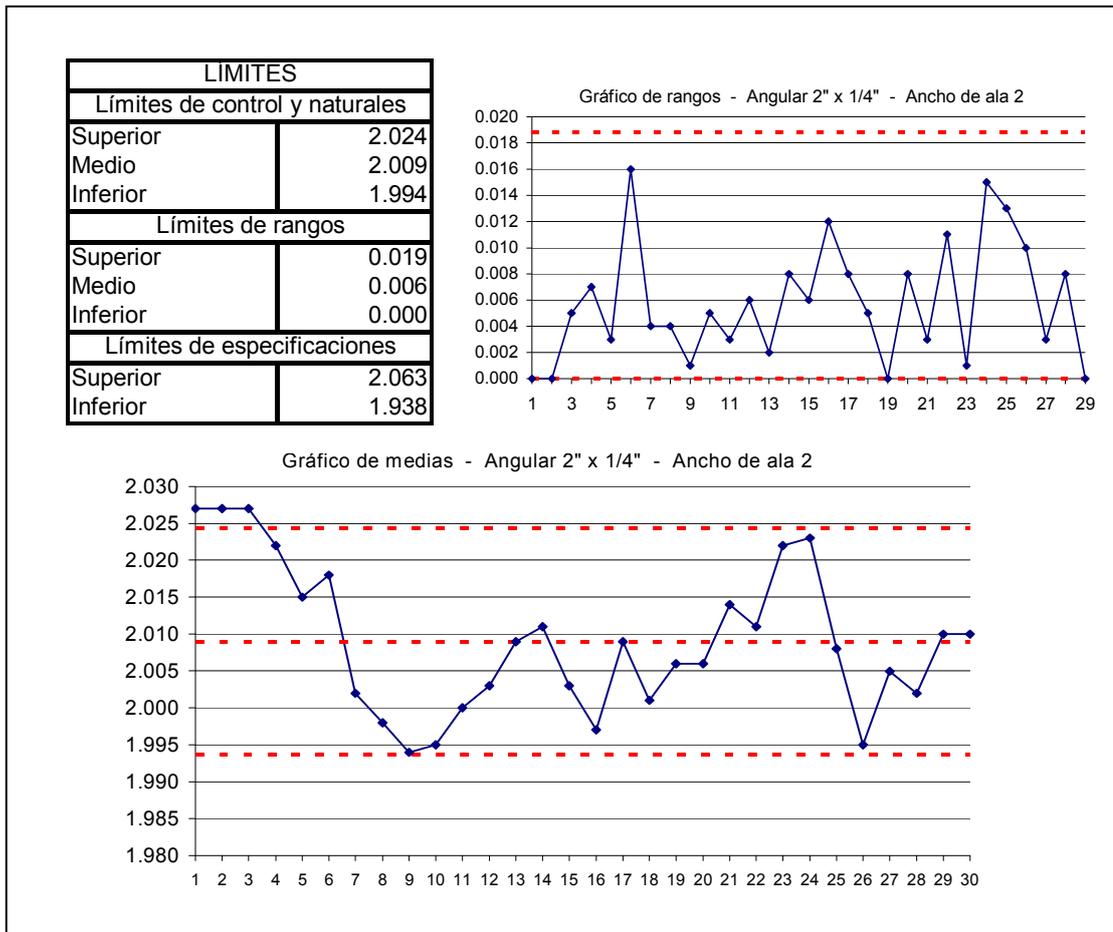
Figura 3. Análisis ancho de ala 1, angular 2" x 1/4"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad, debido a que varias muestras presentan situaciones anormales en el proceso: la muestra 22 se salió del límite superior, hay un salto brusco de la muestra 20 a la 21 y de la 22 a la 23, las muestras 5, 12, 24 y 25 están sobre el límite inferior. Las longitudes del ala 1 para angulares de 2"x1/4" se mantuvieron bajo control estadístico, aunque existió una situación anómala con la muestra 22 por estar muy cerca del límite superior y presentar un salto brusco, como se observa en el gráfico de medias.

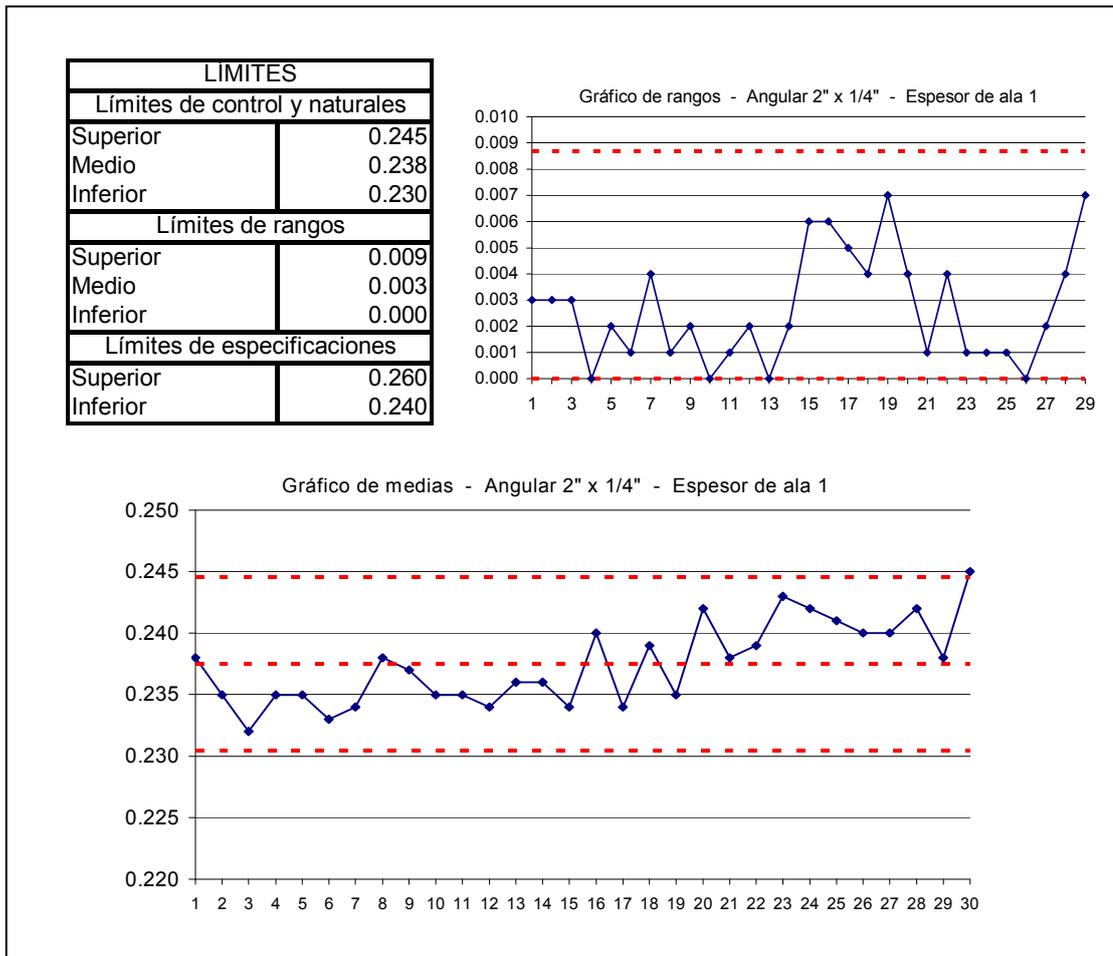
Figura 4. Análisis ancho de ala 2, angular 2" x 1/4"



Fuente. Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad debido a que varias muestras están sobre el límite inferior; además, presenta saltos bruscos entre muestras. Las longitudes del ala 2 para angulares de 2"x1/4" no se mantuvieron bajo control estadístico debido a que las muestras 1, 2 y 3 estuvieron sobre el límite superior; la muestra 9 estuvo sobre el límite inferior, y la muestra 26 estuvo muy cerca del límite inferior después de haber caído del extremo superior.

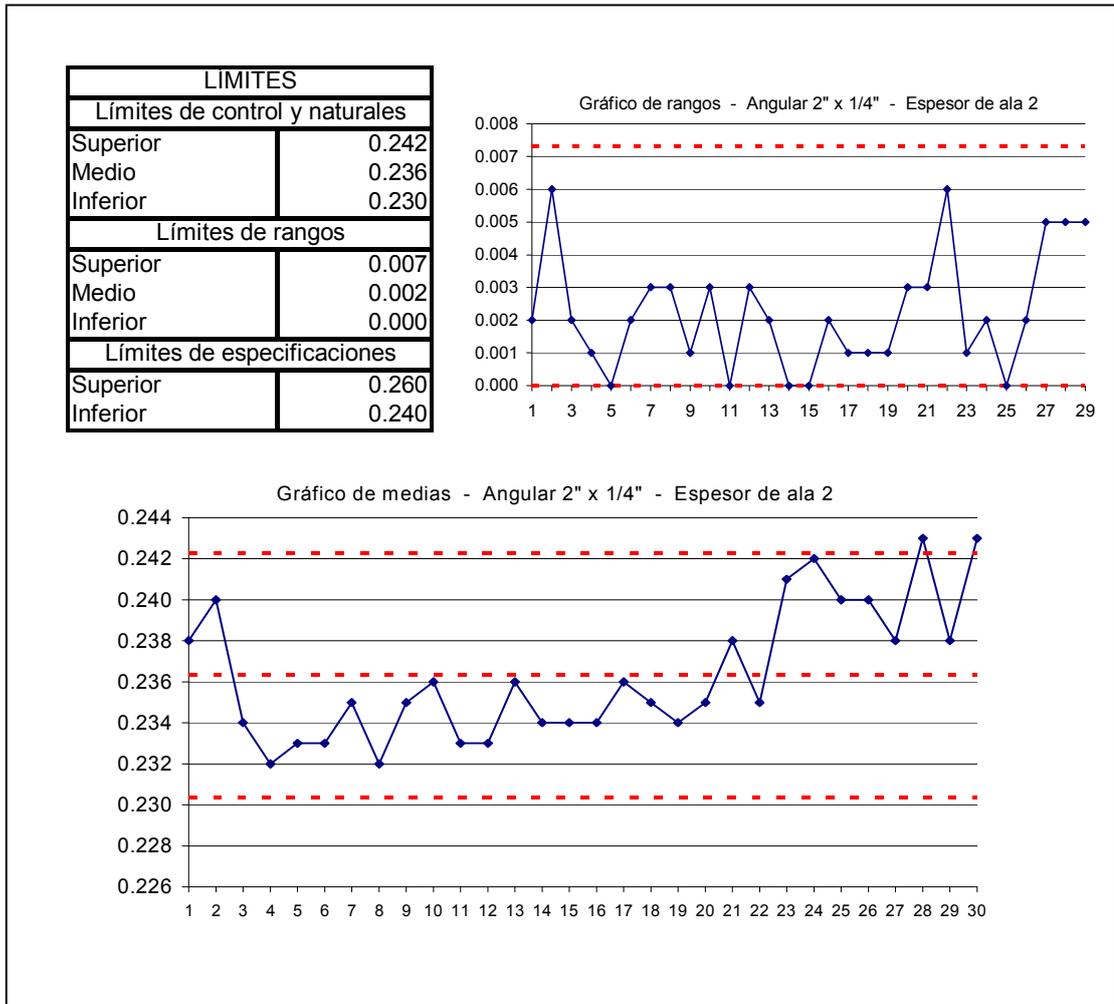
Figura 5. Análisis espesor de ala 1, angular 2" x 1/4"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad debido a que cuatro muestras están sobre el límite inferior; además, existen muchos saltos bruscos entre muestras. Los espesores del ala 1 para angulares de 2"x1/4" no se mantuvieron bajo control estadístico debido a que la muestra 30 se salió del límite superior.

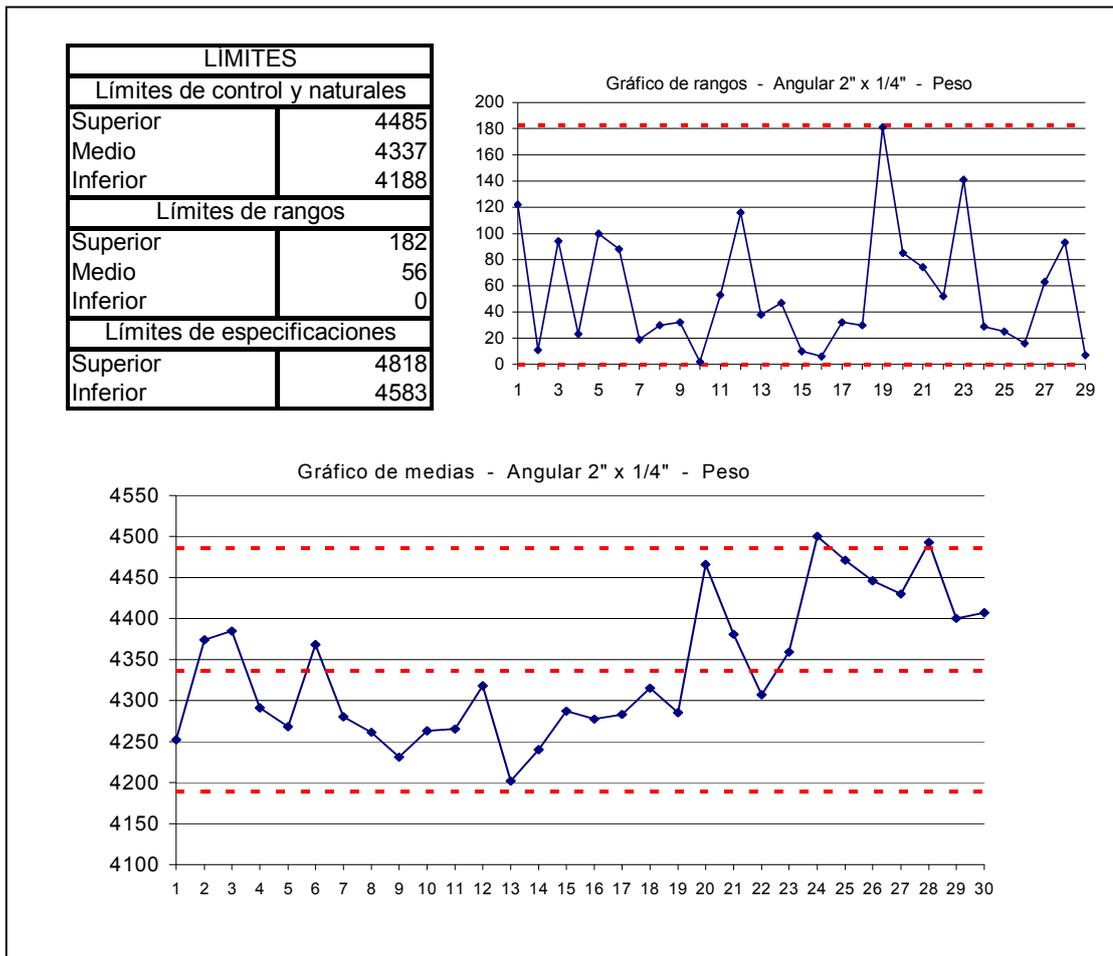
Figura 6. Análisis espesor de ala 2, angular 2" x 1/4"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad debido a que 5 muestras están sobre el límite inferior. Los espesores del ala 2 para angulares de 2"x1/4" no se mantuvieron bajo control estadístico debido a que las muestras 28 y 30 se salieron del límite superior; la muestra 24 está cerca del límite superior.

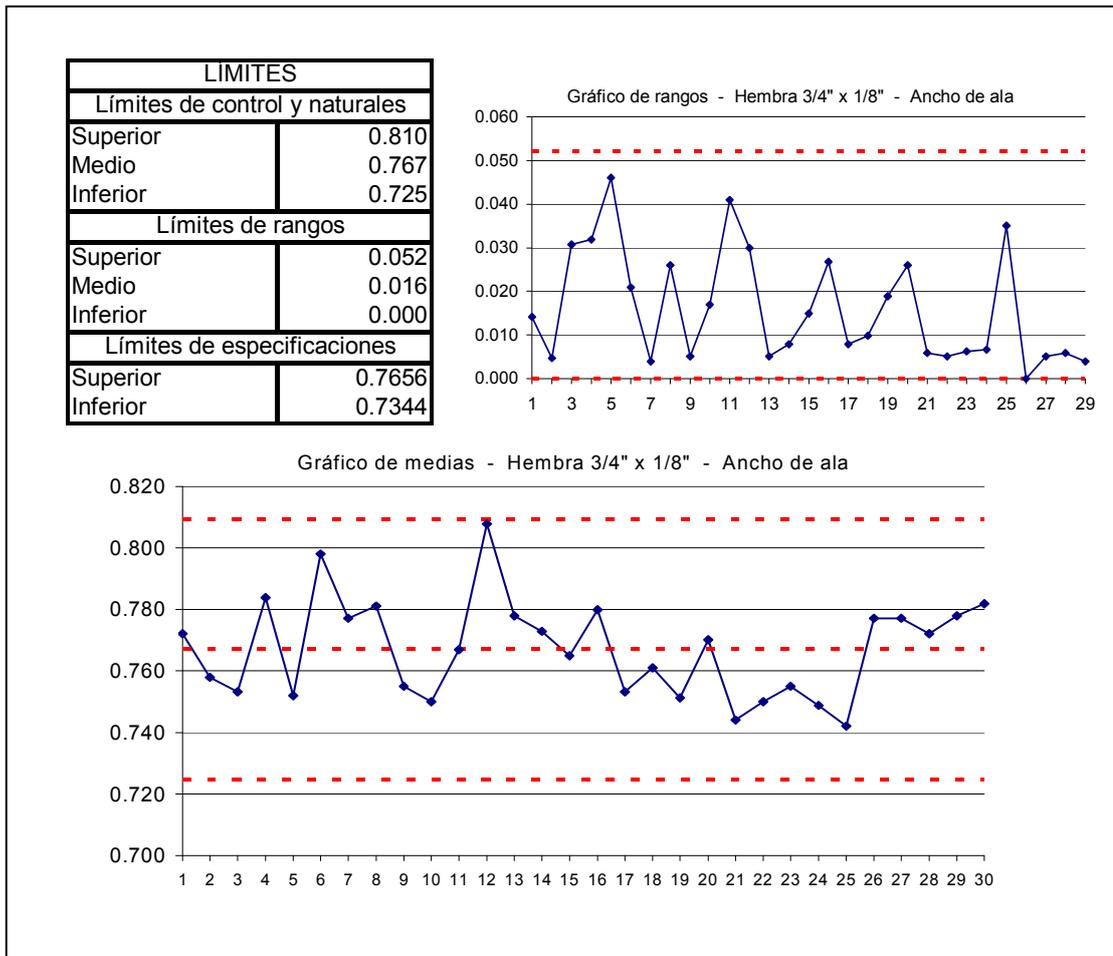
Figura 7. Análisis de peso, angular 2 x 1/4 “



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad debido a que las muestras 10, 16 y 29 están sobre el límite inferior; la muestra 19 esta sobre el límite superior y muestra un salto brusco hasta el límite superior. Los pesos del angulares de 2" x 1/4 " no se mantuvieron bajo control estadístico debido a que las muestras 24 y 28 se salieron del límite superior.

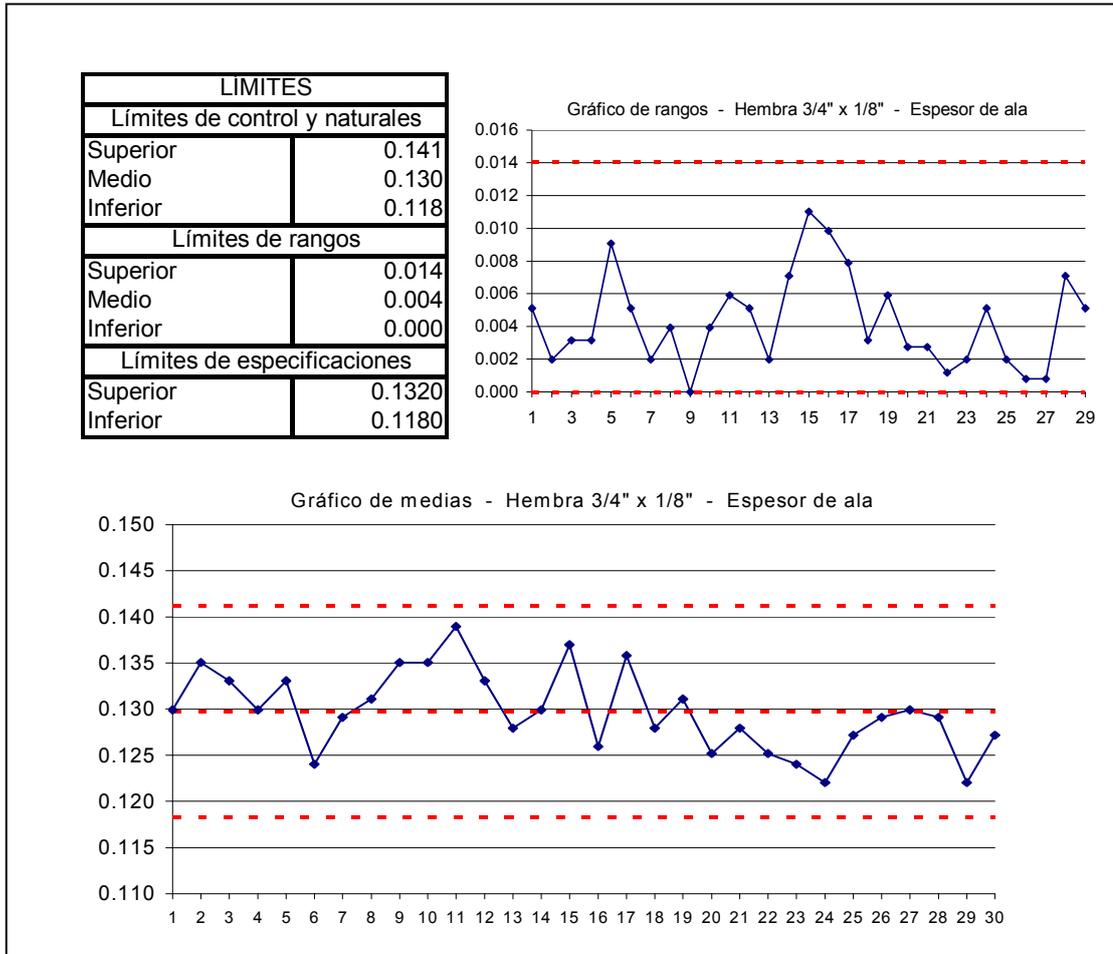
Figura 8. Análisis de ancho de ala, hembra 3/4" x 1/8"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad debido a que la muestra 26 está sobre el límite inferior. Los anchos de alas para hembras de 3/4" x 1/8" no se mantuvieron bajo control estadístico debido a que la muestra 12 está sobre el límite superior.

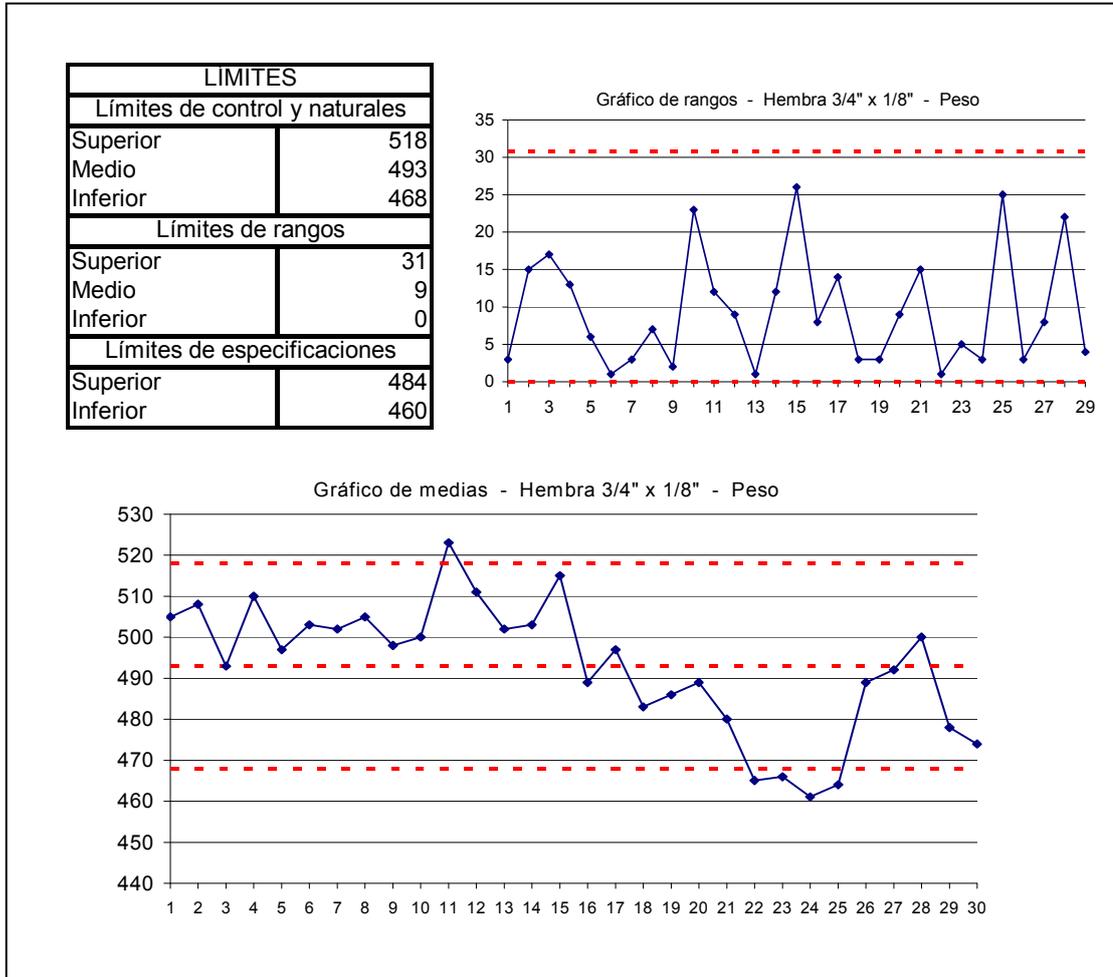
Figura 9. Análisis de espesor de ala, hembra 3/4" x 1/8"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

El proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad debido a que la muestra 9 está sobre el límite inferior. Los espesores de ala para hembras de 3/4" x 1/8" se mantuvieron bajo control estadístico.

Figura 10. Análisis de peso, hembra 3/4" x 1/8"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

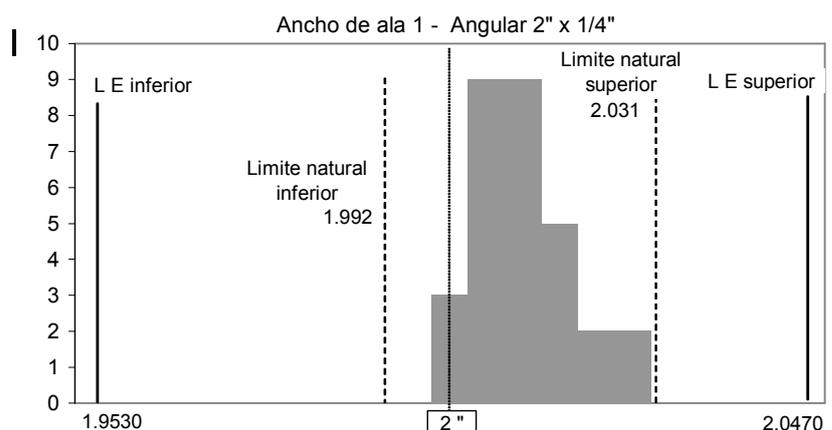
El proceso se encuentra bajo control estadístico respecto a la variabilidad, aunque varias muestras estuvieron cerca del límite inferior y presentan saltos bruscos. Los pesos de hembras no se mantuvieron bajo control estadístico debido a que la muestra 11 está sobre el límite superior y las muestras 22, 23, 24 y 25 están abajo del límite inferior. También, a partir de la muestra 15 el proceso comienza a descender hasta llegar abajo del límite inferior en la muestra 22.

En general, en los gráficos de rangos se deben identificar las causas por las cuales no hubo variación entre muestras que son identificadas por los puntos sobre el límite inferior. Aunque pudo ser una situación normal en el proceso pudo deberse de igual forma a una falta de exactitud al tomar las mediciones.

Hay que vigilar los saltos bruscos en las cartas de control porque son también causas que provocan inestabilidad en el proceso. En los gráficos de rangos se puede observar que la variabilidad entre muestras es bastante grande; así también, muchas veces los rangos del proceso son muy amplios y esto perjudica la calidad de los perfiles porque indica que existe mucha variación entre muestras.

2.2.4.2. Análisis por medio de histogramas

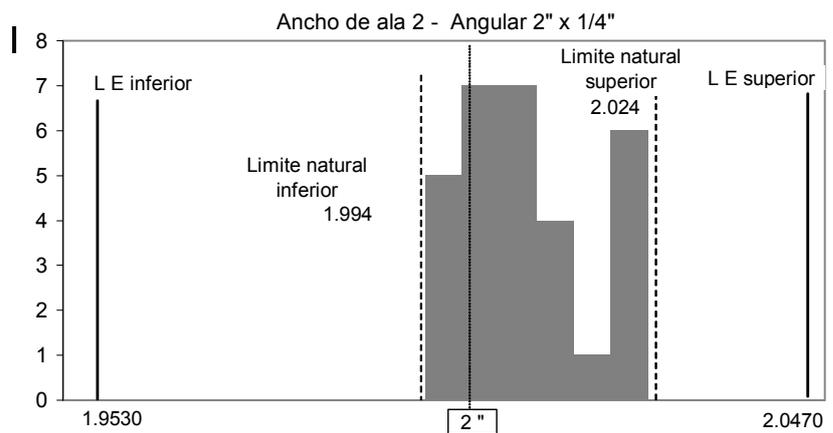
Figura 11. Histograma ancho de ala 1, angular 2" x 1/4"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 9 se puede observar la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones respecto al ancho de ala debido a que los límites naturales del proceso se encuentran sobradamente dentro de los límites de especificación. Aunque el proceso no se encuentra centrado y está bastante tendido a la derecha del valor central nominal de 2", ello no afecta la calidad del producto y es positiva para el cliente, ya que se le está dando producto con una anchura de ala mayor a las 2".

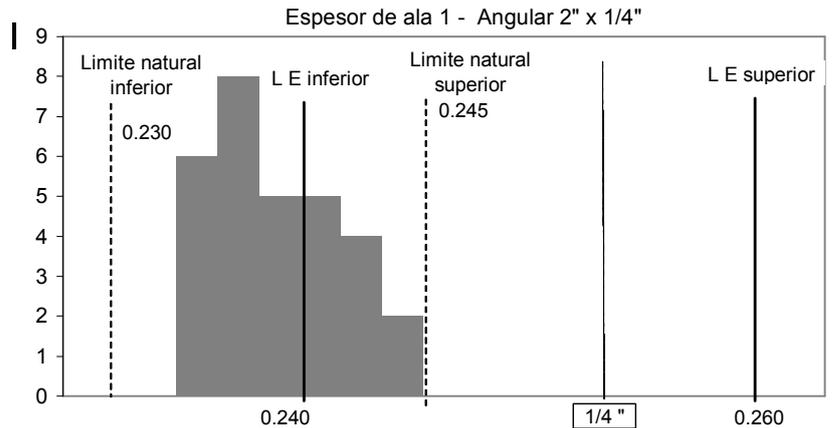
Figura 12. Histograma ancho de ala 2, angular 2" x 1/4"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 10 se puede observar la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones debido a que los límites naturales del proceso se encuentran sobradamente dentro de los límites de especificación. Aunque el proceso no se encuentra centrado y está bastante tendido a la derecha del valor central esperado, como ocurre con el ancho de ala 1, también es positivo para el cliente ya que se le está dando producto con un ancho de ala mayor a las 2"

Figura 13. Histograma espesor de ala 1, angular 2" x 1/4"

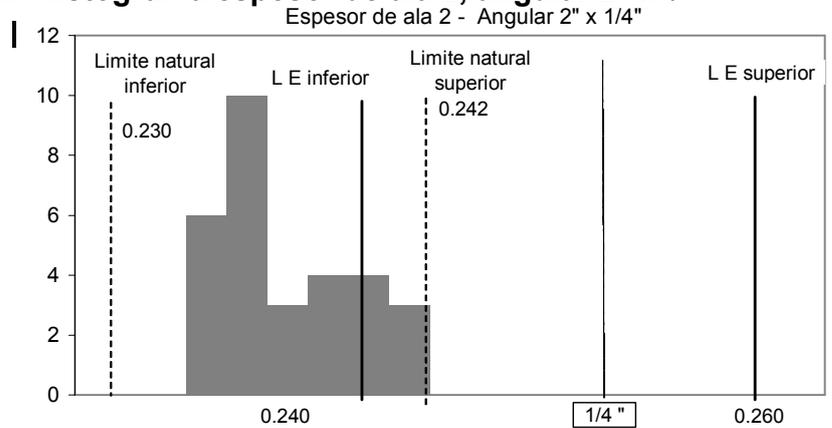


Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 11 se observa que el proceso está completamente tendido hacia la izquierda del valor nominal de 1/4", lo cual indica que se están produciendo angulares con espesores menores al valor nominal, solamente el límite superior del proceso cae dentro de los límites de especificaciones. El límite superior, aunque cae dentro de los límites de especificación, todavía está debajo del valor nominal de 0.250 de pulgada (1/4")

Si se sobreponen los límites naturales sobre los límites de especificaciones, se nota que se podría cumplir con las especificaciones debido a que la variabilidad del proceso es menor al ancho de las especificaciones y se puede cumplir con ellas aumentando el ancho de los espesores hasta los 0.250 de pulgada.

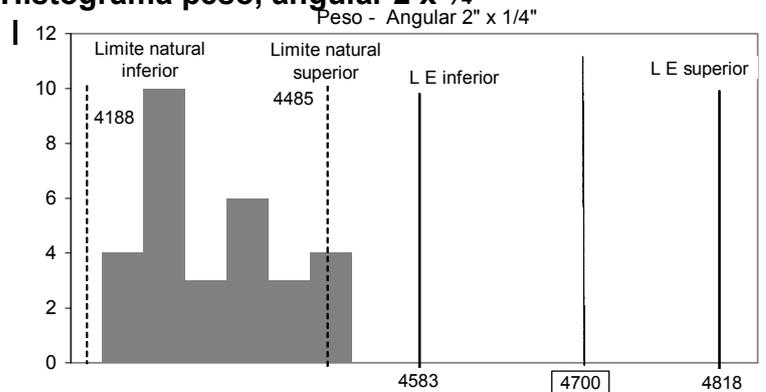
Figura 14. Histograma espesor de ala 2, angular 2" x 1/4"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 12 se observa que el proceso está completamente tendido hacia la izquierda, lo cual indica que se están produciendo angulares con espesor menor al valor nominal de 1/4 de pulgada. El límite superior, aunque cae dentro de los límites de especificación, todavía está debajo del valor nominal de 0.250 de pulgada (1/4"). Si se sobreponen los límites naturales sobre los límites de especificaciones, se nota que se podría cumplir con las especificaciones debido a que la variabilidad del proceso es menor al ancho de las especificaciones, por lo que hay que aumentar el ancho de los espesores hasta los 0.250 de pulgada.

Figura 15. Histograma peso, angular 2 x 1/4 "

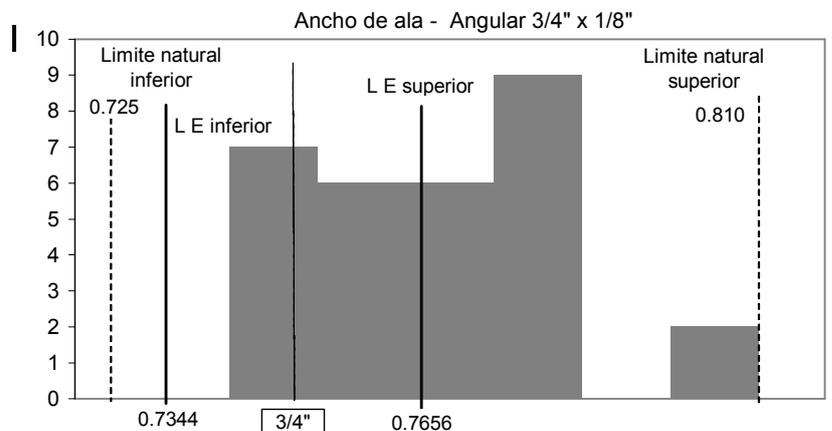


Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En la figura 13 se observa que el proceso está tendido hacia la izquierda y completamente fuera de los límites de especificaciones, lo que indica que se está produciendo producto con peso menor al valor nominal para angulares de 2" x 1/4".

Si se sobreponen los límites naturales sobre los límites de especificaciones, se nota que la variación del proceso es mayor que la amplitud de los límites de especificación y no se puede cumplir con las especificaciones, por lo que se debe buscar la forma de reducir esta variabilidad, además de aumentar el peso. El aumento del peso puede lograrse aumentando los espesores de ala a sus valores nominales, debido a que éstos están por debajo de ellos.

Figura 16. Histograma ancho de ala, hembra 3/4" x 1/8"

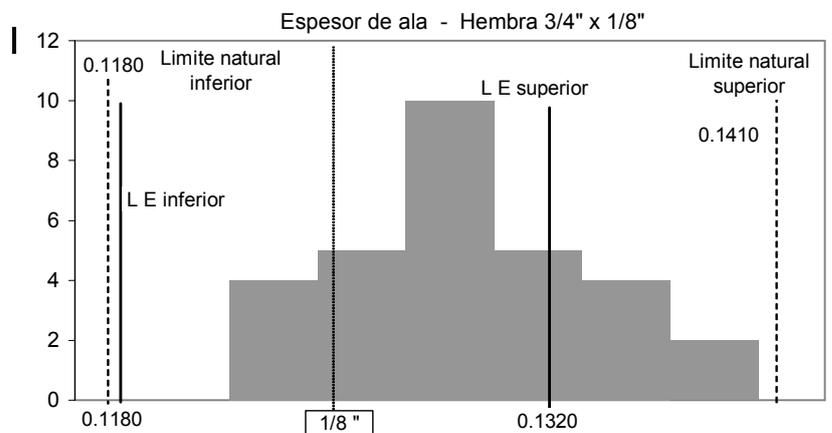


Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala S.A.

En el histograma de la figura 14 se observa que el proceso está tendido hacia la derecha del valor medio y se está produciendo hembra con un ancho de ala mayor al valor nominal de 3/4 de pulgada. Solamente el limite inferior del proceso cae dentro de los límites de especificaciones.

Como se puede observar, los límites de especificaciones están contenidos dentro de los límites del proceso, lo que indica que el proceso no puede cumplir con las especificaciones por tener una variación mayor al ancho de las especificaciones. Se deben identificar las causas de la variación y reducirlas.

Figura 17. Histograma espesor de ala, hembra 3/4" x 1/8"

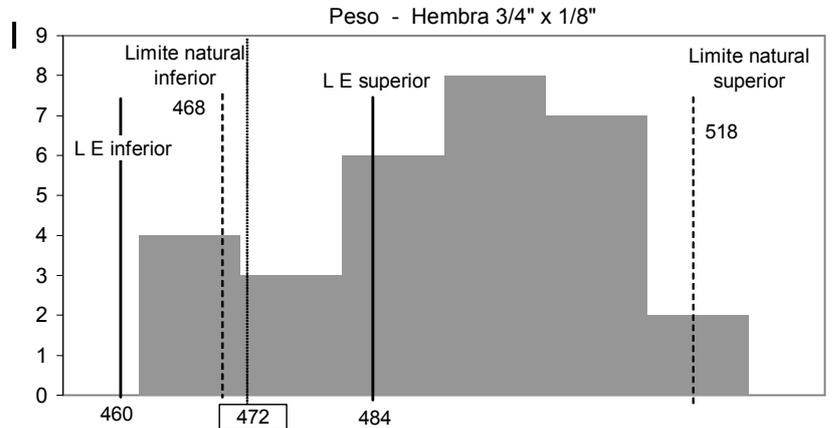


Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma de la figura 15 se observa que el proceso está tendido hacia la derecha del valor central nominal de 1/8" y se está produciendo hembra con espesor mayor al valor nominal de 1/8 de pulgada; además, el límite de especificación inferior es el mismo que el límite inferior del proceso.

Si se sobreponen los límites de especificaciones sobre los de proceso, se observa que no se puede cumplir con las especificaciones por tener el proceso una variación mayor a las especificaciones.

Figura 18. Histograma peso, hembra 3/4" x 1/8"



Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se observa que el proceso está tendido hacia la derecha del valor medio nominal y se está produciendo hembra con un peso mayor al valor nominal. Solamente el límite inferior del proceso cae dentro de los límites de especificaciones, y si se sobreponen sobre los límites del proceso los de especificaciones se nota que no se puede cumplir con dichas especificaciones debido a que la variabilidad del proceso es mayor que el ancho de las especificaciones. Como el ancho de ala y el espesor es mayor al valor nominal, por consiguiente el peso tiende a aumentar también. Se deben identificar las causas de la variación y reducirlas.

2.2.4.3. Análisis por medio de índices de capacidad

Ancho de ala 1 angular 2" 1/4"

Índice de capacidad del proceso
Cp = 2.4

El Índice de Capacidad del Proceso es excelente por sobrepasar considerablemente el valor nominal 1.33, que indica un proceso más que adecuado para cumplir con las especificaciones.

Ancho de ala 2 angular 2" ¼"

Índice de capacidad del proceso
3.1

El Índice de Capacidad del Proceso es excelente por sobrepasar considerablemente el valor nominal 1.33 que indica un proceso más que adecuado para cumplir con las especificaciones.

Espesor de ala 1 angular 2" x ¼"

Índice de capacidad del proceso
1.42

El Índice de Capacidad del Proceso es excelente por sobrepasar el valor nominal 1.33 que indica un proceso más que adecuado para cumplir con las especificaciones

Espesor de ala 2 angular 2" x ¼"

Índice de capacidad del proceso
1.68

El Índice de Capacidad del Proceso es excelente por sobrepasar el valor nominal 1.33 que indica un proceso más que adecuado para cumplir con las especificaciones.

Peso angular 2 x ¼ "

Índice de capacidad del proceso
0.79

El Índice de Capacidad del Proceso indica que el proceso no es adecuado para el trabajo debido a que este valor es menor a uno. La variación del proceso en el peso es muy grande respecto a las especificaciones.

Ancho de ala hembra $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

Índice de capacidad del proceso
0.37

El Índice de Capacidad del Proceso indica que el proceso no es adecuado para el trabajo debido a que este valor es menor a uno. Aunque el ancho de ala que se ofrece al cliente sea mayor al valor nominal, la variación del proceso es muy grande.

Espesor de ala hembra $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

Índice de capacidad del proceso
0.62

El Índice de Capacidad del Proceso indica que el proceso no es adecuado para el trabajo debido a que este valor es menor a uno. Aunque el espesor de ala que se ofrece al cliente sea mayor al valor nominal, la variación del proceso es muy grande.

Peso hembra $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

Índice de capacidad del proceso
0.48

El Índice de Capacidad del Proceso indica que el proceso no es adecuado para el trabajo debido a que este valor es menor a uno. Aunque el peso que se ofrece al cliente sea mayor que el nominal, la variación del proceso es muy grande.

2.2.4.4 Problemas Detectados

Para los angulares, los anchos de ala y los espesores, el proceso tiene la capacidad de cumplir con ellos sobradamente, pero el problema reside en el peso porque la variación en él es muy grande. En la hembra, el proceso no tiene la capacidad de cumplir con las especificaciones deseables porque la variación del proceso también es muy grande. Aunque se esté entregando producto con valores que exceden a los valores nominales, esto es perjudicial para la empresa debido a que se está entregando hembras con pesos, anchos y espesores mayores a los nominales.

Se puede afirmar que los demás productos de perfiles tienen la misma tendencia porque fueron evaluados con las mismas herramientas estadísticas, pero debido a que nos extenderíamos demasiado analizándolos todos, se presenta únicamente el análisis de angulares de 2" x 1/4" y hembras de 3/4" x 1/8

El problema más grave para todos los productos se da en el incumplimiento de las especificaciones para el peso, ya que el proceso está completamente fuera de dichos límites en todos los productos.

Actualmente en el proceso de producción no se hace énfasis en el control del peso, porque por ser el acero un material pesado, el peso de las muestras varía considerablemente al sufrir una mínima variación en espesores o anchos de ala, ya que el peso se calcula en gramos por metro lineal.

Además, los espesores en angulares se trabajan con especificaciones menores a las normas internacionales; si se aumenta el espesor hasta los límites de especificaciones, consecuentemente el peso aumentará, posiblemente hasta cumplir también con sus especificaciones.

La variabilidad entre datos puede ser consecuencia del proceso productivo o de la calidad de la materia prima, pero también se debe a la falta de precisión al tomar los datos de las muestras. La medición debe ser lo más exacta posible, en algunos casos hasta milésimas de pulgadas. Puede ser que las longitudes de las muestras no sean lo bastante semejantes, y debido a que el acero es bastante pesado, una ligera variación en la longitud puede afectar considerablemente el peso de la muestra.

Para demostrar la posible falta de precisión al tomar las medidas respectivas se presentan dos muestras del mismo día y del mismo turno para angular de 2"x1/8"

Tabla VII. Comparación muestras de angular 2"x1/8"

Fecha	14-01-04	14-01-04
Hora	21 – 22	01 – 02
Peso	2403	2388
Ala 1	1.973	1.981
Ala 2	1.963	1.977
Espesor 1	0.129	0.129
Espesor 2	0.125	0.129

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

Como se puede observar en esta tabla, el peso de la muestra tomada en el horario de 01 – 02 es menor que la tomada en el de 21 – 22, aunque para la muestra de menor peso la longitud del ala 1 y 2 sea mayor, el espesor de ala 1 sea igual y el espesor del ala 2 sea también mayor. En consecuencia, la muestra de 01 – 02 debería ser más pesada.

Otro ejemplo para muestras de angular 2"x3/16" del mismo día y turno.

Tabla VIII. Comparación de muestras angular 2"x3/16"

Fecha	19-01-04	19-01-04
Hora	09 – 10	10 – 11
Peso	3319	3349
Ala 1	2.006	2.000
Ala 2	2.012	2.009
Espesor 1	0.179	0.178
Espesor 2	0.182	0.182

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Aceros de Guatemala, S.A.

Como se puede observar en esta tabla, el peso de la muestra tomada en el horario de 09 – 10 es menor que la tomada en el de 10 – 11, aunque para la muestra de menor peso la longitud del ala 1 y 2 sea mayor, el espesor de ala 1 sea mayor y el espesor del ala 2 sea igual. Consecuentemente se esperaría que el peso de la muestra tomada en el horario de 09 – 10 fuera más pesada.

La línea de producción está fabricando producto que no cumple con las especificaciones recomendables. Si tal desperfecto está siendo provocado por un desgaste natural relativamente menor en la maquinaria (causa especial), los trabajadores o los técnicos pueden reducir o eliminar el problema ajustando o reemplazado las partes afectadas del equipo

2.3 Condiciones físicas de trabajo

El edificio del área de producción tiene forma rectangular alargada y es un edificio de segunda categoría, de una sola planta, donde predomina el acero estructural con una combinación de blocks de cemento. La cubierta superior del edificio es de lámina de zinc dispuesta en forma de dos aguas, que favorece la colocación de luminarias.

El edificio cuenta con entrepisos, donde se ubican las cabinas de operación, así como con cuartos para personal de Mantenimiento y Control de Calidad. El entrepiso de los cuartos ocupa una pequeña área a un costado de la planta.

El edificio tiene una grúa apoyada sobre vigas de acero que descansa sobre las columnas del edificio, que son las que reciben las cargas superiores. Los muros tienen un acabado de superficie rústica pintada y no llegan hasta el techo. La altura de las paredes en el área de producción permite darle al techo una distancia muy grande respecto del nivel del suelo y que no ocasiona incomodidad al tipo de actividades que se realizan.

Los pisos para el área de producción son de concreto armado sin pulir y están diseñados para recibir altas cargas debido al material que en la planta se trabaja. Todas las máquinas que se utilizan se encuentran ancladas sobre losas de cemento, lo cual contribuye a que disminuya la vibración en cada una de ellas.

La ventilación y la iluminación se suministran aprovechando las fuentes naturales, en el turno diurno. Para el turno nocturno se utilizan medios artificiales para la iluminación

La ventilación se encuentra adecuada para lograr una mayor cantidad de extracción de calor por medio de la renovación natural del aire, debido a las altas temperaturas que en la planta se manejan. Los ventanales del edificio están dispuestos tanto longitudinalmente como frontalmente, para lograr la máxima ventilación. Para ayudar a la ventilación, existen varios accesos a la planta con un área a través de la cual fluye un flujo de aire masivo. Además las paredes no llegan hasta el techo, lo que facilita el flujo del aire.

Debido a la naturaleza del proceso, no se requiere de un flujo masivo de personal, el cual realiza su tarea sin que se presenten obstáculos en el acto. Las distancias entre las diferentes máquinas tienen medidas aceptables para que el trabajador pueda moverse fácilmente y evite accidentes generados por el uso de soldadoras, reparaciones de maquinaria, etc.

Para la fabricación del producto, no es necesaria la utilización de agua potable y eso hace que las necesidades que se tengan de este servicio sean tan solo para la utilización en el área administrativa. El agua que se utiliza en el proceso productivo se recicla, pasando primero por torres de enfriamiento y, luego, a los tanques, donde se vuelve a distribuir.

El jefe de la planta cuenta con una oficina exclusiva, la cual tiene una computadora conectada en red con los demás departamentos de la corporación. La oficina cuenta con aire acondicionado y un servicio sanitario, así como una línea telefónica para comunicarse a cualquier departamento de la empresa.

El desecho del proceso productivo lo forma el material perdido en el proceso, el cual se recolecta para, luego, enviarlo a otra planta de la corporación donde lo vuelven a transformar en materia prima.

El cableado que distribuye la energía eléctrica está fijado en las paredes o techos, según sea el área por el cual se distribuyan, con el fin de que las líneas que transportan el fluido no se encuentren tendidas y generen ocasiones de peligro de incendio, corto circuitos, etc.

3. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

3.1. Introducción

El aseguramiento de calidad se refiere a las actividades a realizar para proporcionar la confianza de satisfacer los requerimientos de calidad, lo cual plantea la necesidad de crear actividades que den lineamientos a seguir y referencias que proporcionen los parámetros con que se pueda medir la calidad del producto.

El aseguramiento de la calidad trata de prever y detectar problemas que afectan la calidad, brindando así una protección temprana contra dichos problemas. El aseguramiento viene de la evidencia obtenida por medio de pruebas al producto y de inspecciones regulares.

Sobre esta base, se diseña el sistema para controlar la calidad en el proceso productivo y el manejo de la materia prima, creando la referencia sobre la cual se verificarán los requerimientos de calidad, los puntos de control, la normalización de los productos, el recurso para implementar el sistema, la elección de la muestra, los formatos y procedimientos necesarios para llevar a cabo la recolección de información, la herramientas necesarias para el análisis de la información.

A continuación se presenta un sistema que tiene como objetivo controlar la calidad de los productos elaborados en la planta de perfiles, desde el control de la materia prima, hasta el control de las dimensiones de los productos. Dicho sistema se fundamenta en la normalización de los productos sobre requerimientos de calidad propuestos por las normas ASTM, específicamente la ASTM 6/A 6M.

3.2. Metas organizacionales

3.2.1. Política de calidad

Suministrar productos de la más alta calidad para lograr la satisfacción de los clientes, a través de la aplicación de las normas ASTM, que son requerimientos de calidad.

El departamento de Control de Calidad debe estar en una búsqueda continua de mejoras en el proceso de producción, analizando, verificando, proponiendo y supervisando las actividades de producción. Además, la calidad tiene que ser un compromiso conjunto con la planta de producción.

Se debe hacer énfasis en la utilización de métodos estadísticos de control de calidad en el proceso por parte del departamento de Control de Calidad, para cumplir con las especificaciones acordadas. Para cumplir con la calidad deseada, los problemas de calidad que surjan deben ser identificados y resueltos con la mayor rapidez posible en conjunto con la Planta de Producción.

Todos los niveles administrativos de la organización deben comprometerse en el apoyo para el Departamento de Control de Calidad y a la Planta de Producción para lograr el aseguramiento de la calidad.

3.2.2. Objetivos de calidad

- Suministrar producto de la mejor calidad para lograr la satisfacción del cliente

- Garantizar que el producto cumpla con especificaciones basándose en la norma ASTM 6/A 6M
- Reducir al mínimo las fallas en el proceso de producción por medio del control de la materia prima
- Mantener bajo control estadístico el proceso de producción
- Sistematizar la recepción de materia prima evitar problemas en el proceso productivo y en el producto final
- Proponer métodos para el departamento de control de calidad para la evaluación correcta de la calidad del producto
- Proponer instrumentos que ayuden a la recolección de información para el análisis del comportamiento del proceso productivo

3.3. Marco conceptual

3.3.1. Análisis del proceso de laminación

Los perfiles son elaborados por medio de la laminación en caliente. El principal objetivo del proceso de laminación es el de transformar secciones grandes en otras más pequeñas de diferentes formas, hasta llegar a la forma final requerida para el perfil.

La ventaja de trabajar en caliente el acero es que necesita menos energía para deformar plásticamente el acero y, también, facilita el fluir del acero sin agrietarse. Además, las sopladuras y los rechupes internos se eliminan por soldadura al aplastarse entre las cavidades de compresión.

La temperatura de laminación en caliente de aceros para la fabricación de perfiles bajo condiciones de constancia práctica es de 1100° C a 1200° C

Conforme el proceso de laminación en caliente de aceros para la fabricación de perfiles avanza, la temperatura del mismo disminuye, hasta alcanzar su valor más bajo en el último pase de laminación. Este valor no debe ser inferior a 850° C, para que la recristalización sea rápida y pueda desaparecer el endurecimiento por deformación plástica durante el tiempo que se mantiene dicha temperatura. El acero comercial, luego de ser deformado plásticamente y recristalizado, es blando y dúctil, es decir, tiene un bajo límite elástico al compararlo con su resistencia.

El proceso de conformación plástica de la laminación en caliente se lleva a cabo haciendo pasar el acero entre cilindros laminadores. Al hacer pasar el acero entre los cilindros, se le somete a intensos esfuerzos de compresión por efectos del aplastamiento.

El proceso de desbastado del acero comercial consiste en reducciones de área y consecuentes alargamientos, con cantidades de movimiento constante en el cual es necesario hacer una serie de deformaciones sobre el acero; dicha serie de deformaciones las lleva a cabo por un tren de laminación. Los trenes están compuestos de un conjunto de cajas laminadoras.

Hay varios tipos de cajas laminadoras, dependiendo de la cantidad de cilindros que las componen. Por ejemplo, una caja constituida por un cilindro superior y un cilindro inferior se denomina caja dúo, mientras que una caja formada por un cilindro superior, uno intermedio y otro inferior se denomina caja trío. Este proceso en algunos caso se divide en tres áreas:

- a. Área de desbaste inicial con 8 pases de laminación realizadas en cilindros trío, con una magnitud de reducción máxima entre pasada de 23%

- b. Área de desbastes intermedios con 3 pases de laminación realizadas en cilindros dúo, con una magnitud de reducción máxima entre pasada de 20%
- c. Área de desbaste acabadores con 3 pases de laminación, dependiendo de la sección del perfil final, realizada en cilindros dúo, con una magnitud de reducción máxima pasada de 18%. La sección final depende de la forma del perfil que se este produciendo.

Es importante mencionar que en el proceso de laminación en caliente de aceros comerciales para la fabricación de perfiles, el acero debe deformarse o sufrir reducciones de área siguiendo una secuencia conformado por figuras geométricas ya establecidas. El objeto de dicha secuencia es lograr transformaciones, partiendo de una palanquilla o lingote de sección cuadrada de 100mm x 100mm, hasta alcanzar el perfil que se desea producir.

A las diferentes cajas o castillos se les denomina de desbaste, intermedias o acabadoras, dependiendo del lugar que ocupen en el tren. Por lo general, a la caja que incluye el canal que da forma a los perfiles se le denomina caja acabadora.

Los cilindros constan básicamente de dos partes: el cuello y la tabla de cilindro. El cuello es la parte de apoyo del cilindro donde se montan los rodamientos para darle movimiento libre al mismo, y la tabla es la superficie útil del cilindro sobre la que se maquinan las diferentes figuras o acanaladuras del mismo.

Los cilindros están acoplados, por medio de una junta universal, a una caja reductora y ésta, a su vez, a un motor eléctrico, el cual en algunas ocasiones tiene la ventaja de poder ser operado a diferentes velocidades.

Dos acanaladuras mecanizadas en los dos cilindros de una caja laminadora forman aparejadas lo que se denomina canal, calibre o paso de laminación. Así, el conjunto de canales que se deben tener en el tren para que el lingote sufra las deformaciones necesarias para convertirse en la forma del perfil final, es lo que se denomina calibración del tren. Por ejemplo, hay una calibración para la producción de cuadrado de 3/8" y otra para la producción de cuadrado de 1/2".

Los canales sufren desgaste conforme avanza el trabajo, debido al deslizamiento entre éstos y la barra; y esto es lo que origina que con el tiempo pierdan sus medidas originales. En este caso, los cilindros deben volver a ser mecanizados y dar la medida nominal al canal, es decir, que los cilindros deben volver a ser calibrados. El termino "calibrar" se debe entender como el proceso de mecanizado de las acanaladuras en la superficie de los cilindros.

Para que la barra entre en la posición correcta en el canal, se utilizan guías de entrada, y para que al salir la barra no sufra ninguna curvatura en cualquier sentido, se utilizan guías de salida.

Factores que limitan la vida útil de los cilindros de laminación

✓ Grietas de calor

El deterioro del canal o calibre de un cilindro es el resultado, en la mayoría de los casos, de la formación de grietas que en combinación con la corrosión y el desgaste por abrasión, acortan la vida de servicio del mismo. Indudablemente, las grietas son los defectos que más reducen la vida útil y el rendimiento de los cilindros. Cuando se detectan, casi siempre es demasiado tarde, debido a que no sólo se forman con rapidez, sino que con la misma rapidez se ensanchan y penetran hacia el núcleo, a tal grado que pueden causar la fractura y avería total del cilindro.

✓ Descostrado

Se debe al desprendimiento de material. Dicho desprendimiento de material se da siempre en la superficie de trabajo, y puede ser consecuencia básicamente de dos factores: la fatiga y las sobrecargas a las que es sometido el cilindro. Generalmente el descostrado por fatiga se produce en los cilindros que se someten, durante largos períodos, a grandes presiones superficiales. La superficie de trabajo está sometida a tensiones alternativas tanto de tracción como de compresión, y en el momento en que dichas tensiones o esfuerzos exceden el límite de fatiga del material del cual están fabricados los cilindros, se produce el descostrado del cilindro.

✓ Rotura del cilindro

Cuando se produce la rotura de un cilindro, la causa por la que se fractura se evidencia. Puede tratarse de una sobrecarga como producto de una barra fría que aumenta la fuerza necesaria para poder deformarla y sobrepasa el límite de resistencia del material, o puede ser que la barra no entre en forma correcta, lo que aumenta el porcentaje de reducción de altura.

3.3.2. Control estadístico de la calidad

3.3.2.3. Variación debida a causas comunes (o debidas al azar)

Es aquella que permanece día a día, lote a lote; es parte del sistema: materia prima, métodos, procesos, etc. Esta variación es inherente a las características esenciales del proceso. Las causas comunes son difíciles de identificar y eliminar, al ser inseparables del sistema; no obstante, representan a largo plazo la mayor oportunidad de mejora.

Un proceso que trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico, independientemente de que su variabilidad sea mucha o poca, pero es predecible en el futuro inmediato.

3.3.2.2. Variación debida a causas especiales (o atribuibles)

Es algo especial, no es parte del sistema de causas comunes. Esta variación es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están presentes permanentemente en el sistema. Un proceso en el que están presentes causas especiales de variación se dice que está fuera de control estadístico. Este tipo de procesos es impredecible en el futuro inmediato porque en cualquier momento pueden aparecer estas situaciones que tienen un efecto especial sobre la variabilidad.

3.3.2.3. 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 sus variaciones debidas a causas comunes o a causas especiales.

Se compone básicamente de tres líneas paralelas horizontales, que terminan a la izquierda de una escala numérica en las unidades de la variable que se grafica. En la parte de abajo, paralela a las líneas, hay un eje que sirve para identificar a quién pertenece cada valor de la variable que ha sido representado en la carta. En el caso de que el eje sea una escala cronológica, entonces los puntos consecutivos se unen con una línea recta para indicar el orden en que ha ocurrido cada dato.

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 los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, esto es una señal de que el proceso está fuera de control estadístico.

El uso adecuado de las cartas de control facilitará la identificación oportuna de tendencias y cambios importantes en los procesos, y con esto se previenen situaciones problemáticas. Además, la información que proporcionan los gráficos puede ser usada para diagnosticar el funcionamiento del proceso y evaluar la capacidad del mismo.

Se podría decir que las cartas de control son la herramienta especializada en el estudio de la variabilidad, que es el principal enemigo de la calidad.

La ubicación de los límites de control en una carta es un aspecto fundamental, ya que si se ubican demasiado alejados de la línea central, será más difícil detectar los cambios en el proceso. Para calcular los límites de control se debe proceder de tal forma que, bajo condiciones de control estadístico, la variable que se grafica en la carta tenga una alta probabilidad de caer dentro de tales límites.

Una forma sencilla y usual se obtiene a partir de la relación entre la media y la desviación estándar de un variable. Para el caso de una variable con distribución normal con media μ y desviación estándar σ y bajo condiciones de control estadísticos, se tiene que entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$ se encuentra el 99.73% de los posibles valores que toma tal variable.

Sea X la variable (o estadístico) que se va a graficar en la carta de control, y suponiendo que su media es μ_x y su desviación estándar σ_x , entonces el límite control superior (LCS), la línea central y el límite de control inferior (LCI) están dados por

$$\text{LCS} = \mu_x + 3\sigma_x$$

$$\text{Línea central} = \mu_x$$

$$\text{LCI} = \mu_x - 3\sigma_x$$

La forma de estimar la media y la desviación estándar de X a partir de las observaciones del proceso, dependerá del tipo de variable que sea X , ya sea un promedio, un rango o un porcentaje.

Las cartas de control para variables se aplican a características de calidad del tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse (peso, volumen, voltaje, longitud, temperatura, etcétera).

3.3.2.4. Cartas de control de medias (\bar{x})

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

Los límites de control de las cartas están determinados por la media y la desviación estándar de la variable en estudio, de la siguiente manera: $\mu_x \pm 3\sigma_x$. Existe un caso particular de las cartas de medias, que son las cartas individuales de medias, cuando el tamaño de muestras es $n = 1$.

Existen muchos procesos o situaciones donde no tiene sentido práctico agrupar medias para formar una muestra y poder crear una carta de medias, por lo que la mejor alternativa para controlar estos procesos mediante una carta de control es usar un tamaño de muestra $n = 1$. En nuestro caso se utiliza este tipo de cartas debido a que se toma una muestra cada hora.

Para analizar el comportamiento de la tendencia central se tiene que los límites están dados por

$$\mu_x \pm 3\sigma_x = \bar{x} \pm 3(R/d_2)$$

donde la constante R es el promedio de los rangos, $d_2 = 1.128$, constante para muestras de datos individuales.

3.3.2.5. Cartas de Control de Rangos (R)

Es utilizado para estudiar la variabilidad de una característica de calidad de un producto o un proceso.

Para estimar la variabilidad de las cartas individuales de medias se acostumbra usar el rango móvil de dos observaciones consecutivas, por lo que, al graficar estos rangos, se obtiene un carta de rangos móviles. De esta manera, los límites de control para la carta de control de rangos móviles de orden 2 están dados por

$$LCS = D_4R = 3.267 \cdot R$$

$$\text{Línea central} = \bar{R}$$

$$\text{LCI} = \bar{R} - D_3R = 0$$

donde $D_4 = 3.267$ y $D_3 = 0$ que son constantes para datos individuales.

3.3.2.6. Límites de control, naturales y especificaciones

Un aspecto importante a resaltar en la interpretación de una carta \bar{x} es el hecho de que sus límites de control no son equivalentes a las especificaciones o tolerancias de la característica de calidad; es más, no tienen ninguna relación, ya que los límites de control son obtenidos a partir de la variabilidad del proceso, y en la carta \bar{x} representan la realidad en cuanto a la variabilidad de las medias de las muestras, en tanto que las especificaciones son valores deseados para las mediciones individuales de las características de calidad.

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 ello no se les debe confundir, y mucho menos pretender graficar las especificaciones en una carta \bar{x} . Para estudiar la capacidad del proceso para cumplir con especificaciones se utilizan los índices de capacidad o un histograma de los pesos individuales.

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

- a. 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.
- b. Los límites de especificaciones, que representan el nivel deseado para la característica de calidad. Éstos se definen en el diseño del producto o del proceso, y se establecen de acuerdo con criterios de calidad

- c. 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.

3.3.2.7. Capacidad del proceso

El histograma es la herramienta gráfica por excelencia para evaluar si se cumple con las especificaciones recomendables.

Si para que un producto elaborado por un proceso se pueda considerar de calidad, las mediciones de cierta característica deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal (N), o al menos tienen que estar dentro de cierta especificación inferior (EI) y superior (ES), entonces una medida de la capacidad potencial del proceso para cumplir con tales especificaciones la da el Índice de Capacidad del Proceso, Cp

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

donde σ representa la desviación estándar de la característica de calidad que se mide al producto y está dada por R/d_2 , donde R es la media de los rangos y d_2 es 1.128 constante para muestras de valores individuales.

El Cp compara el ancho de las especificaciones con la amplitud de la variación del proceso, medida esta última a través de una característica de calidad del producto, con lo que, si la variación del proceso es mayor que la amplitud de las especificaciones, el Cp es menor que 1. De esta manera, si el valor del índice Cp es menor que uno, es una evidencia de que no se están cumpliendo las especificaciones. Por el contrario, si el índice Cp es mayor que 1, entonces es una evidencia de que el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones. En la siguiente tabla se presenta un síntesis de la interpretación del Cp

Tabla IX. Valores del Índice de Capacidad y su interpretación

Valor del Cp	Decisión
Cp > 1.33	Más que adecuado
1 < Cp < 1.33	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme se acerca el Cp a uno
0.67 < Cp < 1	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario. Buena probabilidad de éxito
Cp < 0.67	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones serias

Fuente: Humberto Gutiérrez Pulido. *Calidad Total y Productividad*. Pag. 200.

3.4. Normalización de los productos

El desarrollo tecnológico que ha alcanzado la producción de acero ha obligado a los fabricantes a verificar sus productos de acuerdo con las normas internacionales que se han establecido, en nuestro caso, para perfiles.

Las ventajas de la normalización de las características del producto, permiten a los fabricantes garantizar la calidad en los procesos y productos para que se ajusten a las necesidades de los clientes.

En general, los productos hechos con estándares internacionales ofrecen importantes ventajas para el usuario, como el estricto control de calidad en la producción, porque se asegura una variación mínima en el producto.

Las normas técnicas nacionales e internacionales estipulan los estándares a los cuales se deben ajustar los fabricantes para cumplir los requisitos de calidad. A medida que avanza la tecnología estas normas son revisadas, y tales tolerancias van disminuyendo con el fin de exigir a los productores el cumplimiento de mejores estándares de calidad para el usuario.

Internacionalmente las normas estadounidenses ASTM (American Society for Testing Materials) y las normas japonesas JIS (Japanese Industrial Society) son las más aceptadas comercialmente. No obstante, en Guatemala se cuenta con medidas de calidad contenidas en las Normas COGUANOR, en el apartado para la siderurgia, que corresponde desde los numerales NGO 36011 hasta NGO 36015. Dichos numerales no contienen parámetros de calidad específicos para perfiles, por lo que se remite a normas internacionales que cuenta con una serie de normas que definen y amplían la información relacionada con el acero.

Al producir bajo los parámetros de las normas técnicas, los productores garantizan la disponibilidad de un producto estándar. Sin embargo, frecuentemente se requieren de materiales con especificaciones diferentes o con niveles de tolerancia distintos a las establecidas en las normas, como es el caso de los productos milimétricos. En este caso los productos son fabricados y comercializados de acuerdo con los estándares de la empresa.

En nuestro caso, para el producto conocido en el mercado nacional como perfil legítimo se aplica la Norma ASTM A 6/A 6M: Estándar Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling. La materia prima cumple con los requerimientos propuestos en la norma ASTM A 36/A 36: Carbon Structural Steel

A continuación se encontrarán los valores nominales y las tolerancias para los perfiles de acero de calidad comercial en las siguientes variables: anchos de ala para angulares y hembras, espesores para alas de angulares y hembras, diámetro para varilla lisa, dimensión de lado para cuadrados y el peso para todos los productos.

Esta especificación es aplicable en milímetros para anchos y espesores de ala para angulares y hembras, dimensión de lado para cuadrados y diámetro para varilla lisa. El peso se trabajará con el Sistema Internacional en gramos por metro lineal.

Tabla X. Tolerancias permitidas para angulares

DESCRIPCIÓN	ALA (mm)		ESPESOR (mm)		PESO (g/m)	
	Ala	Tolerancia	Espesor	Tolerancia	Peso	Tolerancia
1/2" X 1/8"	12.7	1	3.2	0.2	558	14
5/8" X 1/8"	16.0	1	3.2	0.2	723	18
3/4" X 1/8"	19.0	1	3.2	0.2	874	22
1" X 1/8"	25.4	1	3.2	0.2	1196	30
1" X 3/16"	25.4	1	4.8	0.2	1733	44
1" X 1/4"	25.4	1	6.4	0.2	2231	56
1 1/4" X 1/8"	31.8	1	3.2	0.2	1517	38
1 1/4" X 3/16"	31.8	1	4.8	0.2	2216	56
1 1/4" X 1/4"	31.8	1	6.4	0.2	2874	72
1 1/2" X 1/8"	38.0	1	3.2	0.2	1829	46
1 1/2" X 3/16"	38.0	1	4.8	0.2	2683	67
1 1/2" X 1/4"	38.0	1	6.4	0.2	3497	88
2" X 1/8"	50.8	2	3.2	0.3	2472	62
2" X 3/16"	50.8	2	4.8	0.3	3647	92
2" X 1/4"	50.8	2	6.4	0.3	4783	120

Fuente: Norma ASTM A 6/A 6M.

Tabla XI. Tolerancias permitidas para hembras

DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)		ESPESOR (mm)		PESO (g/m)	
	Ancho	Tolerancia	Espesor	Tolerancia	Peso	Tolerancia
1/2" X 1/8"	12.7	0.5	3.2	0.2	319	8
1/2" X 3/16"	12.7	0.5	4.8	0.2	479	12
3/4" X 1/8"	19.0	0.5	3.2	0.2	477	12
3/4" X 3/16"	19.0	0.5	4.8	0.2	716	18
1" X 1/8"	25.4	1.0	3.2	0.2	638	16
1" X 3/16"	25.4	1.0	4.8	0.2	957	24
1" X 1/4"	25.4	1.0	6.4	0.2	1276	32
1 1/4" X 1/8"	31.8	1.0	3.2	0.2	799	20
1 1/4" X 3/16"	31.8	1.0	4.8	0.2	1198	30
1 1/2" X 1/8"	38.0	1.0	3.2	0.2	955	24
1 1/2" X 3/16"	38.0	1.0	4.8	0.2	1432	36
1 1/2" X 1/4"	38.0	1.0	6.4	0.2	1909	48

Fuente: Norma ASTM A 6/A 6M.

Tabla XII. Tolerancias permitidas para cuadrado

DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)		PESO (gr/m)	
	Ancho	Tolerancia	Peso	Tolerancia
3/8"	9.5	0.15	708	18
1/2"	12.7	0.18	1266	32

Fuente: Norma ASTM A 6/A 6M.

Tabla XIII. Tolerancias permitidas para varilla lisa

DESCRIPCIÓN	DIAMETRO (mm)		PESO (gr/m)	
	Diametro	Tolerancia	Peso	Tolerancia
3/8"	9.5	0.15	556	14
1/2"	12.7	0.18	994	25
5/8"	16.0	0.20	1578	40
3/4"	19.0	0.20	2225	56

Fuente: Norma ASTM A 6/A 6M.

Tabla XIV. Tolerancias permitidas para angular milimétrico

DESCRIPCIÓN	ALA (mm)		ESPESOR (mm)		PESO (gr/m)	
	Ala	Tolerancia	Espesor	Tolerancia	Peso	Tolerancia
3/4" X 1/8"	19	1	2.8	0.2	774	20
1" X 1/8"	25.4	1	2.8	0.2	1055	27

Fuente: Norma ASTM A 6/A 6M.

Tabla XV. Tolerancias permitidas para cuadrado milimétrico

DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)		PESO (gr/m)	
	Ancho	Tolerancia	Peso	Tolerancia
3/8"	9	0.15	636	16
1/2"	11.3	0.18	1002	25

Fuente: Norma ASTM A 6/A 6M.

Si se requiere información más específica, se puede consultar directamente la Norma ASTM previamente citada.

3.5. Control de calidad de la materia prima

Este proceso es muy importante y el Inspector de Calidad debe ser responsable de la evaluación de la materia prima, porque de él depende gran parte de la seguridad de los operarios en el proceso productivo, así como del cuidado de la maquinaria, la minimización de producto defectuoso y el logro de un producto de alta calidad.

Para el control de la calidad de la materia prima se tomó como base el control que tiene la planta de barras, adecuándolo al requerimiento de la planta de perfiles, debido a que las características de la materia prima son similares.

La variable de control de calidad es la condición física de la palanquilla, por lo que se efectuará por medio de una evaluación visual y llenado de los registros correspondientes para reportarlos al departamento de Control de Calidad.

Existe una serie de defectos en las palanquillas que pueden afectar el proceso de producción. Estos defectos debe ser identificados antes de que los lingotes ingresen al proceso de fabricación.

Para poder identificar los posibles defectos de los lingotes, se presenta un catálogo con una breve descripción de los defectos que servirán como medida de calidad para rechazar una palanquilla, pero también se describen algunas posibles soluciones para que la palanquilla sea aceptada para la producción dependiendo de la magnitud del defecto.

3.5.1. Catálogo de posibles defectos

Grietas

- **Clasificación**
 - ✓ Grieta longitudinal facial: es una grieta que se extiende a lo largo del eje del lingote
 - ✓ Grieta transversal: es una grieta normal al eje del producto
 - ✓ Grieta en sección: es una grieta que se ubica en la sección transversal del lingote
 - ✓ Grieta transversal de angulo: es una grieta que normal al eje del lingote que produce una desviación de la longitud

- **Procedimiento de evaluación**

Debe medirse la distancia entre la grieta y el extremo del mismo. Si sobrepasa los 2.0 cm, se cortará el pedazo agrietado. Se cortarán 2.5 cm después de la grieta siempre que el lingote no quede con una longitud menor a 3.0 m. Si el lingote queda con una medida menor a 3.0 m, se rechaza. Si la grieta está en el centro o cerca del centro longitudinal del lingote, éste se rechaza.

- **Problemas en el proceso de laminación**

Las grietas tienden a extenderse durante el rolado, y mientras más pasos de laminación existan, la grieta se irá abriendo gradualmente y ocasionará alguno de los siguientes problemas en los molinos.

- ✓ Expulsión de alguna caja (o tubo) de salida de un molino debido al impacto que produce sobre ella un lingote abierto. El par de rodillos laminadores hace fuerza sobre el lingote obligándolo a salir, pero como la palanquilla lleva una abertura, la parte abierta impactará sobre las cajas o tubos de salida expulsándolos de sus bases.
- ✓ Enrollamiento del lingote en los rodillos de laminación
- ✓ Un lingote agrietado puede salir de un paso de laminación sin presentar problemas, pero al seguir su curso la parte abierta topará en alguna guía de entrada, o el producto terminado puede salir agrietado.

Rombosidad

- Formas de determinarlo

Por medio del cálculo del coeficiente de rombosidad

Por medio de comparación con una plantilla

- Procedimiento de evaluación

Por medio del cálculo del coeficiente de rombosidad. Cortar cuidadosa y transversalmente el lingote, medir las dos diagonales de su sección transversal y obtener el coeficiente de rombosidad (Cdr) con la siguiente fórmula

$$\text{Cdr} = \text{diagonal mayor} / \text{diagonal menor}$$

Si el coeficiente se encuentra entre 1.0 y 1.05 se acepta el lingote; si no, se rechaza el lingote

Por medio de comparación con una plantilla. Encajar la plantilla en el lingote y ver si coinciden el tamaño del lingote y los ángulos de su sección, si no coinciden los ángulos se debe calcular el coeficiente de romboididad (Cdr) para determinar si se acepta o se rechaza el lingote. Si las dimensiones del lingote no están bien, se deben medir para determinar si se rechaza el lingote (se acepta una variación de ± 1 cm en una dimensión de la sección transversal, no en dos juntas).

- Problemas en el proceso de laminación

Cuando se lamina un lingote romboide resulta difícil guiarlo en el área de desbastado. En el banco fijo la palanquilla cae antes, se traba en los faldones y lo que procede es cortarla y sacarla por pedazos como chatarra.

En el banco móvil su salida es impredecible y puede tomar cualquier dirección, siendo esto muy riesgoso para el personal que se encuentra en la planta y para el equipo cercano. Si la romboididad es muy marcada, el lingote no entrará en la primer caja del desbaste.

Oxidación

- Procedimiento de evaluación

Un lingote presenta oxidación cuando tiene poros. Si los poros son internos (sólo se ven en la sección transversal) y no se ven en las superficies del lingote, se soldarán en el proceso de laminación. Por lo tanto, el lingote no puede ser rechazado por tenerlos. Si los poros se ven en la superficie del lingote, se deberán rechazar.

Si los poros en la sección son muy grandes, debe introducirse un alambre recto para determinar la profundidad de los mismos y así poder determinar hasta dónde tiene que hacerse el corte.

Si al hacer el corte aparecen otros poros de igual magnitud, se debe rechazar el lingote.

- Problemas en el proceso de laminación

Si el poro es demasiado grande, conforme se lamine la palanquilla se formarán grietas que pueden ocasionar problemas en los molinos o resaltarse en el producto terminado.

Flecha

- Proceso de evaluación

Es cuando el lingote no está recto, sino que tiene una ligera curvatura. Si la curva es muy pronunciada y se localiza cerca de cualquiera de los extremos del lingote, se debe rechazar. Pero si la curvatura es mínima, puede ingresarse al horno sin problemas

- Problemas que ocasiona en el proceso de producción

Abastecimiento del horno. Un lingote de este tipo afecta principalmente al horno, y un lote en estas condiciones afecta considerablemente el ritmo de producción. Este tipo de palanquilla se tiene que acondicionar adecuada y cuidadosamente en la cama de abastecimiento, porque de no ser así, al accionarse los empujadores éstos levantarán la carga y sería imposible abastecer al horno.

Existe riesgo para las personas encargadas del abastecimiento de que no solamente se levante la carga, sino que sea expulsada violentamente y les ocasione heridas graves. Al estar acondicionado el lingote correctamente, los operarios se tardarán más en colocar una carga de lingote, haciendo el proceso productivo más lento.

El calentamiento dentro del horno. Si la palanquilla entra al horno y va demasiado arqueada, puede afectar al horno de la siguiente manera:

- ✓ Si se levanta la carga adentro del horno, puede dañar la bóveda y/o la compuerta de entrada al impactar el lingote sobre ella.
- ✓ Existe el riesgo de que debido a la curvatura de los lingotes, la carga del horno no tome la dirección deseada y tope a los lados dañados las paredes del mismo
- ✓ Si los lingotes se colocan de modo que su concavidad sea hacia arriba, las puntas de los mismos dañarían el piso del mismo.

Pata de elefante

- Procedimiento de evaluación

Se presenta este defecto cuando las cuchillas de la cizalla que corta el lingote no tienen filo y aplastan el lingote cuando lo cortan, ensanchándolo en sus extremos. Si una de las dimensiones de la sección transversal no sobrepasa en un 10% a su diámetro original (en nuestro caso 10mm) se debe aceptar el lingote, pero si sobrepasa este límite, debe cortarse hasta donde desaparezca el defecto.

- Problemas en el proceso de laminación

Los cortes son problemáticos cuando tienen demasiada rebaba y cuando la pata de elefante es muy marcada. En ambos casos el lingote no entraría a la primer caja de desbaste, por lo que resultaría imposible laminarlo. Para corregir este problema únicamente hay que cortar la punta del lingote en el caso de la pata de elefante y eliminar la rebaba con una barreta en el caso de los cortes con exceso de rebaba.

Cortes

Son cortes con oxi-acetileno en los extremos de la palanquilla. Esto no constituye un defecto, pero debe reportarse la cantidad de lingotes con esta característica.

3.5.2. Registros para el control de materia prima

- Control de palanquilla
- Control de cambio de colada
- Control de temperatura
- Control de producto no conforme
- Control de cambio de turno

3.5.3. Guías para el llenado de los registros

- Guía para el llenado del control de palanquilla
- Guía para el llenado del control de cambio de colada
- Guía para el llenado del control de temperatura
- Guía para el llenado del control de producto no conforme
- Guía para el llenado del control de turno

3.5.4 Procedimientos para el control de materia prima

- Control de cambio de colada
- Verificación de producto defectuoso
- Control de palanquilla

3.6. Control de calidad del producto

3.6.1. Selección de los puntos de control

La carencia de defectos de los lingotes que van a ser ingresados al proceso de producción se verificará por medio de una inspección visual completa a cada lingote antes de ser descargados de los camiones de transporte, llenando correctamente los formatos diseñados para ello. Este control representa uno de los factores que minimizan costos en el proceso de producción debido a que el proceso puede interrumpirse por lingotes con defectos.

Otro punto a controlar es la temperatura del horno, porque de ella depende la característica de maleabilidad del lingote, factor importante a la hora de pasar por los castillos de laminación, ya que si esta temperatura es muy baja el lingote no es tan maleable y puede causar averías a la maquinaria. Si la temperatura es muy alta, los lingotes pueden salir pegados del horno y no se ingresan al proceso productivo, por lo que se tiene que mantener una temperatura constante cuando el proceso es continuo.

Cuando la producción sufre algún paro, esta temperatura debe reducirse para evitar que los lingotes se sobrecalienten por estar más tiempo en el horno mientras se inicia nuevamente el proceso productivo, ya que si se continúa con el ritmo normal de salida de lingotes se amontonarán todos a la salida del horno y no podrán ingresar al proceso productivo.

Para el control de la temperatura se hará una inspección visual cada hora para comprobar por medio de los dispositivos del horno la temperatura de éste, anotándola en un formato de registro diseñado para ello.

Otro punto de control ocurre al momento en que el lingote sale del horno, debido a que éste debe estar a cierta temperatura para poder ingresar al proceso y los operarios la verifican por medio de sus características físicas. Si no es apto para el proceso lo apartan y lo consideran como quemado, el cual debe esperar que se enfríe para poder ingresarlo nuevamente al horno y, luego, al proceso de producción. El registro que se lleva de este control se refiere únicamente la cantidad de lingotes quemados.

El punto de control principal se llevará a cabo en la caja que da forma a los productos, ya que es aquí donde se deben hacer los ajustes a la maquinaria para que cumpla con las características de calidad deseadas. El ajuste que hay que realizar a la caja que da forma al producto se debe efectuar basándose en los datos obtenidos por medio de muestras en relación con los espesores, anchos de ala, secciones o diámetros, según sea el producto que se esté fabricando.

El último punto de control es cuando se forman los atados que son agrupación del perfil que se está produciendo. La cantidad de perfiles por atado está determinado por los pesos individuales de cada perfil. Aquí se deben identificar los atados con el número de colada con que fue elaborado el producto que se encuentra en dicho atado.

3.6.2. Definición de las variables de calidad

Las variables de calidad elegidas para ser analizadas a través de cartas de control, son las características físicas de los perfiles y dependerán del producto a analizar:

- Para angular legítimo y milimétrico las variables de calidad serán: ancho de ala 1, ancho de ala 2, espesor de ala 1, espesor de ala 2 y el peso
- Para hembra las variables de calidad serán: ancho de ala, espesor y el peso
- Para cuadrado legítimo y milimétrico las variables serán: las dimensiones de los cuatro lados y el peso
- Para varilla lisa, las variables a controlar serán: el diámetro y el peso

3.6.3. Elección de la muestra

La selección de la muestra debe hacerse de tal manera que, si hay causas especiales presentes, éstas aparezcan diferenciadas. Se debe buscar que la muestra sea tan homogénea como sea posible, en nuestro caso, procurar que las muestras sean de la misma colada y diferenciar, por medio de los diferentes registros de control, el cambio de colada para determinar alguna variación significativa producida por la materia prima.

Las muestras se tomarán con la frecuencia suficiente para detectar el tipo de cambio que se desea identificar, con el propósito de poder reaccionar con mayor oportunidad y exactitud. La principal causa por la cual los productos sufren cambios en sus dimensiones es debido al desajuste de las cajas desbastadoras, por lo que los datos obtenidos de las muestras servirán como indicadores para determinar el momento de ajuste de los cilindros.

3.6.4. Formatos y procedimientos para la recolección de datos

Formatos

- Reporte físico de angular
- Reporte físico de hembra
- Reporte físico de cuadrado
- Reporte físico de varilla lisa
- Hoja de gráficos de control
- Hoja de observaciones
- Control de coladas laminadas
- Control de paros en la planta

Procedimientos

- Procedimientos para extracción de las muestras
- Procedimiento para el control de coladas laminadas
- Procedimientos para el control de paros en la planta

3.6.5. Análisis de la información

3.6.5.1. Gráficos de control

La información recolectada será analizada en cartas de control para muestras individuales, ya que se tomará una muestra cada hora y se graficará en la carta de control. Para estimar la variabilidad de estas mediciones se acostumbra usar el rango móvil de dos observaciones consecutivas. 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.

3.6.5.2. Índice de capacidad del proceso

Se utilizarán los índices de capacidad del proceso para evaluar la capacidad del proceso productivo de cumplir con las especificaciones propuestas. Dicha evaluación se realizará comparando la amplitud de la variación del proceso con el ancho de las especificaciones

3.6.5.3. Histogramas

Se utilizaran 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.

Con los histogramas se podrá ver gráficamente el resultado que los índices de capacidad del proceso están mostrando.

Construcción de un histograma

- Determinar el rango de los datos. El rango es igual a la diferencia entre el dato mayor y el dato menor.
- Obtener el número de clase (NC). Un criterio frecuente es que el número de clases debe ser aproximadamente igual a la raíz cuadrada del número de datos.
- Establecer la longitud de clase (LC). Una forma directa de obtener la longitud de clase es dividir el rango entre el número de clase.
- Construir los intervalos de clase. Resulta de dividir el rango en NC intervalos de longitud de LC cada uno.
- Obtener la frecuencia de cada clase. 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 incluye en esta última.
- Graficar el histograma. Se hace una gráfica de barras en la que las bases de las barras sean los intervalos de clase y la altura sean las frecuencias de las clases.

3.7. Recurso para implementar el sistema

3.7.1. Humanos

La planta de producción de perfiles trabaja a dos turnos de 12 horas para que la producción sea continua, y solamente se detiene cuando se cambia de producto, 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 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 Procesos.

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 completar el personal con los inspectores 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 Perfiles, que trabajarán en el turno diurno.

La jornada de trabajo será diurna, cumpliendo con lo que estipula la ley del país. Se trabajarán nueve horas diarias de lunes a jueves, y el día viernes 8 horas, para completar las 44 horas semanales que le corresponden al turno diurno. Para complementar las 12 horas diarias que corresponden al turno de trabajo, se pagarán 3 horas extras de lunes a jueves y 4 el día viernes. Si la planta de producción trabaja sábados y domingos, 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 los lingotes al momento de ser descargados al patio
- Clasificar y apartar la materia prima que no cumpla con las características físicas necesarias, para que no ingresen al proceso productivo. En general, garantizar la calidad de la materia prima antes de entrar al proceso
- Llevar un registro de los defectos que trae la materia prima

- Llevar el control de los cambios de coladas
- Llevar un control continuo de las temperaturas del horno
- Identificar los atados de producto no conforme cuando lo indique el Inspector de Calidad de Procesos
- Llenar correctamente todos los formatos asignados a su cargo
- Auxiliar al Inspector de Calidad de Procesos

Funciones del Inspector de Calidad de Procesos

- Controlar la calidad del producto durante todo el proceso productivo
- Tomar muestras cada hora del producto que se está fabricando 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
- Establecer inspecciones necesarias a lo largo del proceso
- 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 que la identificación de los productos esté correcta por medio del control de cambio de colada
- Controlar los paros en la planta, especialmente los que son por cambios de calibres o rodillos
- Llenar correctamente todos los formatos asignados a su cargo

3.7.2. Físicos

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

Entre el equipo necesario se encuentran: vernier, balanza electrónica, metro, guantes de cuero pequeños, guantes de cuero grandes, ventilador, bancos.

Entre los suministros necesarios se encuentran: regla graduada, tijera, marcadores indelebles, lapiceros de diferentes colores, masking tape, tablillas, pizarrón, marcadores para pizarrón, borrador para pizarrón, sacabocado, engrapadora, formatos impresos.

3.7.3. Económicos

Recurso humano

Inspector de Calidad de Materia Prima Q. 49.00 por día ordinario

Inspector de Calidad de Procesos Q. 55.00 por día ordinario

Inspector de Calidad de Materia Prima Q. 8.17 hora extra

Inspector de Calidad de Procesos Q. 9.17 hora extra

Suponiendo un proceso productivo continuo, se pagarán 5 días ordinarios más 16 horas extras de lunes a viernes, más 24 horas extras de sábado y domingo, en total, 40 horas extras.

Recurso físico

- Inversión única

Vernier, metro, reglas graduadas, tijera, pizarrón, borrador para pizarrón, tablillas, engrapadora, sacabocados, ventilador, bancos

- Inversión mensual

Marcadores, lapiceros, masking tape, guantes de cuero, formatos impresos, grapas

La empresa mantiene en existencia la mayoría de los recursos requeridos, debido a que estos recursos 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 se compra en grande y se obtienen precios favorables a la empresa. El único instrumento con que no cuenta la empresa es un vernier, el cual tiene un costo aproximado de Q. 1,600.00

3.8. Dotación de recurso humano

Se dispondrá de dos Inspectores de Calidad. El Jefe de Control de Calidad debe solicitar al departamento de Recursos Humanos el personal, justificando su necesidad con el visto bueno de la Gerencia de Control de Calidad. Luego, el departamento de Recursos Humanos los remitirá al Jefe de Control de Calidad para que sea éste el que los evalúe y determine a quienes ocuparan dichos cargos.

3.9. Capacitación del personal

Los inspectores serán capacitados al momento de ser contratados. La capacitación deberá contener: descripción de los productos, explicación de sus funciones, introducción al proceso productivo, aspectos relacionados con la planta, especificaciones de la Planta, inducción al llenado de formatos y utilización de sus respectivas guías, procedimientos que corresponden a cada inspector, etc.

La capacitación se dividirá en dos fases: una teórica y una práctica. La capacitación teórica tendrá una duración máxima de 2 días y la capacitación práctica tendrá una duración máxima de 5 días.

Los dos inspectores recibirán la misma capacitación, ya que deben conocer el trabajo que le corresponde al otro. Se solicitará a los inspectores de calidad de la planta de barras que los orienten, ya que los procedimientos son similares en ambas plantas.

3.10. 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 solamente 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 cualquier problema que sus tareas ocasionen con el personal de la planta, además de brindar todo el apoyo necesario a los inspectores para que éstos se sientan seguros al realizar su trabajo. Todo conflicto que se genere por realizar su trabajo, los Inspectores de Calidad 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, debiendo firmarlos.

Los Inspectores de Control de Calidad solamente presentarán el Informe de producto no conforme identificado en su jornada de trabajo, y corresponde a otras personas la responsabilidad de decidir si el producto sale o no a la venta.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

4.1. Notificación de las especificaciones a utilizar

Tabla XVI. Especificaciones Planta de Perfiles

Especificaciones para la Planta de Perfiles
Norma ASTM A 618 6M

ANGULARES LEGÍTIMOS	DESCRIPCIÓN	ALA (mm)		ESPESOR (mm)				PESO (g/m)				
		Tolerancia	Máximo	Mínimo	Espeor	Tolerancia	Máximo	Mínimo	Peso	Tolerancia	Máximo	Mínimo
	1/2" X 1/8"	1	13.7	11.7	3.2	0.2	3.4	3.0	568	14	572	544
	5/8" X 1/8"	1	17.0	15.0	3.2	0.2	3.4	3.0	733	18	741	705
	3/4" X 1/8"	1	20.0	18.0	3.2	0.2	3.4	3.0	874	22	896	852
	1" X 1/8"	1	26.4	24.4	3.2	0.2	3.4	3.0	1196	30	1226	1168
	1" X 3/16"	1	26.4	24.4	4.8	0.2	5.0	4.6	1733	44	1777	1689
	1" X 1/4"	1	26.4	24.4	6.4	0.2	6.6	6.2	2231	56	2287	2175
	1 1/4" X 1/8"	1	32.8	30.8	3.2	0.2	3.4	3.0	1517	38	1555	1479
	1 1/4" X 3/16"	1	32.8	30.8	4.8	0.2	5.0	4.6	2216	56	2272	2160
	1 1/4" X 1/4"	1	32.8	30.8	6.4	0.2	6.6	6.2	2874	72	2946	2802
	1 1/2" X 1/8"	1	39.0	37.0	3.2	0.2	3.4	3.0	1829	46	1875	1783
	1 1/2" X 3/16"	1	39.0	37.0	4.8	0.2	5.0	4.6	2683	67	2750	2618
	1 1/2" X 1/4"	1	39.0	37.0	6.4	0.2	6.6	6.2	3497	88	3585	3409
	2" X 1/8"	2	52.8	48.8	3.2	0.3	3.5	2.9	2472	62	2534	2410
	2" X 3/16"	2	52.8	48.8	4.8	0.3	5.1	4.5	3647	92	3739	3555
	2" X 1/4"	2	52.8	48.8	6.4	0.3	6.7	6.1	4783	120	4903	4663

HEMBRAS LEGÍTIMAS	DESCRIPCIÓN	ANCHORO (mm)		ESPESOR (mm)				PESO (g/m)				
		Tolerancia	Máximo	Mínimo	Espeor	Tolerancia	Máximo	Mínimo	Peso	Tolerancia	Máximo	Mínimo
	1/2" X 1/8"	12.7	0.5	12.2	3.2	0.2	3.4	3.0	319	8	327	311
	1/2" X 3/16"	12.7	0.5	13.2	4.8	0.2	5.0	4.6	479	12	491	467
	3/4" X 1/8"	19.0	0.5	19.5	3.2	0.2	3.4	3.0	477	12	489	465
	3/4" X 3/16"	19.0	0.5	19.5	4.8	0.2	5.0	4.6	716	18	734	698
	1" X 1/8"	25.4	1.0	26.4	3.2	0.2	3.4	3.0	638	16	654	622
	1" X 3/16"	25.4	1.0	26.4	4.8	0.2	5.0	4.6	967	24	981	933
	1" X 1/4"	25.4	1.0	26.4	6.4	0.2	6.6	6.2	1276	32	1308	1244
	1 1/4" X 1/8"	31.8	1.0	32.8	3.2	0.2	3.4	3.0	799	20	819	779
	1 1/4" X 3/16"	31.8	1.0	32.8	4.8	0.2	5.0	4.6	1198	30	1228	1168
	1 1/2" X 1/8"	38.0	1.0	39.0	3.2	0.2	3.4	3.0	965	24	979	931
	1 1/2" X 3/16"	38.0	1.0	39.0	4.8	0.2	5.0	4.6	1432	36	1468	1396
	1 1/2" X 1/4"	38.0	1.0	39.0	6.4	0.2	6.6	6.2	1909	48	1957	1861

Continuación...

**Especificaciones para la Planta de Perfiles
NORMA ASTM A 67A 6M**

DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)				PESO (grm)	
	Ancho	Tolerancia	Mínimo	Peso	Tolerancia	Mínimo
	3/8"	9.5	0.15	9.35	708	18
1/2"	12.7	0.18	12.52	1266	32	1234

DESCRIPCIÓN	DIÁMETRO (mm)				PESO (grm)	
	Diámetro	Tolerancia	Mínimo	Peso	Tolerancia	Mínimo
	3/8"	9.5	0.15	9.35	556	14
1/2"	12.7	0.18	12.52	994	25	969
5/8"	16.0	0.20	15.80	1578	40	1538
3/4"	19.0	0.20	18.80	2225	56	2169

Los Perfiles Milimétricos son fabricados y comercializados de acuerdo con los estándares de A.C.S.A.

DESCRIPCIÓN	ALA (mm)				ESPESES (mm)				PESO (grm)	
	Ala	Tolerancia	Mínimo	Espeor	Tolerancia	Mínimo	Peso	Tolerancia	Mínimo	
	3/4" X 1/8"	19	1	20	2.8	0.2	3	774	20	754
1" X 1/8"	25.4	1	26.4	2.8	0.2	3	1055	27	1028	

DESCRIPCIÓN	ANCHO (mm)				PESO (grm)	
	Ancho	Tolerancia	Mínimo	Peso	Tolerancia	Mínimo
	3/8"	9	0.15	8.85	636	16
1/2"	11.3	0.18	11.12	1002	25	977

4.2. Recepción de materia prima

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

Los formatos, sus guías para el llenado y los procedimientos que se utilizarán en el sistema de control de calidad permanentemente por parte del Inspector de Calidad de Materia Prima, son el resultado de una serie de pruebas que se efectuaron durante la implementación, quedando de la siguiente manera (los formatos se presentan en el anexo):

Guías de llenado de formatos

Guía para el control de temperatura

1. Fecha: corresponde a la hora en que inició el turno.
2. La temperatura se tomará cada hora.
3. Se coloca el valor de la temperatura de igualación en la casilla que corresponde.
4. Se coloca el valor de la temperatura de regulación en la casilla que corresponde.
5. Inspector de Calidad. Debe colocarse el nombre y la firma del inspector del turno que tomo los datos.

Guía para el control de cambio de turno

1. Fecha: corresponde la hora en que inició el turno.
2. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche respectivamente.
3. Hora: hora en que entregó la hoja al otro Inspector de Calidad.
4. Inspector de Calidad que entrega el turno: debe colocarse el nombre y la firma del Inspector de Calidad del turno que está redactando las observaciones.

5. Observaciones: se deben colocar las observaciones apropiados al cambio de colada como: qué colada es la que está en el horno, qué colada es la que le sigue para ingresar al horno, horas de ingreso al horno, hora aproximada en que caerá la colada, etc.
6. Inspector de Calidad que recibe el turno: debe colocarse el nombre y firmar de enterado el Inspector de Calidad que está recibiendo las observaciones.

Guía para el control de producto no conforme

1. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que se inicia el turno.
2. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche, respectivamente.
3. Producto: se tienen los siguiente productos: angular legítimo, angular milimétrico, hembra, varilla lisa, cuadrado legítimo y cuadrado milimétrico. Colocar en la casilla respetiva el que corresponda.
4. Dimensiones: colocar las medidas del producto a muestrear, por ejemplo: si es cuadrado de $\frac{1}{2}$ " , colocar $\frac{1}{2}$ " , si es angular de. 2" x $\frac{1}{4}$ " , colocar 2" x $\frac{1}{4}$ " , etc.
5. Jefe de turno: colocar el nombre del jefe de turno de la planta y buscarlo para que firme, según lo indica el procedimiento de Control de Producto no Conforme.
6. Jefe de Control de Calidad: para la firma del Jefe de Control de Calidad, según lo indica el procedimiento de Control de producto no conforme.
7. Número de colada: se refiere al número de colada al que pertenece el producto catalogado como producto no conforme.
8. Fecha de producción: corresponde a la fecha en que fue laminado el producto no conforme. No se necesita que esta fecha sea la misma que la del turno, porque en el turno 2 se inicia en una fecha y termina en otra.
9. Hora de producción: corresponde a la hora en que fue laminado el producto no conforme.

10. No. del atado: los atados irán identificados con un número correlativo, se colocará el número que corresponda.
11. Peso del atado: colocar el peso del atado que corresponde.
12. Observaciones: colocar las causas por las cuales el producto fue catalogado como producto no conforme.
13. Jefe de Turno de Bodega: colocar el nombre y buscarlo para que firme, según lo indica el procedimiento de Control de Producto no Conforme.
14. Jefe de Bodega: colocar el nombre y buscarlo para que firme, según lo indica el procedimiento de Control de Producto no Conforme.
15. Inspector de Control de Calidad: colocar el nombre y la firma del inspector del turno que llenó el formato.

Guía para el control de palanquilla

1. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que inicia el turno
2. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche respectivamente.
3. No. de colada: corresponde al número de la colada que se está inspeccionando. Los lingotes traen marcado el número de colada en cada uno de sus extremos.
4. Color de la colada: es el color de la colada que se está inspeccionando. El color se determina por el color con que vienen pintados los extremos de cada lingote.
5. Características: cuantificar cuántos lingotes presenta cada una de las características aquí especificadas. Hacer uso del Catálogo de Posibles Defectos de Palanquillas.
6. Observaciones: Anotar las observaciones oportunas, colocando antes el número de colada al que se le esté detallando alguna situación necesaria.
7. Inspector de Control de Calidad: colocar el nombre y la firma del inspector del turno que llenó el formato.

Guía para el control de cambio de colada

1. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que se inicia el turno
2. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche respectivamente.
3. Producto: se tienen los siguientes productos: angular legítimo, angular milimétrico, hembra, varilla lisa, cuadrado legítimo y cuadrado milimétrico. Colocar en la casilla respectiva el que corresponda.
4. Dimensiones: colocar las medidas del producto a muestrear, por ejemplo: si es cuadrado de $\frac{1}{2}$ ", colocar $\frac{1}{2}$ ", si es angular de $2" \times \frac{1}{4}"$, colocar $2" \times \frac{1}{4}"$, etc.
5. No. de colada: es el número de la colada que está en la cama de ingreso al horno.
6. Color: es el color de la colada que está en la cama de ingreso al horno.
7. Hora de Ingreso al Horno: es la hora en que el montacargas colocó los primeros lingotes de la colada en la cama de ingreso al horno.
8. Hora Inicial del desbaste: hora en que el primer lingote de la colada pase por la máquina desbastadora.
9. Hora final del desbaste: hora en que el último lingote de la colada pase por la máquina desbastadora.
10. Tiempo de laminación: es el tiempo total de laminación. Es la diferencia entre la hora final y la inicial.
11. Lingotes quemados: es el total de lingotes de una misma colada que son sacados del proceso por no cumplir con la temperatura adecuada para su laminación.
12. Lingotes desbastados: es el total de lingotes de una misma colada que pasaron por la máquina desbastadora.
13. Lingotes perdidos en el proceso: es el total de lingotes de una misma colada que se perdieron en el proceso y no llegaron a la cama de enfriamiento.

14. Observaciones: al momento de identificar un lingote perdido, se debe anotar en qué castillo del tren de laminación ocurrió el incidente.
15. Inspector de Control de Calidad: colocar el nombre y la firma del inspector del turno que llenó el formato.

Procedimientos

Procedimiento para el control de cambio de colada

1. En la cama de entrada al horno se debe tomar la hora en que los lingotes de una nueva colada son colocados en la cama por el montacargas. Las coladas no tienen un orden específico para ingresar al horno; dependerá del encargado de patio la colada que envíe para su laminación.
2. En la cama de entrada al horno, verificar que los últimos lingotes de cada colada lleven las palanquillas de seña amarradas con alambre.
3. En la cama de entrada al horno, verificar que los lingotes con las palanquillas de señas lleven la misma alineación al momento de ingresar.
4. En la cama de entrada al horno, verificar que todos los lingotes de una colada sean ingresados al horno.
5. En la cama de entrada al horno, verificar que no vaya un lingote de otra coladas mezclado con la colada que está ingresando al horno.
6. Cuando se tenga que laminar producto legítimo, no se debe permitir el ingreso al horno de lingotes quemados.
7. En la salida del horno, llevar la cuenta de cuantos lingotes salen quemados. Al finalizar la colada, colocar en el formato de control de cambio de colada la cantidad de lingotes quemados. Al iniciar una nueva colada la cuenta regresa a cero.
8. En el tren de laminación, llevar la cuenta de cuántos lingotes se pierden en el proceso. Al finalizar la colada, colocar en el registro de control de cambio de colada la cantidad de lingotes perdidos en el proceso. Al iniciar una nueva colada la cuenta regresa a cero.

9. En la salida al horno, controlar la caída de la colada. Como la cama del horno trabaja con dos hileras de lingotes, las señas de finalización de colada deben ser dos. Por lo tanto, estar atento al momento en que caerá el primer lingote con la palanquilla de seña. Este primer lingote significa el final de la colada del lado de donde salió y se debe esperar el segundo lingote con seña que indica el final definitivo de toda la colada.
10. Controlar con el hornero y el operador de cabina para que termine de jalar los lingotes del lado donde no ha caído la seña de la colada que se está laminando hasta que caiga la segunda seña.
11. Tomar la hora en que pase por el desbaste el segundo lingote que lleva la seña que indica la hora final del desbaste de la colada que se está terminando.
12. Tomar la hora en que pasa por el desbaste el primer lingote de la siguiente colada, está es la hora de inicio del desbaste de la nueva colada.
13. Informar al Inspector de Calidad del Proceso el cambio de colada para que éste haga lo mismo con el operador de báscula.
14. Llenar el formato de control de cambio de colada en el momento en que se tengan los datos y no dejarlo para el final del turno.
15. Este proceso se realizará constantemente durante todo el turno.

Procedimiento para el control de palanquilla

1. Dirigirse al lugar donde se está descargando el camión con las palanquillas.
2. Se debe anotar el número de colada en la casilla No. de colada del registro control de palanquilla”. El número de colada viene en uno de los extremos de cada lingote.

3. Se revisarán cuidadosamente todos los lingotes de cada colada conforme los lingotes estén siendo descargados del camión. La inspección debe ser visual. Los defectos a buscar son los descritos en el Catálogo de Defectos de Materia Prima.
4. Al encontrarse un lingote con algún defecto, se debe marcar con tiza y, luego contabilizarlo en el registro “Control de Palanquilla” según el defecto que presente.
5. Solicitar la separación del lingote defectuoso. El operador del montacargas será el encargado de trasladar los lingotes con defectos a un área asignada para tal efecto.
6. Al final del turno completar el registro de control de palanquilla según la Guía para el llenado del registro control de palanquilla.
7. Llenar el informe de Rechazo de Materia Prima y entregarlo al Departamento de Control de Calidad con copia al Encargado de Bodega. Referirse a la Guía para el llenado del registro de Rechazo de Materia Prima.
8. Entregar los respectivos reportes al Departamento de Control de Calidad y al Encargado de Bodega de Materia Prima.

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

El formato de Control de Cambio de Colada presenta el control de los momentos en que cambia la colada que se está laminando. Esta información es trasladada al Inspector de Calidad de Procesos para que identifique el producto con el número de colada al que corresponde, siguiendo el procedimiento prescrito para esto.

4.2.3. Estudio de problemas y mejoras encontrados

El problema más frecuente para el Inspector de Calidad de Materia Prima es cuando el operario que ordena lingotes a la entrada del horno no amarra correctamente la palanquilla utilizada como marca de finalización de la colada, se desata y no se puede ver cuándo finaliza la colada. Se debe supervisar el amarre que llevarán las palanquillas como marca de finalización de la colada por parte del Inspector de Calidad de Materia Prima para evitar este problema y no perder la secuencia del cambio de colada.

4.3. Proceso de producción

4.3.1. Aplicación de formatos para el control de calidad

Los formatos, sus guías para el llenado y los procedimientos que se utilizarán en el sistema de control de calidad permanentemente por parte del Inspector de Calidad de Procesos, son el resultado de una serie de pruebas que se efectuaron durante la implementación, quedando de la siguiente manera:

Guía para el reporte físico de angular

1. Producto: se reconocen dos tipos de productos: legítimos y milimétricos. Colocar en la casilla respectiva el que corresponda.
2. Dimensiones: colocar las medidas del angular a muestrear, por ejemplo: 2" x 1/4", 1" x 1/8", etc.
3. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que inicia el turno
4. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche respectivamente.

5. Colocar en las casillas de cada característica de calidad los valores nominales, así como los valores máximos y mínimos permitidos. Dichos valores se encuentran en las especificaciones de los productos.
6. Hora: las muestras serán tomadas cada hora durante todo el turno, por lo que corresponden 12 muestras en cada turno si no ocurre algún paro largo en el sistema de producción, de ocurrir algún paro y la muestra no puede ser tomada, se coloca únicamente la hora y esa fila no se llena.
7. Colada No.: corresponde al número de colada que se está laminando y de la cual se extrajo la muestra, este número será dado por el Inspector de Materia Prima al momento en que se inicia la laminación de una nueva colada.
8. Longitudes de ala 1 y 2: son los datos obtenidos de medir la muestra respecto a cada una de las alas. Los datos se deben proporcionar en milímetros.
9. Espesores de ala 1 y 2: son los datos obtenidos de medir el espesor de la muestra de cada una de las alas, teniendo cuidado de controlar que los espesores correspondan a cada ala. Los datos se deben proporcionar en milímetros.
10. Peso: el peso corresponde al peso de la muestra en gramos por metro. Seguir el procedimiento para tomar el peso de las muestras.
11. Inspector de Calidad: debe colocarse el nombre y firma del Inspector de Calidad del turno que llenó el registro.

Guía para el reporte físico de hembra.

1. Dimensiones: colocar las medidas de hembras a muestrear, por ejemplo: 2" x ¼", etc.
2. Longitud: colocar la longitud de la hembra que se está produciendo, por lo general es de 6 metros.
3. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que se inicia el turno
4. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche, respectivamente.

5. Colocar en las casillas de cada característica de calidad los valores nominales, así como los valores máximos y mínimos permitidos. Dichos valores se encuentran en las especificaciones de los productos.
6. Hora: las muestras serán tomadas cada hora durante todo el turno, por lo que corresponde a 12 muestras en cada turno si no ocurre algún paro en el sistema de producción. De ocurrir algún paro y la muestra no puede ser tomada, se coloca únicamente la hora, y esa fila no se llena.
7. Colada No.: corresponde al número de colada que se está laminando y de la cual se extrajo la muestra. Este número será dado por el Inspector de Materia Prima al momento en que se inicia la laminación de otra colada.
8. Longitudes de ala: son los datos obtenidos al medir la muestra respecto al ala. Los datos se deben proporcionar en milímetros.
9. Espesor de ala: son los datos obtenidos al medir el espesor del ala. Los datos se deben proporcionar en milímetros.
10. Peso: el peso corresponde al peso de la muestra en gramos por metro. Seguir el procedimiento para tomar el peso de las muestras.
11. Inspector de Calidad: debe colocarse el nombre y la firma del Inspector de Calidad del turno que llenó el registro.

Guía para reporte físico de cuadrado

1. Producto: se reconocen dos tipos de productos para cuadrados: legítimos y milimétricos. Colocar en la casilla respectiva el que corresponda.
2. Dimensiones: colocar las medidas del cuadrado a muestrear, por ejemplo: $\frac{1}{2}$ " ó $\frac{3}{8}$ ".
3. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que se inicia el turno
4. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche, respectivamente.
5. Colocar en las casillas de cada característica de calidad los valores nominales, así como los valores máximos y mínimos permitidos. Dichos valores se encuentran en las especificaciones de los productos.

6. Hora: las muestras serán tomadas cada hora durante todo el turno, por lo que corresponde a 12 muestras en cada turno, si no ocurre algún paro en el sistema de producción. De ocurrir algún paro y la muestra no puede ser tomada, se coloca únicamente la hora, y esa fila no se llena.
7. Colada No.: corresponde al número de colada que se está laminando y de la cual se extrajo la muestra. Este número será dado por el Inspector de Materia Prima al momento en que se inicia la laminación de otra colada.
8. Lado: son los datos obtenidos al medir la muestra respecto a cada lado. Los datos se deben proporcionar en milímetros.
9. Peso: el peso corresponde al peso de la muestra en gramos por metro. Seguir el procedimiento para tomar el peso de las muestras.
10. Inspector de Calidad: debe colocarse el nombre y la firma del Inspector de Calidad del turno que llenó el registro.

Guía para reporte físico de varilla lisa

1. Dimensiones: colocar las medidas de la varilla lisa a muestrear, por ejemplo: $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " , etc.
2. Longitud: colocar la longitud de la varilla lisa que se está produciendo; por lo general es de 6 metros.
3. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que se inicia el turno
4. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche, respectivamente.
5. Colocar en las casillas de cada característica de calidad los valores nominales, así como los valores máximos y mínimos permitidos. Dichos valores se encuentran en las especificaciones de los productos.
6. Hora: las muestras serán tomadas cada hora durante todo el turno, por lo que corresponde a 12 muestras en cada turno, si no ocurre algún paro en el sistema de producción. De ocurrir algún paro y la muestra no puede ser tomada, se coloca únicamente la hora, y esa fila no se llena.

7. Colada No.: corresponde al número de colada que se está laminando y de la cual se extrajo la muestra, este número será dado por el Inspector de Materia Prima al momento en que se inicia la laminación de otra colada.
8. Diámetro: son los datos obtenidos al medir la muestra respecto al diámetro. Los datos se deben proporcionar en milímetros.
9. Peso: el peso corresponde al peso de la muestra en gramos por metro. Seguir el procedimiento para tomar el peso de las muestras.
10. Inspector de Calidad: debe colocarse el nombre y la firma del Inspector de Calidad del turno que llenó el registro.

Guía para hoja de gráfico de control

1. Producto: se debe ser específico al colocar el nombre del producto que se está graficando, de la siguiente forma: angular legítimo, angular milimétrico, hembra, varilla lisa, cuadrado legítimo o cuadrado milimétrico. Colocar en la casilla respectiva el que corresponda.
2. Dimensiones: colocar las medidas del producto que se va graficar, por ejemplo: si es angular de 2" x 1/4" , colocar 2" x 1/4" , etc.
3. Gráfico de: colocar la variable que se va a graficar, pudiendo ser: ancho de ala 1, ancho de ala 2, espesor de ala 1, peso, diámetro, etc.
4. Fecha: corresponde la hora en que inició el turno.
5. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche respectivamente.
6. Graficar: se coloca sobre el eje horizontal los valores que correspondan a cada hora que se saca una muestra. En el eje vertical la escala correspondiente a las medidas de las muestras, dicha escala debe ser lo más precisa y proporcional utilizando la línea gruesa del centro como valor medio. Cada muestra del eje vertical va aparejada con una hora del eje horizontal y unidas por una línea recta hasta completar las doce muestras del turno. Solamente muestras consecutivas van unidas.

7. Graficar los límites de especificaciones requeridos para el perfil que se esté muestreando. Los límites a graficar serán el límite mínimo y el máximo, para que el Inspector de Calidad vea cuando una muestra se salga de estos límites, ya que esto no debe suceder.
8. Inspector de Calidad: debe colocarse el nombre y la firma del inspector de calidad que tomo y graficó las muestras.

Guía para la hoja de observaciones

1. Fecha: corresponde la hora en que se inicio el turno.
2. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche, respectivamente.
3. Inspector de Calidad que recibe el turno: debe colocarse el nombre y firma del Inspector de Calidad que está redactando la hoja.
4. Observaciones: cualquier acto relevante ocurrido durante el turno, tanto para el Inspector de Materia Prima, como para el de Proceso.

Guía para control de coladas laminadas

1. Producto: se debe ser específico al colocar el nombre del producto que se está laminando, de la siguiente forma: angular legítimo, angular milimétrico, hembra, varilla lisa, cuadrado legítimo o cuadrado milimétrico. Colocar en la casilla respectiva el que corresponda.
2. Dimensiones: colocar las medidas del producto que se va graficar, por ejemplo: si es angular de 2" x ¼" , colocar 2" x ¼", si es cuadrado de ½", colocar ½", etc.
3. Fecha: corresponde la hora en que se inició el turno.
4. Hora de inicio de laminación: corresponde a la hora en que pasa el primer lingote por la maquina desbastadora y es informada por el Inspector de Materia Prima. La hora de inicio del desbaste también se encuentra en el Control de Cambio de Colada.

5. Número de colada: corresponde a la colada que se está laminando e inicia con la hora de inicio de laminación.
6. Firma de enterado de Báscula: cuando se está laminando producto legítimo, el Inspector de Calidad de Proceso es el que firma en esta casilla. Si el producto de laminación es milimétrico, el encargado de báscula es el que firma en la casilla, luego de informarse sobre la colada que se está laminando.
7. Inspector de Calidad: debe colocarse el nombre y la firma del Inspector de Calidad que llevo el formato.

Guía para el Control de Paros en la Planta

1. Fecha: la fecha corresponde a la hora en que inicia el turno
2. Turno: corresponde turno 1 al día y turno 2 a la noche, respectivamente.
3. Producto: se tienen los siguiente productos, angular legítimo, angular milimétrico, hembra, varilla lisa, cuadrado legítimo y cuadrado milimétrico. Colocar en la casilla respectiva el que corresponda.
4. Dimensiones: colocar las medidas del producto a muestrear, por ejemplo: si es cuadrado de $\frac{1}{2}$ ", colocar $\frac{1}{2}$ ", si es angular de. $2" \times \frac{1}{4}$ ", colocar $2" \times \frac{1}{4}$ ", etc.
5. Hora inicial: hora en que se inició el paro.
6. Hora final: hora en que finalizó el paro.
7. Tiempo: tiempo total que duró el paro. Es la diferencia entre la hora final y la inicial.
8. Tipo de paro: identificar el código para los diferentes tipos de paro según el Procedimiento para el Control de Paros en la Planta.
9. Causa: describir la causa que ocasionó el paro. Informarse con más detalle con los operadores de la planta acerca del paro.
10. Observaciones: colocar las situaciones que se consideren relevantes con relación con los paros de la Planta.

11. Inspector de Control de Calidad: colocar el nombre y la firma del inspector del turno que llenó el formato.

Procedimientos

Procedimiento para extracción de muestras

1. Dirigirse hacia la cama de enfriamiento del proceso de laminación. La extracción de las muestras se hará cada hora durante todo el turno. Para el turno 1 las muestras se comenzarán a tomar desde las 7 hrs. hasta las 18 hrs. Para el turno 2 las muestras se tomarán a partir de las 19 hrs. hasta las 6 hrs.
2. Cuando el perfil caiga en la cama, jalar una perfil como identificación para que pueda ser cortada la muestra por el operario de la cizalla. El perfil será tomado del centro del lingote.
3. Avisarle al operario de la cizalla que corte la muestra con una longitud mayor a 20 centímetros.
4. Con un marcador trazar dos marcas a una distancia de 20 centímetros que corresponde a la muestra para analizar.
5. Dirigirse a la cortadora para cortar la muestra lo más exacta posible a los 20 centímetros de longitud.
6. Dirigirse al laboratorio de control de calidad de la planta de perfiles con la muestra.
7. Proceder a tomar las medidas de cada una de las variables de calidad de las muestras. El procedimiento para tomar las medidas dependerá del producto a muestrear, de la siguiente manera.

Angular

- Colocar con marcador indeleble un número uno al ala 1 y un número dos al ala 2 para diferenciarlas al momento de querer rectificar las mediciones. Los números serán colocados en un extremo de la muestra.
- Se mide el peso de la muestra en gramos utilizando una balanza electrónica, y se coloca el dato en la casilla que corresponda en el formato. El dato correspondiente al peso para verificar la característica de calidad es requerido en gramos por metro (g/m), por lo que el peso obtenido en la balanza deberá ser dividido por la longitud exacta de la muestra dada en metros.
- Con el vernier, tomar las mediciones del ancho de ala 1 y ancho de ala 2, anotarlas en el formato correspondiente. Estas medidas se tomarán de la siguiente forma: colocar el vernier en forma perpendicular al ancho del ala a medir e introducir la pieza dentro del vernier, con una distancia aproximada de 5 mm para tomar la medida. Se tomarán 5 medidas a lo largo de la muestra y el promedio de éstas se colocará en el formato de análisis físico. La primera medición será a 2 cm del extremo, la segunda a 6 cm del extremo, otra medición a 10 cm del extremo, la cuarta medición a 14 cm del extremo y la última medición a 18 cm del mismo extremo.
- Con el vernier, tomar las mediciones del espesor de ala 1 y el espesor del ala 2, anotarlas en el formato correspondiente. Estas medidas se tomarán de la siguiente forma: colocar el vernier en forma perpendicular al espesor del ala a medir e introducir la pieza dentro del vernier una distancia aproximada de 5 mm para tomar la medida. Se tomarán 5 medidas a lo largo de la muestra y el promedio de éstas se colocará en el formato de análisis físico. La primera medición será a 2 cm del extremo, la segunda a 6 cm del extremo, otra medición a 10 cm del extremo, la cuarta medición a 14 cm del extremo y la última medición a 18 cm del mismo extremo.

Cuadrado

- Colocar con marcador indeleble números del uno al cuatro para identificar los diferentes lados al momento de querer rectificar las mediciones. Los números serán colocados en un extremo de la muestra.
- Se mide el peso de la muestra en gramos utilizando una balanza electrónica, y se coloca el dato en la casilla que corresponda en el formato. El dato correspondiente al peso para verificar la característica de calidad es requerido en gramos por metro (g/m), por lo que el peso obtenido en la balanza deberá ser dividido por la longitud exacta de la muestra dada en metros.
- Con el vernier tomar las mediciones para cada uno de los lados y anotarlas en el formato correspondiente. Estas medidas se tomarán de la siguiente forma: colocar el vernier en forma perpendicular al ancho del lado a medir e introducir la pieza dentro del vernier una distancia aproximada de 3 mm para tomar la medida. Se tomarán 5 medidas a lo largo de la muestra y el promedio de éstas se colocará en el formato de análisis físico. La primera medición será a 2 cm del extremo, la segunda a 6 cm del extremo, otra medición a 10 cm del extremo, la cuarta medición a 14 cm del extremo y la última medición a 18 cm del mismo extremo.

Hembra

- Colocar con marcador indeleble una X como marca en un extremo de la muestra para diferenciarlos al momento de querer rectificar las mediciones.
- Se mide el peso de la muestra en gramos utilizando una balanza electrónica, y se coloca el dato en la casilla que corresponda en el formato. El dato correspondiente al peso para verificar la característica de calidad es requerido en gramos por metro (g/m), por lo que el peso obtenido en la balanza deberá ser dividido por la longitud exacta de la muestra dada en metros.

- Con el vernier, tomar las mediciones del ancho de ala y anotarlas en el formato correspondiente. Estas medidas se tomarán de la siguiente forma: colocar el vernier en forma perpendicular al ancho del ala a medir e introducir la pieza dentro del vernier una distancia aproximada de 5 mm para tomar la medida. Se tomarán 5 medidas a lo largo de la muestra y el promedio de éstas se colocará en el formato de análisis físico. La primera medición será a 2 cm del extremo, la segunda a 6 cm del extremo, otra medición a 10 cm del extremo, la cuarta medición a 14 cm del extremo y la última medición a 18 cm del mismo extremo.
- Con el vernier, tomar las medidas del espesor de ala y anotarlas en el registro correspondiente. Estas medidas se tomarán de la siguiente forma: colocar el vernier en forma perpendicular al espesor del ala a medir e introducir la pieza dentro del vernier una distancia aproximada de 5 mm para tomar la medida. Se tomarán 5 medidas a lo largo de la muestra y el promedio de éstas se colocará en el formato de análisis físico. La primera medición será a 2 cm del extremo, la segunda a 6 cm del extremo, otra medición a 10 cm del extremo, la cuarta medición a 14 cm del extremo y la última medición a 18 cm del mismo extremo.

Varilla lisa

- Colocar con marcador indeleble una X como marca en un extremo de la muestra para diferenciarlas al momento de querer rectificar las mediciones.
- Se mide el peso de la muestra en gramos utilizando una balanza electrónica, y se coloca el dato en la casilla que corresponda en el formato. El dato correspondiente al peso para verificar la característica de calidad es requerido en gramos por metro (g/m), por lo que el peso obtenido en la balanza deberá ser dividido por la longitud exacta de la muestra dada en metros.

- Con el vernier, tomar las mediciones del diámetro y anotarlas en el formato correspondiente. Estas medidas se tomarán de la siguiente forma: colocar el vernier en forma perpendicular al diámetro a medir e introducir la pieza dentro del vernier una distancia aproximada de 5 mm para tomar la medida. Se tomarán 5 medidas a lo largo de la muestra y el promedio de éstas se colocará en el formato de análisis físico. La primera medición será a 2 cm del extremo, la segunda a 6 cm del extremo, otra medición a 10 cm del extremo, la cuarta medición a 14 cm del extremo y la última medición a 18 cm del mismo extremo.
8. Proceder a etiquetar la muestra rodeándola con una tira de masking tape colocando la hora, la fecha, el número de colada y el turno.
 9. Colocar inmediatamente en el pizarrón de la planta los datos obtenidos de la muestra para que los jefes de turno de la planta sepan el comportamiento del proceso productivo.
 10. Si se detecta que las muestras se salen de los límites permitidos, notificar inmediatamente al jefe de turno de la Planta para que verifique el proceso y lo corrija. En cualquier caso especial, localizar al Jefe de Control de Calidad para notificarle del problema.
 11. Si el ajuste al proceso se hace inmediatamente, se debe tomar otra muestra después de haberse corregido el proceso, para verificar si este producto cumple con las especificaciones.
 12. Si la nueva muestra cumple con los rangos permitidos, será ésta la que se colocará en la hoja de registro físico. Si el proceso de ajuste es muy tardado, entonces se colocarán los datos de la muestra ya tomada.
 13. Si el jefe de turno no cumple con ajustar su proceso, buscar al jefe de Planta para informarle de la observación. Si tampoco éste lo corrige, entonces se deberán trasladar al Jefe de Control de Calidad las observaciones pertinentes.

14. Anotar en el pizarrón y en la hoja de observaciones el incumplimiento de la orden dada al jefe de turno.
15. Graficar las muestras cada hora en el formato correspondiente.
16. Al final del turno agrupar todas las muestras con masking tape. Los registros serán entregados a primera hora del siguiente día al departamento de Control de Calidad para elaborar el informe diario.
17. Los registros serán llenados de acuerdo a las guías preparadas para cada uno de ellos.

Procedimiento para el control de coladas laminadas

1. Cuando exista un cambio de colada, el Inspector de Materia Prima debe informarlo inmediatamente al Inspector de Proceso.
2. Si el producto que se está laminado es legítimo, es el Inspector de Calidad del Proceso el encargado de elaborar la plaqueta de identificación a los atados, de la siguiente manera:
 - a. Cuando sea informado del cambio de colada por el Inspector de Materia Prima, el Inspector del Proceso debe elaborar varias plaquetas.
 - b. Las plaquetas deben contener: fecha, turno, dimensiones y número de colada.
 - c. Entregarle al operario que hace los atados las plaquetas, para que las coloque a los atados.
 - d. El Inspector de Calidad de Procesos firmará el formato de control de coladas laminadas.
 - e. Estar pendiente al momento de un nuevo cambio de colada para recoger las plaquetas que sobraron de la colada anterior y cambiarlas por la de la nueva colada.

3. Si el producto que se está laminando es milimétrico, el operador de báscula es quien llena y coloca la plaqueta de identificación a los atados, de la siguiente manera:
 - a. Dirigirse a báscula.
 - b. Informar al operador de báscula el número de colada que se está laminando para que él coloque en las plaquetas el número de colada.
 - c. El operador de báscula está obligado a colocar el número de colada en las plaquetas, siempre y cuando el personal de Control de Calidad le informe de la colada que se está laminando, para tal efecto, el personal de báscula debe firmar de enterado referente a que colada se está laminando.
 - d. Solicitar al operador de báscula que firme el formato de control de coladas laminadas.
4. Si el operador de báscula no se presenta a trabajar, un operario de la planta es el encargado de pesar los atados, pero será el Inspector de Calidad el responsable de colocar el número de colada a las plaquetas de identificación. En este caso será el Inspector de Calidad el que firmará el formato de control de coladas laminadas.

Procedimiento para el control de paros en la planta

1. Colocar la hora de inicio del paro.
2. Determinar el tipo de paro según los siguientes códigos.

Código	Tipo de paro
1	Laminación
2	Mecánico de planta
3	Mantenimiento mecánico
4	Mantenimiento eléctrico
5	Otros motivos
6	Indefinido

3. Describir las causas que ocasionaron el paro, por ejemplo si fue cambio de rodillo, en qué castillo, si fue cambio de calibre, en qué castillo, si algún lingote se trabó, en qué castillo, si fue un fallo eléctrico, describirlo, etc.

4. Dirigirse a la máquina donde ocurrió el paro para informarse con más detalle de las causas que originaron el paro.
5. Colocar la hora de finalización del paro.
6. Colocar el tiempo total que duro el paro, en minutos.
7. Cuando se cambia calibre, rodillo o se ajusta alguna máquina, los laminadores hacen pasar un lingote de prueba, por lo que siempre se debe tomar una muestra de este producto, para verificar si es aceptado o rechazado. En caso sea rechazado, informar al Inspector de Materia Prima para que aparte el producto como producto no conforme.
8. Los paros pueden ocurrir en cualquier momento del turno, por lo que es necesario que el inspector de Proceso esté atento todo el tiempo.

Procedimiento para verificación de producto no conforme

Se considera como tal aquel que no reúna las condiciones físicas permitidas, así como el que esté fuera de las especificaciones permitidas para cada producto respectivamente.

Existen principalmente estos puntos de control para el producto no conforme:

- a. En la cama de enfriamiento, cuando esté saliendo del tren de laminación y el proceso de laminación sea continuo. Cuando el producto se encuentra en la cama de enfriamiento, verificar que no esté astillado, verificar que no este golpeada, etc.
- b. Cuando se realicen ajustes al tren de laminación. Al momento de cambiar de calibre, cambiar rodillos o ajustar cualquier castillo en el tren de laminación, se calibra nuevamente el tren haciendo pasar un lingote por el tren de laminación. Este producto se debe revisar y medir al momento de caer a la cama de enfriamiento del proceso, para ver si cumple con las especificaciones permitidas y las características físicas aceptables.

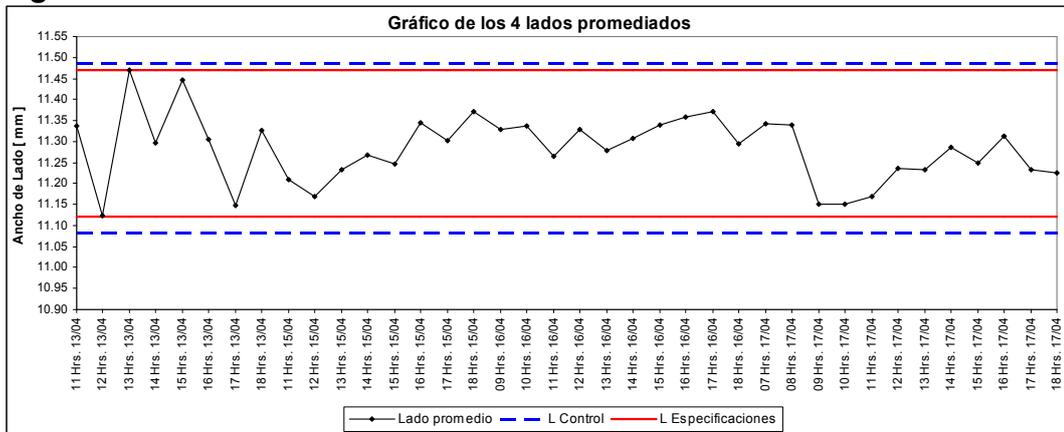
1. Identificar el producto defectuosos por parte del Inspector de Calidad del Proceso.
2. Informar al Inspector de Materia Prima de que se debe apartar producto.
3. Traslado del Inspector de Materia Prima a báscula.
4. Identificar el producto defectuoso.
5. Solicitar que el producto sea apartado.
6. Verificar el peso del atado defectuoso.
7. Llenar la plaqueta de identificación con la fecha de producción, hora de producción, número de colada y turno. La fecha de producción corresponde al día en que se está laminando y no necesariamente debe ser la misma fecha del turno.
8. Colocar plaqueta de identificación.
9. El Inspector de Materia Prima debe de llenar el formato de producto no conforme.
10. Colocar las causas por las que fue rechazado el producto.
11. El Inspector de Materia Prima debe colocar su nombre y firma.
12. Buscar al jefe de turno de bodega para que firme de enterado del producto defectuoso, colocando la hora en que firmo de enterado.
13. Buscar al jefe de turno de la Planta para que firme de enterado del producto que se apartó como producto no conforme.
14. Buscar 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.) para que se entere de que salió producto no conforme. Éste debe firmarlo de enterado.
15. Sacar dos fotocopias al formato de control de producto no conforme
16. Buscar al jefe de bodega para entregarle una copia del formato de control de al mismo tiempo que firme de recibido las otras tres copias y, coloque la hora en que lo recibió.
17. Entregar una fotocopia al Jefe de Planta.

18. Entregar una fotocopia a Gerencia de Producción.
19. Entregar el original al Jefe de Control de Calidad.

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

En las cartas de control también se grafican los límites de especificaciones, debido a que por ser un gráfica de muestras individuales los límites de control son iguales a los límites naturales del proceso y se pueden utilizar para comparar con las especificaciones.

Figura 19. Gráfico de lados de cuadrado milimétrico de 1/2"



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En la carta de control se graficó el promedio de las medidas de los cuatro lados. Se calcularon los límites de control (línea punteada) observando que el proceso no se encuentra bajo control estadístico respecto al proceso, aunque todos los puntos estén dentro de los límites de control, debido a que existe un salto brusco entre 2 y 3.

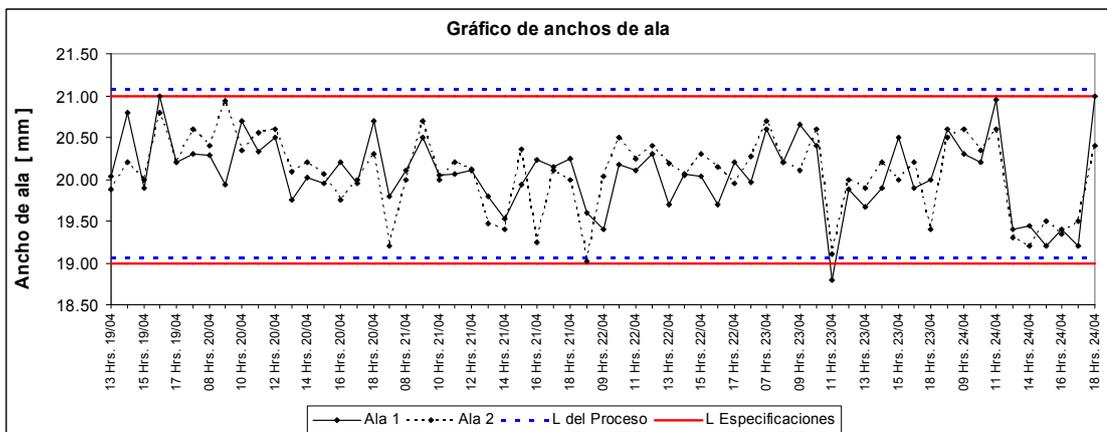
Figura 20. Gráfico de pesos de cuadrado milimétrico de 1/2"



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En el gráfico de control se observa que las muestras 2 y 16 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 20 muestras (53%) no cumplieron con dichas especificaciones. Hay que recordar que el peso se encuentra vinculado proporcionalmente con las dimensiones de los lados del cuadrado.

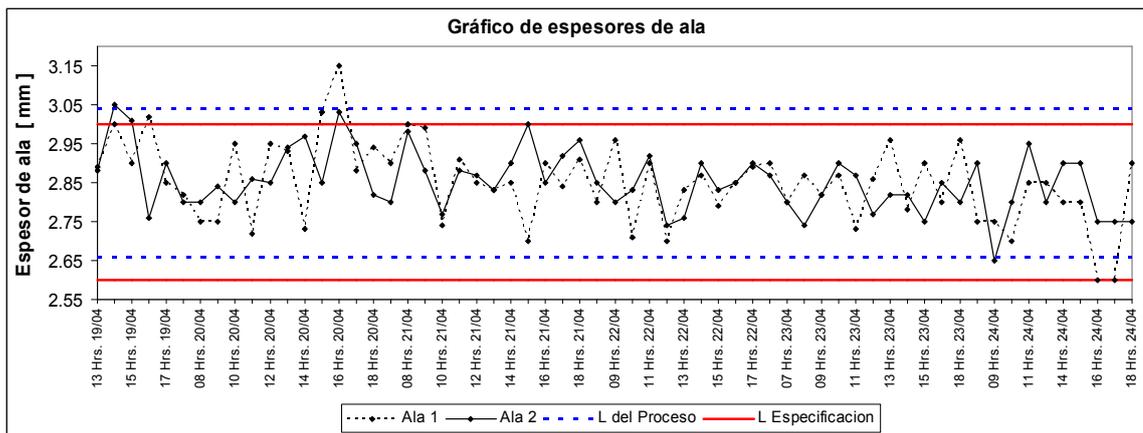
Figura 21. Gráfico de ancho de ala de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En la carta de control, se graficaron los dos anchos de ala simultáneamente para ver su comportamiento. En el ancho de ala 2 de la muestra, 30 y 45 se salieron de los límites de control así también, la muestra 45 de ancho de ala 1 se salió del limite inferior de control. Además, se graficaron los límites de especificaciones (línea continua) para observar las muestras que no cumplieron con dichos límites.

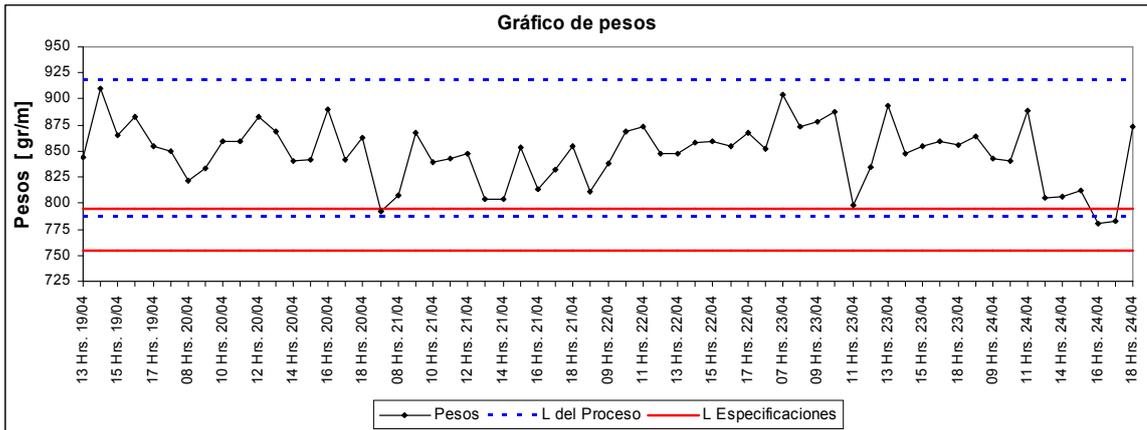
Figura 22. Gráfico de espesores de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En la carta de control, se graficaron los dos espesores de ala para ver el comportamiento simultáneamente. Las muestras 15, 59 y 60 de espesor de ala 1 están fuera de los límites de control (línea punteada), y las muestras 2, 15 y 53 de ala 2 se salieron de los límites de control. También se graficaron los límites de especificaciones (color rojo) para ver el comportamiento de las muestras respecto a ellos.

Figura 23. Gráfico de pesos de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"

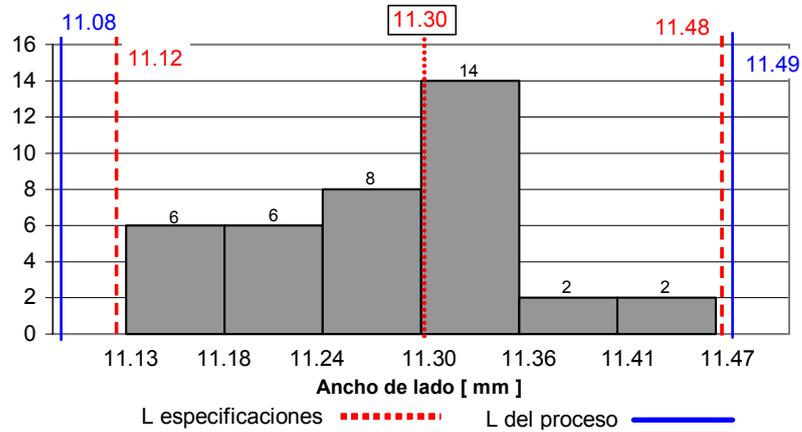


Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En la carta de control, se graficaron los pesos. Existen dos puntos que están fuera de los límites de control inferior (línea punteada). También se graficaron los límites de especificaciones (línea punteada) para ver el comportamiento de las muestras respecto a ellos. Se observa que los pesos de las muestras están por encima de las especificaciones porque los límites de especificaciones graficados sobre la carta de control corresponden a una muestra con los 19 mm de ancho normalizados, pero en este caso los anchos de las alas que se estaba produciendo estaban por encima de los 20 mm.

4.3.3. Análisis de la información por medio de histogramas

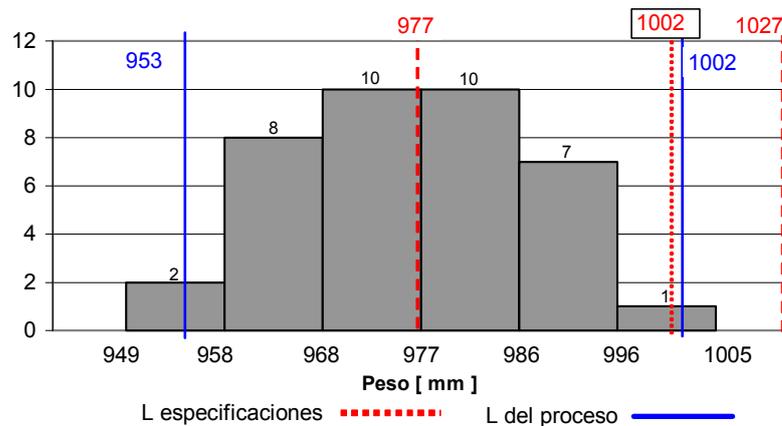
Figura 24. Histograma de lados de cuadrado milimétrico de ½”



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se graficó el promedio de los cuatro lados. En esta gráfica se puede observar que el proceso está tendido a 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 las especificaciones, lo que indica que no se puede cumplir las especificaciones propuestas.

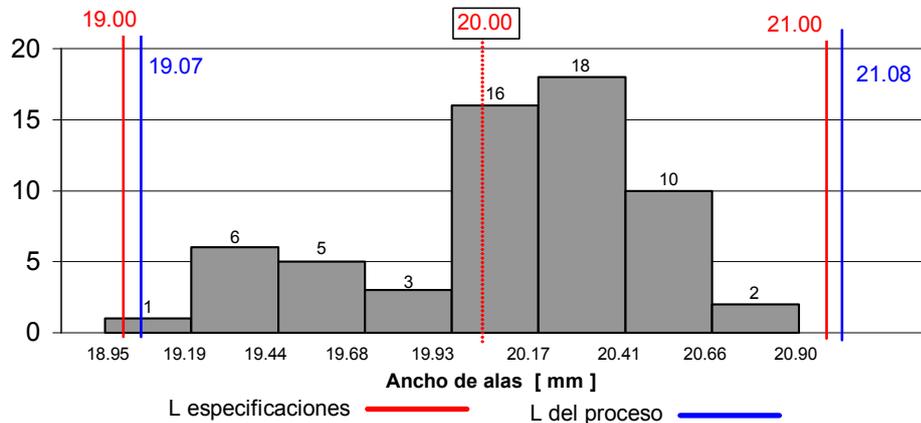
Figura. 25. Histograma de pesos de cuadrado milimétrico de ½”



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se observa que el proceso se encuentra tendido hacia la izquierda del peso, lo que indica que se está elaborando producto con un menor peso del establecido como nominal (1002 gr/m). Además, si sobreponemos los límites de control sobre los de especificaciones, nos daremos cuenta de que tienen la misma amplitud, lo que indica que se está cumpliendo con las especificaciones, pero se debe reducir la variabilidad en el proceso.

Figura 26. Histograma de anchos de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"

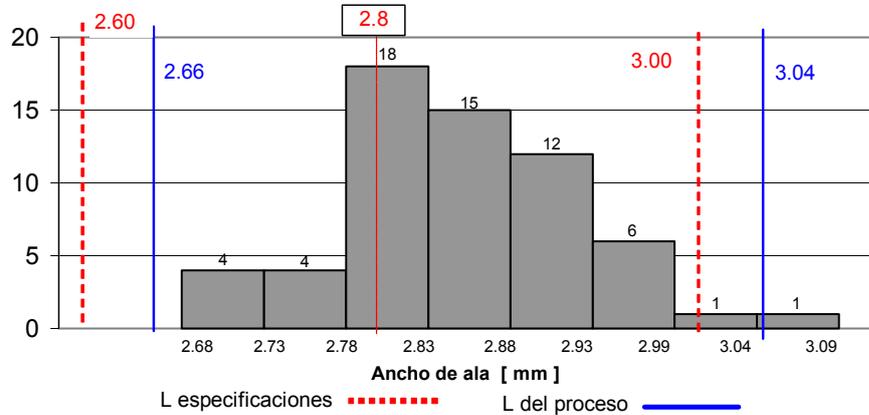


Fuente: Planta de Laminación, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se ve gráficamente el comportamiento está ligeramente tendido a la derecha, lo cual indica que se está produciendo con un ancho de ala mayor al valor nominal debido a que más del 50% de las muestras tienen un valor por encima de este valor nominal de 20 mm.

Además, si se sobreponen los límites del proceso sobre los de especificaciones, tendremos que estos son iguales, indicando que no existe una variabilidad mayor que la actual en el proceso para poder cumplir con las especificaciones.

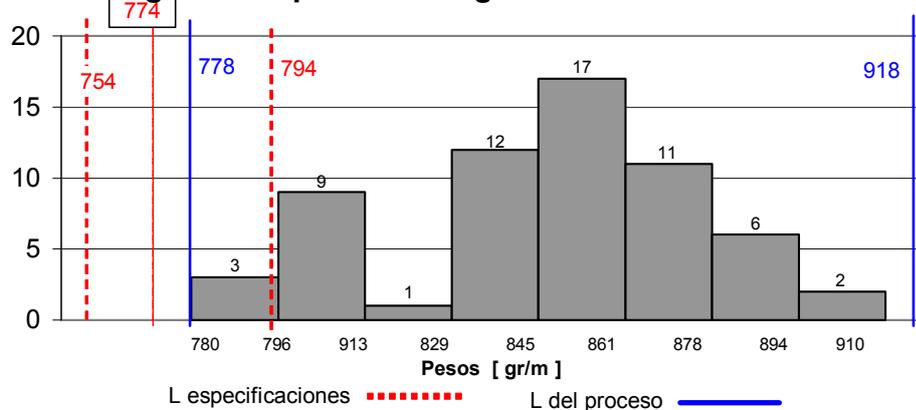
Figura 27. Histograma de espesores de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se ve gráficamente el comportamiento de los datos que está tendido a la derecha del valor nominal y más del 50% de las muestras se encuentran por encima de este valor nominal de 2.8 mm. Además, se observa que los límites de control también están movidos a la derecha respecto los de especificaciones, lo que indica que se estaba produciendo angular con espesor mayor al nominal, pero el ancho del proceso es igual al de las especificaciones, por lo que se debe mantener o disminuir la variabilidad del proceso para mayor seguridad para cumplir con las especificaciones.

Figura 28. Histograma de pesos de angular milimétrico de 3/4" x 1/8"



Fuente: Planta de Laminación de Perfiles, Aceros de Guatemala, S.A.

En el histograma se ve gráficamente que el comportamiento de los datos está tendido hacia la derecha, lo que indica que se está produciendo producto con más peso del establecido. Los límites de especificaciones graficados sobre el histograma son los correspondientes a una muestra con los 19 mm de ancho, pero la planta de producción trabajó con un ancho de ala de 20 mm.

4.3.4. Análisis de la información por medio de índices de capacidad del proceso

Índice lados de cuadrado milimétrico $\frac{1}{2}$ "

Índice de capacidad del proceso
0.89

El índice de capacidad del proceso es de 0.89, lo cual indica que en el proceso existe mucha variabilidad y no se pueden cumplir las especificaciones. En este proceso productivo se debe reducir la variabilidad de las muestras para que se reduzcan los límites de control hasta que estén dentro de los límites de las especificaciones.

Índice pesos de cuadrado milimétrico $\frac{1}{2}$ "

Índice de capacidad del proceso
1.2

El índice de capacidad del proceso es de 1.02 e indica que el ancho de las especificaciones es casi igual al ancho del de la variación del proceso. Es importante que se reduzca la variabilidad porque aunque se están cumpliendo las especificaciones, los límites están demasiado pegados y una variación mínima en las dimensiones pondrá en peligro el cumplimiento de las especificaciones.

Índice ancho de ala angular milimétrico $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

Índice de capacidad del proceso
1.0

El índice de capacidad del proceso es de 1, lo que indica que el ancho de las especificaciones es igual al ancho de la variación del proceso. Se tiene que reducir la variabilidad del proceso porque es muy arriesgado mantener los límites como están, ya que una ligera variación en las dimensiones pondrá en peligro el cumplimiento con las especificaciones.

Índice espesor de ala angular milimétrico $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

Índice de capacidad del proceso
1.05

El índice de capacidad del proceso es de 1.05, lo que indica que el espesor de las especificaciones es igual al ancho de la variación del proceso. Se tiene que reducir la variabilidad del proceso porque es muy arriesgado mantener los límites como están, ya que una ligera variación en las dimensiones pondrá en peligro el cumplimiento de las especificaciones.

Índice pesos de angular milimétrico $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ "

Índice de capacidad del proceso
0.28

El índice de capacidad del proceso es de 0.28, lo que indica que no se pueden cumplir las especificaciones de los pesos. Hay que tomar en cuenta que el peso es proporcional a los anchos y espesores de alas.

4.3.5. Estudio de problemas y mejoras encontrados

El angular milimétrico de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " debe tener un ala de 19 mm, que corresponde a la medida exacta de la conversión de pulgadas a milímetros. Como se evidenció en la producción de la semana del 19 al 25 de abril, se fabricaron angulares con un ancho de ala de 20 mm, incluso, por encima de este valor, llegando casi a los 21 mm, lo cual indica que se fabricó producto con 1 mm o más por cada ala; esto sobrelleva costos para la empresa.

Con el ancho nominal de 19 mm, el peso nominal dado por especificaciones de la empresa es de 774 gramos por metro y, al fabricar producto de 20 mm, el peso sube a 818 gramos por metro; esto es un aumento de 44 gramos por metro y un total de 264 gramos por angular de 6 metros que equivale aproximadamente a 0.6 libras por angular de 6 metros. Esto por supuesto, multiplicado por la cantidad de varillas que se produjeron en esa semana.

Esto evidencia la falta de control de en la planta de perfiles con respecto a sus productos, ya que si en esta semana se produjo producto con estas medidas, no sabemos exactamente cómo se ha mantenido la producción anteriormente.

Estos cálculos para el angular se dan con el supuesto de que se tiene producto con un valor promedio de 20 mm, pero el proceso productivo tuvo más del 50% del producto por encima del los 20mm, como se puede observar gráficamente en el histograma de anchos de ala, Figura 26 Esto, por supuesto, representa un aumento adicional al peso sobre el valor nominal de 20 mm.

Los requerimientos para el espesor del angular milimétrico de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " son de 2.8 mm. En la mayor parte del tiempo los laminadores han hecho un esfuerzo para mantener el espesor sobre el valor nominal. El peso de los angulares varía significativamente cuando los espesores de alas también varían, y, como se puede observar en el histograma de espesores de ala, más del 50% de las muestras estuvieron sobre el espesor nominal. Esto nuevamente aumenta el peso del angular, sumado a los aumentos dados por el ala.

El proceso productivo para el cuadrado milimétrico de ½" elaborado la semana del 12 al 17 de abril tiene un comportamiento con mucha variabilidad entre las muestras, como lo indica el índice de capacidad del proceso, que es de 0.89; aunque en la gráfica de control se vea que el proceso, no se sale de los límites de control, los límites del proceso resultantes son más amplios que las especificaciones, como se puede ver gráficamente en el histograma de lados del cuadrado Figura 22.

El jefe de la Planta se refiere al deterioro de los calibres y rodillos como la causa de que dichas medidas no cumplan con las requeridas como especificaciones.

4.4. Acciones correctivas y preventivas

4.4.1. Acción correctiva en el control de la calidad

Al analizar los gráficos de control se observa que varias muestras se salieron de los límites de control, pero estas muestras fueron afectadas por causas especiales; se determina como causa especial principal el desgaste de los calibres y de los rodillos.

Estas causas especiales son registradas en los formatos de control de paros en la planta y la hoja de observaciones; en ellos se registran los cambios de calibre y de rodillo, así como la hora en que sucedieron estos hechos.

La principal acción a tomar es buscar la forma de estabilizar el proceso y reducir la variabilidad, hasta que el índice de capacidad del proceso sea mayor a la unidad.

Las variaciones de las características de calidad de los perfiles se dan principalmente por el desgaste de los calibres. En consecuencia, los encargados de la planta de producción trabajan en esto para reducir la variabilidad de las características de calidad requeridas.

Los laminadores de la planta revisan constantemente su trabajo. Toman muestras cada 20 minutos y ajustan el proceso según se requiera.

El producto que sale de la caja que da forma a los perfiles depende en gran parte de la calibración de todos los castillos anteriores a esta caja. En consecuencia, deberían calibrarse todos los castillos al mismo tiempo, pero esto resulta difícil de poner en práctica, porque no todos los calibres se gastan con la misma rapidez.

La eliminación de estas causas especiales, como el desgaste de los calibres es imposible, es un factor que es normal por el tipo de proceso, ya que por el esfuerzo que hacen los calibres sobre el acero, su vida útil es muy corta; también la maquinaria es muy antigua, pero los trabajadores de la planta hacen su mejor esfuerzo por mantener estable el proceso.

El Control de Calidad ha implementarse en la planta de perfiles ayudará a los encargados de laminación a controlar el momento en que el producto empieza a variar en sus dimensiones nominales y poder ajustar el proceso. Cuando el Inspector de Calidad de Proceso tome sus muestras y compruebe que las dimensiones de ésta se acercan o se salen de los límites de especificaciones, informará inmediatamente al encargado de laminación para que éste realice el ajuste necesario.

El Inspector de Calidad de Procesos procederá a colocar en un pizarrón los datos tomados de las muestras que tomará cada hora, para que el personal de la planta vea cómo se está comportando el proceso productivo.

4.4.2. Acción preventiva en el control de la calidad

Para el angular milimétricos de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " (19 mm x 2.8 mm), en el espesor de ala se puede permitir una variación sobre el valor nominal, ya que la medida real para $\frac{1}{8}$ " es de 3.2, pero en el ancho de ala no se puede permitir esta variación porque la medida real para $\frac{3}{4}$ " es de 19 mm. Si se compara el peso para angular legítimo de $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{8}$ " (19 mm x 3.2 mm) de 874 gr/m con el milimétrico que es de 774 gr/m, el aumento de peso no se debe dar por aumento de ancho de ala, sino por el aumento del espesor.

Con el cuadrado milimétrico de $\frac{1}{2}$ ", el valor en milímetros es de 11.3 y para el cuadrado legítimo es de 12.7 mm. Como se puede observar, no se puede estar permitiendo un producto menor a los 11.3 mm porque se estaría alterando considerablemente el valor real de la media pulgada, o sea 12.7 mm.

Por tal razón, se deben modificar las tolerancias para los milimétricos, para que la tolerancia permitida sea sólo sobre el valor nominal propuesto para aquellas medidas modificadas para milimétricos y, así, prevenir una disminución mayor con respecto a sus dimensiones.

Como se mencionó anteriormente, los laminadores de la planta revisan constantemente su trabajo, pero esto no es suficiente para controlar la variación de las medidas.

La planta de laminación debe comprometerse a buscar acciones que logren reducir la variación en el proceso. Los responsables de ella son los que mejor conocen el proceso y el sistema productivo.

La planta de producción debe planificar el cambio de los calibres según sea la vida útil de cada uno de ellos, ya que varían dependiendo del lugar en que se encuentren dentro del tren de laminación, así como también de su velocidad. Debe tomarse en cuenta la frecuencia con que se realizan los cambios de calibre actualmente y realizarlos más seguidos, si así fuera necesario. Además, se deben proponer planes de mantenimiento más frecuentes para toda la maquinaria.

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

5.1. Evaluación del sistema de Control de Calidad

5.1.1. Evaluación del control de materia prima

Los formatos para el Inspector de Calidad de Materia Prima tuvieron como referencia los de la planta de barras, ya que el proceso productivo es similar. Se modificaron para que sean apropiados a la planta de perfiles y se fueron modificando conforme se fueron ensayando.

El control de materia prima garantiza el ingreso de lingotes sin defectos que puedan afectar el proceso productivo. El principal objetivo de este control es el de reducir costos por pérdida de lingotes en el proceso, desecho de producto no conforme, averías en la maquinaria, reducción de accidentes.

También se logró crear el proceso de identificación de coladas con que fue elaborado cada perfil. Esto permite saber a qué colada de lingotes pertenece el producto que se está ofreciendo al mercado y poder respaldar la calidad al momento de un rechazo de los clientes.

5.1.2. Evaluación del proceso de producción

El control de las características físicas de los perfiles y el cumplimiento con normas establecidas será posible por medio de la toma de muestras cada hora. Los formatos diseñados para este efecto cumplen con su objetivo y registran 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 los formatos y las guías para el llenado de los formatos y que fueron ensayados y corregidos en la práctica. Cabe mencionar que los formatos fueron adaptados a la planta de perfiles empleando como referencia los de la planta de barras.

El ajuste de los calibres podrá ser más frecuente con la intervención del Inspector de Calidad de Proceso, evitando con esto que se produzcan perfiles fuera de especificaciones porque el Inspector de Calidad tendrá las herramientas necesarias para reaccionar con prontitud.

5.1.3. Cambios permanentes

Los procedimientos, formatos y guías de llenado fueron diseñados para el sistema productivo actual, por lo que de no sufrir ningún cambio significativo el proceso, no será necesario cambiarlos, quedando permanentemente hasta que el departamento de Control de Calidad decida realizar una evaluación y mejorarlos.

El departamento de Control de Calidad debe reunirse con su personal para discutir en conjunto acciones que puedan ayudar a mejorar el Sistema de Control de Calidad. No debe tomarse este Sistema como permanente, porque las necesidades de los clientes y de la empresa varían conforme pasa el tiempo y se debe ajustar también el Sistema para que sea efectivo.

5.2. Seguimiento

5.2.1. Contratación del personal

5.2.1.1. Solicitud de personal a la Gerencia de Personal

El Jefe de Control de Calidad es el encargado de redactar la solicitud de personal al Departamento de Recursos Humanos, con el visto bueno de la Gerencia de Control de Calidad. Este trámite puede durar un promedio de dos semanas.

Se necesitan dos Inspectores de Calidad para cubrir los puntos de control de calidad establecidos para el sistema: un Inspector de Calidad de Materia Prima y un inspector de Calidad de Procesos.

5.2.1.2. Características del personal solicitado

a. Inspector de Calidad de Proceso

Educación: secundaria básica finalizada y estar cursando bachillerato o equivalente, certificado de estudios aprobados.

Experiencia: no indispensable.

Ingenio e iniciativa: se requiere trabajar a partir de especificaciones que necesitan criterio sencillo.

Concentración: se requiere atención mental y/o visual

Aptitudes necesarias: altamente responsable, memoria asociativa de nombres y datos, raciocinio numérico normal y extroversión equilibrada.

Requisitos físicos: compleción física necesaria para manipular muestras de hasta 50 libras, destreza y habilidad para manejar instrumentos de medición y herramientas, expuesto a un ambiente desagradable, riesgos improbables, posibles accidentes menores.

b. Inspector de Calidad de Materia Prima

Educación: secundaria básica finalizada y estar cursando bachillerato o equivalente, certificado de estudios aprobados.

Experiencia: no indispensable.

Ingenio e iniciativa: requiere trabajar a partir de especificaciones que necesitan criterio sencillo.

Concentración: requiere atención mental y/o visual

Aptitudes necesarias: altamente responsable, memoria asociativa de nombres y datos, raciocinio numérico normal y extroversión equilibrada.

Requisitos físicos: compleción física necesaria para manipular muestras de hasta 50 libras, destreza y habilidad para manejar instrumentos de medición y herramientas, expuesto a un ambiente desagradable, riesgos improbables, posibles accidentes menores.

5.2.1.3. Entrevista con Jefe de Control de Calidad

Cuando el departamento de Recursos Humanos autorice el personal, remitirá a los candidatos al Jefe de Control de Calidad quien es el encargado de realizar la entrevista de evaluación al puesto.

5.2.1.4. Contratación de personal

El Jefe de Control de Calidad es el responsable de contratar al personal luego de completar el proceso de selección, con el visto bueno de la Gerencia de Control de Calidad. El Jefe de Control de Calidad contratará a los dos Inspectores luego de una entrevista con los candidatos para evaluar a los más idóneos para el puesto.

5.2.2. Capacitación del Personal

5.2.2.1. Contenidos

Los Inspectores de Calidad deberán recibir la misma capacitación para que los dos tengan la capacidad de sustituirse cuando la ocasión lo requiera. El contenido de la Capacitación Teórica se refiere al Manual de la Planta de Laminación de Perfiles, con la información estructurada de la siguiente manera:

1. Información general

- 1.1 Descripción de los productos
- 1.2 Normalización de los productos
- 1.3 Definición de las variables de calidad del producto
- 1.4 Elección de la muestra
- 1.5 Gráficos de control
- 1.6 Índice de capacidad del proceso
- 1.7 Histogramas
- 1.8 Funciones de los inspectores de calidad
- 1.9 Formatos para los inspector de calidad
- 1.10 Procedimientos de los inspector de calidad
- 1.11 Descripción del proceso de producción
- 1.12 Diagrama de flujo del proceso

- 1.13 Especificaciones de la planta de perfiles
- 1.14 Hojas técnicas del producto

- 2. Inspector de calidad de materia prima
 - 2.1 Control de la materia prima
 - 2.2 Causas de la falta de control en la materia prima
 - 2.3 Catalogo de defectos de los lingotes
 - 2.4 Formatos y sus guías para llenado
 - 2.4.1 Guía y formato para el control de temperatura
 - 2.4.2 Guía y formato para el control de cambio de turno
 - 2.4.3 Guía y formato para el control de producto no conforme
 - 2.4.4 Guía y formato para el control de palanquilla
 - 2.4.5 Guía y formato para el control de cambio de colada
 - 2.5 Procedimientos
 - 2.5.1 Procedimiento para el control de cambio de colada
 - 2.5.2 Procedimiento para el control de palanquilla

- 3. Inspector de calidad de procesos
 - 3.1 Formatos y sus guías para llenado
 - 3.1.1 Guía y formato para el reporte físico de angular
 - 3.1.2 Guía y formato para el reporte físico de hembra
 - 3.1.3 Guía y formato para el reporte físico de cuadrado
 - 3.1.4 Guía y formato para el reporte físico de varilla lisa
 - 3.1.5 Guía y formato para la hoja de gráficos de control
 - 3.1.6 Guía y formato para la hoja de observaciones
 - 3.1.7 Guía y formato para el control de coladas laminadas
 - 3.1.8 Guía y formato para el control de paros en la planta
 - 3.2 Procedimientos
 - 3.2.1 Procedimientos para extracción de muestras

3.2.2 Procedimiento para el control de coladas laminadas

3.2.3 Procedimientos para el control de paros en la planta

3.2.4 Procedimiento para verificar producto no conforme

La fase práctica será realizada en la planta de laminación de perfiles para aplicar los conocimientos adquiridos en la fase teórica. Esta parte teórica deberá contar con los Inspectores de Calidad de la Planta de Barras para apoyarlos e iniciarlos en su labor.

5.2.2.2. 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 dos días, y la parte práctica una duración máxima de 5 días.

Un día se tomará para la presentación de los Inspectores de Calidad al personal de la Planta de Perfiles. Se detallarán las funciones de cada Inspector, los procedimientos a realizar y los formatos a utilizar.

5.2.2.3. Recurso necesario

- Sala de conferencias
- Cañonera
- Manuales de Control de Calidad de la Planta de Perfiles
- Formatos para los Inspectores
- Marcador para pizarrón
- Borrador de pizarrón

- Guantes de cuero
- Lapiceros
- Metro

El Departamento de Control de Calidad dispone de este recurso.

5.3. Mejoras continuas

5.2.3.1. Proceso de recolección de datos

La información registrada en los formatos de los Inspectores de Calidad dará parámetros para evaluar la calidad de la planta de perfiles. Esta información debe ser trasladada al Jefe de la Planta por medio de un resumen o reporte diario, con el objetivo de que él esté informado del comportamiento del proceso y, simultáneamente, ir mejorando el proceso por medio de una revisión de los procedimientos de la planta.

Los Inspectores de Calidad deben informar al departamento de Control de Calidad cualquier observación que ayude a mejorar la forma de recolectar la información, sea en procedimientos o en formatos de registros. El departamento de Control de Calidad deberá buscar la forma de poner en práctica estas observaciones.

5.2.3.2. Proceso productivo

El Departamento de Control de Calidad debe estar en contacto permanente con el Jefe de la Planta para informarle de la calidad del proceso productivo, por medio de la información analizada estadísticamente gracias a cartas de control, histogramas e índices de capacidad del proceso, e informarse simultáneamente de los esfuerzos que la Planta esté realizando por mejorar la calidad del producto.

5.2.3.3. Capacitación del personal

El departamento de control de calidad debe diseñar planes continuos de capacitación para los Inspectores de Calidad; las capacitaciones deben contener información relacionada con el Control de la Calidad.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó estadísticamente la calidad de la Planta de Perfiles antes de implementar el sistema de control de calidad por medio de gráficos de control e histogramas, evidenciándose un proceso fuera de control estadístico y el incumplimiento con especificaciones normadas en las normas ASTM para los perfiles 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.
2. Utilizando normas de requerimientos de calidad internacional se normalizaron los productos de la Planta de Perfiles, en este caso la norma ASTM A 6/A 6M, esto con el fin de proporcionar a la Planta de Perfiles un mecanismo de seguridad para poder ofrecer productos de alta calidad.
3. Se elaboraron procedimientos de trabajo para los inspectores de calidad, así como formatos de recolección de información que servirán para analizar la calidad de la planta y guías para el llenado de los formatos, esto con el fin de hacer más fácil el trabajo de los inspectores de calidad; todo esto basándose en repetidas pruebas y correcciones de formatos y procedimientos.

4. El principal factor de variabilidad del proceso productivo se debe al desgaste natural de los calibres y rodillos; además la maquinaria con que trabaja la planta de perfiles es bastante antigua. Estos factores son difíciles de eliminar porque se necesitaría una gran inversión económica para comprar tecnología actualizada que permita automatizar el proceso productivo, pero se puede reducir la variabilidad de la maquinaria actual, ajustando o cambiando los calibres y rodillos con mayor frecuencia.

5. El peso como característica de calidad para los perfiles es difícil de controlar debido a que varía proporcionalmente con la variación de las medidas de anchos o espesores; por lo que reduciendo la variabilidad en características de calidad como anchos de ala, espesores o diámetros, se pretende controlar automáticamente el peso.

RECOMENDACIONES

1. La calidad y confiabilidad de los productos tiene que ver con cada persona de la planta y no es responsabilidad única del departamento de Control de Calidad. El departamento de Control de Calidad debe estar en una búsqueda continua de mejoras en el proceso de producción, analizando, verificando, proponiendo y supervisando las actividades de producción.
2. Todos los niveles administrativos de la organización deben comprometerse con el apoyo para que el departamento de Control de Calidad y la Planta de Perfiles logren el aseguramiento de la calidad.
3. El departamento de Control de Calidad debe brindar todo su apoyo a los Inspectores de Calidad para que el sistema de calidad sea un éxito, debido a que existirá oposición con personal de la planta de producción porque han trabajado sin control y existen personas con muchos años de trabajo en dicha planta. Además, el detectar producto defectuoso disminuye la cantidad de producción diaria y en consecuencia el ingreso económico de cada empleado de la planta.
4. El departamento de Control de Calidad debe trabajar en conjunto con la planta para buscar soluciones a los problemas que afecten la variabilidad del proceso. Además, debe concienciar al personal de la planta sobre la importancia de controlar la producción y evitar la variabilidad en el proceso para producir productos que satisfagan al cliente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fuentes Consuegra, Oscar Alejandro. Análisis de las tensiones térmicas y mecánicas, y diseño de un sistema de refrigeración en los cilindros de una planta de laminación en caliente. Tesis Ing. Mecánico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999.
2. Gutiérrez Pulido, Humberto. **Calidad total y productividad**. México: Editorial McGraw-Hill. 1998.403 pp.
3. Gyna M., Frank y J. M. Juran. **Manual de control de calidad**. Volumen II. 4ª. Ed. España. Editorial McGraw-Hill. 1993.
4. Ishikawa, Kaoru. **¿Qué es el control total de calidad?** Colombia: Grupo Editorial Norma 1988.209 pp.
5. Orozco Miranda, Wendy Marisol. Control estadístico de calidad en materia prima y en el proceso de tubería industrial redonda. Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.

Apéndice

Tabla XXI. Control de temperaturas

CONTROL DE TEMPERATURA
Planta de laminación de perfiles

Fecha _____

TURNO 1

Hora	Temperatura igualación	Temperatura regulación
7:00		
8:00		
9:00		
10:00		
11:00		
12:00		
13:00		
14:00		
15:00		
16:00		
17:00		
18:00		

Inspector de Calidad

Nombre _____ Firma _____

TURNO 2

Hora	Temperatura igualación	Temperatura regulación
19:00		
20:00		
21:00		
22:00		
23:00		
00:00		
01:00		
02:00		
03:00		
04:00		
05:00		
06:00		

Inspector de Calidad

Nombre _____ Firma _____

Tabla XXII. Control de cambio de turno

CONTROL DE CAMBIO DE TURNO		
Planta de laminación de perfiles		
Fecha _____	Turno _____	Hora de entrega _____
Inspector de calidad que entrega turno		
Nombre _____	Firma _____	
OBSERVACIONES		
Inspector de Calidad que recibe turno		
Nombre _____	Firma _____	

Tabla XXIV. Control de coladas laminadas

CONTROL DE COLADAS LAMINADAS

Planta de laminación de perfiles

TURNO 1

Producto _____ Fecha _____

Dimensiones _____

Hora de inicio de laminación	No. de colada	Firma de enterado báscula

Inspector de Calidad
Nombre _____ Firma _____

TURNO 2

Producto _____ Fecha _____

Dimensiones _____

Hora de inicio de laminación	No. de colada	Firma de enterado báscula

Inspector de Calidad
Nombre _____ Firma _____

Recibido (Bodega de Proceso) _____

c.c. Jefe de Bodega Producto Terminado

Tabla XXVIII. Control de cambio de colada

CONTROL DE CAMBIO DE COLADA
Planta de laminación de perfiles

TURNO 1

Producto		Dimensiones							Fecha
No. de colada	Color	Hora ingreso al horno	Hora inicio desbaste	Hora final desbaste	Tiempo laminación	Lingotes quemados	Lingotes desbastados	Lingotes perdidos en proceso	Observaciones

Inspector de Calidad Nombre _____ Firma _____

TURNO 2

Producto		Dimensiones							Fecha
No. de colada	Color	Hora ingreso al horno	Hora inicio desbaste	Hora final desbaste	Tiempo laminación	Lingotes quemados	Lingotes desbastados	Lingotes perdidos en proceso	Observaciones

Inspector de Calidad Nombre _____ Firma _____

