



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

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE  
VALIDACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE  
DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA**

**Joel Antonio Aquino Policarpio**

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE  
VALIDACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE  
DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOEL ANTONIO AQUINO POLICARPIO**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE VALIDACIÓN DE  
MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE  
MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2010.

  
Joel Antonio Aquino Policarpio

Guatemala, 2 de marzo del 2012

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas

Director

Escuela de Mecánica Industrial

Por este medio hago constar que yo, Ing. José Manuel Prado Abularach, con No. de Colegiado 897 y con 42 años de experiencia en el ejercicio profesional, doy por concluida de manera satisfactoria la asesoraría y revisión del trabajo de graduación del estudiante Joel Antonio Aquino Policarpio con No. de carné 200412487, quien desarrolló el tema "ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE VALIDACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS ME MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA" , por lo cual doy mi visto bueno para que pueda continuar con el siguiente paso preestablecido.

Atentamente,



Ing. José Manuel Prado Abularach



Colegiado No. 867



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EML.013.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE VALIDACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA**, presentado por el estudiante universitario **Joel Antonio Aquino Policarpio**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

*César Akú Castillo MSc.*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073

Ing. César Augusto Akú Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2013.



REF.DIR.EMI.237.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE VALIDACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA**, presentado por el estudiante universitario **Joel Antonio Aquino Policarpio**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. César Ernesto Urquiza Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2013.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE VALIDACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA LOGRAR UNA REDUCCIÓN DE DESPERDICIO DE MATERIA PRIMA EN UNA INDUSTRIA ACERERA**, presentado por el estudiante universitario: **Joel Antonio Aquino Policarpio**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, septiembre de 2013

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la oportunidad de concluir mis sueños y alcanzar mis objetivos.
<b>Mis padres</b>	Ana Patricia de Aquino y Joel Aquino por formar parte de este logro que hoy se cumple. Infinitas gracias por su gran amor y esmero que siempre han puesto en mí.
<b>Mi abuela</b>	Antonia viuda de Policarpio, por su preocupación constante y eterno cariño.
<b>Mis hermanos</b>	Luis y Andrea Aquino, por ser parte importante de mi mundo.
<b>Ing. José Manuel Prado Abularach</b>	Por su paciencia y disposición para la elaboración de este trabajo.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme la formación académica de la cual hoy me siento plenamente satisfecho.
<b>Aceros Suárez S.A.</b>	Por abrirme sus puertas para realizar y concluir mi trabajo de graduación.

## **Mis amigos**

A todas aquellas personas especiales a quienes hoy me gustaría agradecer, por su apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida, algunas están aquí y otras en mis recuerdos.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XIII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XVII
GLOSARIO .....	XIX
RESUMEN .....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Historia.....	1
1.1.2. Misión .....	1
1.1.3. Visión.....	2
1.1.4. Valores de la empresa .....	2
1.1.5. Código de ética.....	3
1.2. Productos .....	4
1.2.1. Utilización en la industria .....	4
1.2.2. Tipos de productos .....	4
1.2.2.1. Varillas de acero .....	6
1.2.2.2. Varilla lisa .....	6
1.2.2.3. Alambre de amarre .....	7
1.2.3. Comercialización .....	7
1.2.3.1. Legítimo .....	7
1.2.3.2. Milimétrico.....	7
1.2.3.3. Comercial.....	8
1.2.4. Requisitos mínimos de calidad, normas a seguir.....	8

1.3.	Procesos .....	8
1.3.1.	Laminación de varilla corrugada.....	9
1.3.2.	Varilla lisa .....	9
1.3.3.	Alambre de amarre.....	9
1.4.	Descripción de procesos de laminación .....	10
1.4.1.	Diagrama de flujo .....	11
1.4.2.	Clasificación de productos y medidas .....	14
1.4.3.	Descripción de áreas de trabajo .....	14
1.4.4.	Materias primas .....	18
1.5.	Producción más Limpia .....	18
1.5.1.	Aspectos a considerar .....	19
1.5.2.	Beneficios de su implementación .....	29
1.6.	Importancia del proceso de laminación en la industria.....	30
1.6.1.	Proceso de validación en seguridad y medio ambiente.....	31
1.6.2.	Pasos a seguir en un proceso de validación .....	31
1.6.3.	Flujograma de un proceso de validación.....	33
1.6.4.	Pasos previos para la validación de procesos.....	34
1.6.4.1.	Actividades de prevalidación .....	34
1.6.4.2.	Elaboración de protocolos .....	34
1.6.4.3.	Aprobación de protocolos.....	35
1.6.4.4.	Desarrollo de validación .....	35
1.6.4.5.	Reporte final .....	35
1.6.4.6.	Aprobación de validación .....	35
1.6.5.	Actividades de calificación en el proceso de validación .....	36
1.6.5.1.	Calificación de la instalación .....	36
1.6.5.2.	Calificación de la operación.....	36
1.6.5.3.	Calificación del desempeño.....	37

1.6.6.	Criterios de aceptación durante el proceso.....	37
1.6.7.	Características de un proceso validado .....	38
1.6.8.	Mantenimiento de un proceso validado .....	39
1.7.	Calidad en la etapa del diseño .....	39
1.8.	Mantenimiento, mejora e innovación de la calidad .....	41
1.9.	Conceptos básicos de gestión de la calidad total .....	42
1.10.	Métodos estadísticos para el control total de la calidad.....	43
1.10.1.	Plantillas para la recolección de datos.....	44
1.10.2.	Histogramas.....	45
1.10.3.	Diagramas de Pareto .....	46
1.10.4.	Diagramas de Causa y Efecto .....	48
1.10.5.	Diagramas bivariantes .....	49
1.10.6.	Estratificación .....	49
1.10.7.	Gráficos de control.....	50
2.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN ...	51
2.1.	Descripción del proceso de laminación .....	51
2.2.	Puntos críticos del proceso.....	56
2.3.	Políticas de calidad del producto .....	56
2.4.	Procedimientos para la clasificación de varillas de primera y segunda categoría .....	58
2.5.	Procedimientos de control de calidad actuales.....	62
2.5.1.	Procedimientos de muestreo .....	62
2.5.2.	Listas de chequeo y registros de control del proceso.....	62
2.5.3.	Manuales de defectos del producto .....	62
2.5.4.	Parámetros de aceptación del producto .....	63
2.6.	Dimensiones y características de los rodillos de laminación ...	63
2.7.	Métodos de calibración de molinos.....	63

2.8.	Programación de mantenimientos.....	63
2.9.	Descripción de los castillos de laminación .....	67
2.9.1.	Motores .....	69
2.9.2.	Cajas reductoras .....	69
2.9.3.	Rodillos de laminación.....	70
2.9.4.	Cojinetes .....	72
2.9.5.	Bombas de distribución de aceite.....	75
2.9.6.	Bombas de distribución de agua .....	75
2.9.7.	Tubos guías de salidas.....	76
2.9.8.	Tracciones.....	77
2.9.9.	Filtros de agua y aceite .....	77
2.10.	Procedimientos estándar de operación .....	77
2.10.1.	Manejo de mermas producida durante el proceso ..	78
2.10.2.	Cambio de rodillos de laminación.....	79
2.10.3.	Verificación de calibre en rodillos de laminación .....	80
2.10.4.	Corruca del rodillo .....	80
2.10.5.	Calibración de cambio de medida .....	80
2.10.6.	Utilización de equipo de seguridad industrial en el proceso de producción .....	82
2.10.7.	Control de producción .....	82
2.10.8.	Empaquetado del producto .....	83
2.10.9.	Trazabilidad del producto .....	83
2.11.	Planes de acción y correcciones durante el proceso .....	83
2.12.	Análisis de registros y <i>cheklist</i> de control de los parámetros de funcionalidad de los equipos .....	83
2.13.	Cumplimiento de Norma Coguanor para fabricación de materiales para la construcción.....	84
2.14.	Realización de pruebas de resistencia del material .....	84
2.15.	Límite de proporcionalidad .....	84



2.15.1.	Límite de cedencia.....	84
2.15.2.	Limite elástico .....	85
2.15.3.	Tensión máxima .....	85
3.	PROPUESTA DE VALIDACIÓN DE PROCESOS COMO UN MÉTODO DE REDUCCIÓN DE MERMAS POR PRODUCTO NO CONFORME Y MATERIA PRIMA NO PROCESADA POR INTERRUPCIÓN DE CONTINUIDAD DE PRODUCCIÓN.....	87
3.1.	Planeación de proceso de validación .....	87
3.1.1.	Determinación de puntos críticos de variación e interrupción de ritmo .....	87
3.1.1.1.	Lluvia de ideas sobre causas de variabilidad e interrupción de ritmo de producción .....	88
3.1.1.2.	Análisis de registros del proceso .....	89
3.1.1.3.	Bitácoras de mantenimiento .....	89
3.1.1.4.	Libros de paros.....	90
3.1.1.5.	Registros de calibración.....	91
3.1.1.6.	Análisis de pesos.....	93
3.1.2.	Análisis de mermas generadas en el proceso .....	98
3.1.3.	Planteamiento de los objetivos y alcances de la validación.....	99
3.1.4.	Establecimiento de criterios de aceptación del producto.....	100
3.1.5.	Realización de un diagrama de recorrido .....	101
3.1.5.1.	Identificación del proceso a validar....	103
3.1.5.2.	Formatos y plantillas para toma de datos.....	103
3.1.6.	Cronograma de actividades.....	103

3.1.6.1.	Realización de la calificación de la instalación .....	104
3.1.6.2.	Realización de la calificación de la operación.....	104
3.1.6.3.	Realización de la calificación del producto .....	104
3.2.	Proceso de calificación de castillos de laminación, cajas reductoras, tubos guías, materia prima, horno, rodillos de laminación .....	104
3.2.1.	Estandarización de calibración de rodillos de laminación según medida a producir .....	107
3.2.1.1.	Análisis estadístico de historial de calibración con producción arriba de la meta esperada.....	108
3.2.1.2.	Realización de planos de calibración para cada medida.....	110
3.2.1.3.	Toma de datos de vibración de motores de los castillos laminadores para el establecimiento del límite superior e inferior.....	115
3.2.1.4.	Programación de mantenimiento de castillos de rodillos por toneladas físicas producidas.....	116
3.2.1.5.	Parámetros a considerar para el torneado de rodillos y realización de corruga .....	116
3.2.2.	Clasificación de cajas reductoras y tubos guías según medida a producir .....	119
3.2.3.	Clasificación de áreas y subáreas en el proceso ..	119

3.2.3.1.	Identificación de áreas y subáreas con mayor número de paros no programados.....	122
3.2.3.2.	Realización de diagramas de Pareto e Ishikawa.....	123
3.2.3.3.	Gráficos comparativos de meses consecutivos para determinar la incidencia del área y subárea con mayor número de paros no programados.....	124
3.2.4.	Análisis estadístico de la variación de temperatura en la salida del horno y sus consecuencias durante el proceso de laminado ...	125
3.3.	Proceso de calificación de las instalaciones y puestos de trabajo.....	126
3.3.1.	Seguridad industrial durante el proceso .....	126
3.3.1.1.	Clasificación del equipo adecuado a utilizar para cada actividad realizada dentro de la empresa .....	126
3.3.1.2.	Determinación del tiempo de rotación del personal para áreas con un rango de temperatura elevada .....	132
3.3.1.3.	Clasificación de puntos de riesgo para el operador .....	133
3.3.1.4.	Procedimiento para la extracción del material no procesado .....	133
3.3.1.5.	Análisis del número de decibeles producidos en área de trabajo .....	133

	3.3.1.6.	Señalización industrial en área de trabajo .....	134
3.4.		Proceso de calificación de la operación .....	134
	3.4.1.	Gráficos de control de variación de presiones y temperaturas de los motores durante el proceso de laminación .....	135
	3.4.2.	Proceso de clasificación de mermas generadas en el proceso.....	137
	3.4.3.	Estandarización del procedimiento de mantenimiento de los castillos.....	139
	3.4.4.	Ajuste de luz entre rodillos y verificación de las líneas de laminación.....	140
	3.4.5.	Validación de materia prima a ingresar al horno de recocido.....	140
	3.4.5.1.	Número de póliza .....	140
	3.4.5.2.	Grado de dureza del material .....	141
	3.4.5.3.	Escorias adheridas en el lingote.....	141
	3.4.5.4.	Rajaduras y deformaciones varias .....	141
	3.4.5.5.	Verificación de corte en cizalla CV-20 .....	142
	3.4.6.	Programación de parámetros del molino.....	142
3.5.		Calificación del proceso y producto final .....	143
	3.5.1.	Análisis de la productividad de la línea por medio de las toneladas producidas y la materia prima procesada.....	143
	3.5.1.1.	Comparación de mermas generadas antes de la implementación del método de validación en toneladas ....	146

	3.5.1.2.	Cantidad de relaminable utilizado en el proceso .....	146
3.6.		Validación del peso de varilla .....	146
	3.6.1.	Realización de una tabla de recopilación de datos.....	153
	3.6.1.1.	Realización de gráficos de control para determinar puntos fuera de control estadístico.....	153
	3.6.2.	Verificación de reducción de áreas en cada pase del molino como método de verificación de calibración.....	156
	3.6.3.	Verificación de características físicas del producto.....	156
	3.6.3.1.	Bigote.....	157
	3.6.3.2.	Corrugación.....	157
	3.6.3.3.	Resaltado de símbolos de la compañía .....	158
	3.6.3.4.	Profundidad y separación de corruga.....	158
	3.6.3.4.1.	Largo de la varilla .....	158
	3.6.4.	Realización de gráfica de tensión-deformación ....	159
	3.6.5.	Interpretación de resultados utilizando métodos comparativos .....	161
	3.6.6.	Conclusión final sobre el proceso .....	161
	3.6.6.1.	Validado.....	163
	3.6.6.2.	No validado.....	164
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN .....	165

4.1.	Estudio sobre los beneficios de la propuesta .....	165
4.1.1.	Condiciones necesarias .....	167
4.1.2.	Estudio de tiempo para implementar el proceso de validación .....	167
4.1.3.	Estudio técnico .....	168
4.1.4.	Recursos materiales.....	169
4.1.5.	Ventajas .....	170
4.2.	Presentación de la propuesta a gerencia .....	170
4.3.	Capacitaciones y reuniones .....	171
4.4.	Sensibilización de los operadores .....	171
5.	MEDIO AMBIENTE Y PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	173
5.1.	Contaminación del recurso hídrico durante el proceso de enfriamiento.....	173
5.1.1.	Reutilización de agua en el proceso de laminado .	173
5.1.2.	Proceso de filtrado de lubricantes y partículas de acero adheridas en el proceso .....	175
5.1.3.	Torre de enfriamiento .....	176
5.2.	Contaminantes sólidos generados en el proceso .....	179
5.2.1.	Reutilización del relaminable en el proceso .....	179
5.2.2.	Fundición de mermas .....	180
5.3.	Leyes y reglamentos que regulan la contaminación del medio ambiente en lo referente a industrias acereras.....	180
5.3.1.	Ministerio de Energía y Minas .....	181
5.3.2.	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales .....	187
6.	EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA .....	189
6.1.	Evaluación de la propuesta .....	189

6.2.	Sistemas de evaluación para el control .....	189
6.3.	Procedimientos necesarios para el mantenimiento del proceso de validación .....	189
CONCLUSIONES .....		191
RECOMENDACIONES .....		193
BIBLIOGRAFÍA .....		195





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama de flujo proceso de laminación.....	12
2.	Esquema beneficio de la implementación .....	30
3.	Pasos del proceso de validación .....	32
4.	Flujo del proceso de validación .....	33
5.	Calidad según las necesidades del cliente .....	40
6.	Proceso de laminación .....	54
7.	Almacenaje de producto terminado .....	56
8.	Esquema programación de servicio de mantenimiento .....	64
9.	Esquema rodillo de laminación.....	71
10.	Esquema para la selección de cojinetes .....	73
11.	Diagrama de tubo de torsión .....	76
12.	Diagrama de tubo guía .....	77
13.	Software para cálculo de calibraciones .....	92
14.	Gráfico para el análisis de pesos.....	98
15.	Diagrama de recorrido en una planta de laminación .....	102
16.	Diagrama de tubo guía .....	105
17.	Esquema de calibración primera pase .....	111
18.	Esquema de calibración segundo pase.....	111
19.	Esquema de calibración tercer pase .....	112
20.	Esquema de calibración cuarto pase.....	112
21.	Esquema de preparador número 1.....	113
22.	Esquema de preparador número 2.....	113
23.	Esquema de preparador número 3.....	114

24.	Esquema de preparador número 4 .....	114
25.	Diagrama de Pareto .....	123
26.	Diagrama de Ishikawa.....	124
27.	Historial del mes de marzo a diciembre del 2011.....	125
28.	Identificación de riesgos humanos .....	128
29.	Identificación de riesgos técnicos.....	128
30.	Gráfico de control con base en la temperatura .....	136
31.	Gráfico de control con base en la temperatura corregida .....	137
32.	Gráfico de control validación de varillas PK-445.....	147
33.	Gráfico de control validación de varillas PK-340.....	148
34.	Gráfico de control validación de varillas PK-345.....	149
35.	Gráfico de control validación de varillas 1/2 Leg.....	150
36.	Gráfico de control validación de varillas 5/8 Leg.....	151
37.	Cálculo de gráfico para puntos fuera de la curva.....	154
38.	Medida PK-440 .....	159
39.	Medida K-340.....	160
40.	Medida PK-345 .....	160
41.	Medida 1/2 Legítimo.....	161
42.	Cálculo final para muestra PK-345.....	162
43.	Cálculo final para muestra K-340.....	163
44.	Estadísticas correspondientes al 2011, posterior a la implementación de la propuesta .....	166
45.	Gráfico para la velocidad del proceso de decantado .....	175
46.	Imagen de filtro .....	176
47.	Torre de enfriamiento.....	177

## TABLAS

I.	Especificaciones de varilla corrugada, planta de laminación .....	5
II.	Especificaciones según norma .....	5
III.	Especificaciones de varilla lisa.....	6
IV.	Clasificaciones de productos en base a medidas .....	14
V.	Clasificación de varillas de primera calidad .....	59
VI.	Clasificación de varillas no legítimas.....	60
VII.	Clasificación de varillas en base a ribete .....	61
VIII.	Etapas número 1 .....	64
IX.	Etapas número 2 .....	65
X.	Etapas número 3 .....	66
XI.	Límite de longitud clasificación de chatarra .....	78
XII.	Calibración de medida .....	81
XIII.	Diagrama de la bitácora de mantenimiento.....	89
XIV.	Detalle de tiempos, paros no programados .....	90
XV.	Recolección de datos de calibración.....	91
XVI.	Tablas para el análisis de peso, varilla 5 .....	94
XVII.	Tablas para el análisis de peso, varilla 10 .....	95
XVIII.	Tablas para el análisis de peso, varilla 15 .....	96
XIX.	Peso promedio según el tipo de varilla .....	97
XX.	Porcentajes de producción del año anterior.....	98
XXI.	Criticidad para la aceptación del producto .....	101
XXII.	Cronograma del proceso.....	103
XXIII.	Análisis de tubos guía en continuo 8.....	106
XXIV.	Tabla para calibración de rodillos estándar.....	107
XXV.	Análisis estadístico con meta superada.....	108
XXVI.	Recolección de datos para la vibración de motores.....	115
XXVII.	Análisis de motores para castillos laminadores .....	117

XXVIII.	Clasificación de áreas del proceso .....	120
XXIX.	Equipo de seguridad según normativa interna .....	127
XXX.	Precauciones de trabajos en altura .....	129
XXXI.	Análisis de ruido .....	134
XXXII.	Variación de presión y temperatura .....	135
XXXIII.	Recalculación de límites para la temperatura .....	136
XXXIV.	Clasificación de mermas.....	138
XXXV.	Bitácoras de mantenimiento de castillos.....	139
XXXVI.	Medida de la productividad.....	144
XXXVII.	Tabla del total de palanquilla en toneladas físicas producidas durante el mes de abril del 2011.....	144
XXXVIII.	Total de toneladas físicas de varilla de primera.....	145
XXXIX.	Mermas generadas durante el mes de abril .....	145
XL.	Validación de varillas código PK-445.....	146
XLI.	Validación de varillas código K-340.....	147
XLII.	Validación de varillas código K-345.....	149
XLIII.	Validación de varillas código ½ Leg.....	150
XLIV.	Validación de varillas código 5/8 Leg.....	151
XLV.	Calculo del número de muestras a tomar durante el proceso ...	152
XLVI.	Formato para recolección de datos .....	153
XLVII.	Reducción de áreas en el proceso de molino .....	156
XLVIII.	Dimensiones de bigote .....	157
XLIX.	Dimensiones de corruga.....	157
L.	Dimensiones profundidad y separación de corruga.....	158
LI.	Largo de varilla .....	159
LII.	Estadísticas correspondientes al 2010, posterior a la implementación de la propuesta.....	165
LIII.	Agenda de reuniones y seguimiento.....	171
LIV.	Medida para gramos de escoria .....	174

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>\$</b>	Dólar moneda oficial de los Estados Unidos de América
<b>h</b>	Hora
<b>L</b>	Litro
<b>m</b>	Metros
<b>No.</b>	Número
<b>%</b>	Porcentaje
<b>plg</b>	Pulgadas
<b>Q</b>	Quetzales



## **GLOSARIO**

<b>Atado</b>	Agrupación de varillas de acero que forma una tonelada teórica dependiendo de la medida a empaquetar.
<b>Chatarra no relaminable</b>	Se le denomina así a las mermas generadas en el proceso de producción y que no pueden ser ingresadas de nuevo al proceso para ser convertidas en varillas.
<b>Líos</b>	Agrupación de varillas de acero que forman un quintal teórico dependiendo de la medida a empaquetar.
<b>Palanquilla</b>	Se le denomina así a la materia prima que se utiliza para la producción de varilla de acero corrugada.
<b>Pase</b>	Denominación de los castillos laminadores para identificarlos y dependiendo en el lugar en que se encuentre en el proceso se le asigna un número de correlativo.
<b>Trefiladora</b>	Máquina que se utiliza para la producción de alambre de amarre por medio del proceso de trefilación.





## RESUMEN

El implementar el proceso de validación para la estandarización del proceso de laminación surgió de la necesidad de optimizar los tiempos en puntos críticos, además de lograr la reducción de desperdicio durante el proceso.

El primer paso fue el análisis de la situación actual, se realizó una investigación de campo, políticas y procedimientos previamente establecidos por la empresa para las diferentes operaciones en planta. Utilización de tablas para el análisis estadístico y control del proceso. Así como verificación de los manuales del proveedor de equipo y herramientas involucradas en el proceso.

Para el análisis de las características físicas del producto fueron utilizados equipos de laboratorio de la empresa para desarrollar pruebas de tensión y comprobar el límite de fluencia, verificación de pesos con balanzas previamente calibradas y software especialmente diseñados para la comprobación de reducción de áreas en las diferentes fases del proceso de laminación, se tabularon los datos planteados en formatos diseñados previamente.

Estos datos estadísticos fueron utilizados para evaluar los parámetros del producto y determinar si después de las modificaciones en el proceso producción se encontraba bajo control estadístico.

Los resultados fueron optimizar los tiempos de proceso de calibración, reducir las mermas por paros no programados, pruebas con material antes de iniciar la producción.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Lograr una Producción más Limpia, disminuyendo las pérdidas de materia prima por producto no conforme y materia prima no procesada por interrupción de la continuidad del proceso, aumento de la productividad y eficiencia de la línea de laminado a través de una validación de procesos

### **Específicos**

1. Reducción de mermas generadas en el proceso.
2. Instalaciones de trabajo más seguras para el trabajador.
3. Aumento de la productividad y eficiencia de la planta de laminación
4. Realización de tablas de estandarización para la calibración de molinos de laminación.
5. Actualizar y mejorar los programas de seguridad industrial existentes.
6. Reducir el número de paros no programados
7. Reducir la probabilidad de variación en el producto.

8. Controlar parámetros críticos de variación del producto durante el proceso.
9. Realización de pruebas de laboratorio al producto final.

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de generación de mermas por producto no conforme y materia prima no procesada por interrupción de ritmo, es la variabilidad en el método de producción, además una de las causas principales de la pérdida del cliente es la variabilidad en las características principales del producto, aquellas que generalmente el cliente no espera encontrar al momento de la adquisición del producto y son ocasionadas por diversos factores que pueden ser controlados por medio de la validación de procesos, maquinaria y equipo.

Para minimizar la probabilidad de variación es necesario considerar 4 fases de suma importancia en el proceso de producción: verificación del diseño de la maquinaria, instalación de la misma respecto a especificaciones del proveedor, verificación de la operación y por último un control estadístico del proceso de producción, así como los métodos de muestreo utilizados en el procedimiento de compras.

En estas cuatro fases se validará: espacio, manuales de procedimientos, cimentación, ergonomía, presiones, velocidades, calibración de los rodillos, temperatura de los motores, temperatura del horno de recocido, calidad de materia prima, análisis estadístico de pesos y resistencia del producto final para determinar si está bajo control según las Normas Coguanor, establecidas para materiales de construcción.

Este proceso de validación garantizará que siempre se estará entregando un producto estándar cuya funcionalidad cumplirá con las expectativas y necesidades del cliente además de disminuir pérdida de materia por producto no conforme, aumentar la productividad y generar menos mermas durante el proceso logrando así una Producción más Limpia.

La idea principal es tener un control de calidad total, que incluya las características físicas del producto tales como peso, corruga, marcas, longitudes y todas aquellas características propias del proceso como temperatura, presiones de trabajo, energía eléctrica, materia prima a utilizar, etc.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Industria acerera dedicada a la fabricación de varilla para la construcción en Guatemala con más de 40 años de experiencia en la industria, se ha logrado mantener en una posición privilegiada en el mercado, alcanzando a base de calidad, seguridad, tecnología y un buen servicio.

### **1.1.1. Historia**

Fundada en 1960 inicia sus operaciones conforme a la tecnología más avanzada de la época y con la capacidad de abastecer las necesidades del mercado regional. Hoy en día continúa siendo una de las principales productoras de varilla de acero en el país, abarcando parte del mercado centroamericano, siendo una marca reconocida por su símbolo de rayo de alta resistencia y calidad.

### **1.1.2. Misión**

“Somos la primera fábrica fundada en Guatemala dedicada a la producción y comercialización de hierro para la construcción, comprometidos en satisfacer a nuestros clientes, con diversificación de productos garantizados y respaldados con las más altas normas de calidad, servicio eficiente y eficaz.”

### **1.1.3. Visión**

“Ser una de las principales industrias productoras de varilla del país”.

### **1.1.4. Valores de la empresa**

Entre los valores que se promueven y desarrollan dentro de la empresa con la finalidad de generar un ambiente más agradable y fluid de una manera más satisfactoria las actividades de la empresa se encuentran:

- Trabajo en equipo: integración armónica de funciones y actividades desarrolladas por diferentes personas, esto con la finalidad de lograr actividades más coordinadas y un mejor logro de los objetivos.
- Responsabilidad y compromiso: tanto en su puesto de trabajo como en todas aquellas actividades que desarrolle para beneficio propio y de la empresa.
- Comunicación abierta: para mantener informado de todos aquellos sucesos y poder buscar una solución conjunta.
- Colaboración: para todas las actividades que se desarrollen dentro de la empresa
- Calidad: en todos los productos que son manufacturados por la empresa
- Integridad: ser auténticos.



### **1.1.5. Código de ética**

En él se integran todos aquellos valores de la empresa, además de indicar los parámetros que los empleados deben de seguir para lograr el cumplimiento de dichos valores, entre los valores que se consideran primordiales son, el respeto, la comunicación, el compromiso, la responsabilidad y el trabajo en equipo:

- Respeto: escuchar decisiones, opiniones y soluciones de todos los trabajadores respetando el criterio de todos y elegir la mejor opción en equipo
- Comunicación: la clave del éxito la comunicación abierta, mantener siempre los canales de la comunicación disponibles con la finalidad de que todos estén enterados de la direcciones o rumbos de la empresa.
- Compromiso: con las tareas y atribuciones desempeñadas con sus equipos de trabajo.
- Responsabilidad: en todas las actividades ejecutadas dentro de la empresa.
- Trabajo en equipo: como valor fundamental para que todos se sientan parte de una misma entidad, se tomen las mismas direcciones y resolver cualquier complicación de una manera más rápida y eficiente.

## **1.2. Productos**

Entre los productos que se comercializan en la empresa se puede mencionar: varilla corrugada comercial y legítima, alambre de amarre y varilla lisa.

### **1.2.1. Utilización en la industria**

La varilla corrugada es utilizada para refuerzos de concreto, ornamentación y construcciones con diseño sismo-resistente. La varilla lisa se utiliza para ornamentación, elementos arquitectónicos, metalistería, forjas y múltiples aplicaciones de la industria metalmeccánica. El alambre de amarre es utilizado regularmente para armar estructuras para columnas de edificios.

### **1.2.2. Tipos de productos**











El laminado se utiliza en los procesos de fabricación de los aceros, aluminio, cobre, magnesio, plomo, estaño, zinc, y sus aleaciones. En el laminado de perfiles se generan contornos en la sección transversal. Los productos elaborados por este procedimiento se le genera un perfil en I, L, doble T, canales en U. Casi todos los metales utilizados en la industria, han sufrido una laminación en alguna etapa de su conformación. Los principios que se aplican al laminado plano se pueden aplicar al laminado de perfiles. El material inicial, de forma generalmente cuadrada, requiere una transformación gradual a través de varios rodillos para alcanzar la sección final. A Continuación los principales productos:

Tabla I. Especificaciones de varilla corrugada, planta de laminación

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE VARILLA CORRUGADA PLANTA DE LAMINACIÓN														
CÓDIGO	MEDIDA (mm)		PESO EN LBS			VARILLAS POR QUINTAL			VARILLAS POR LIO			LIOS POR ATADO		
			Aprobado	Mín	Máx	6 mts	9 mts	12 mts	6 mts	9 mts	12 mts	6 mts	9 mts	12 mts
K-340	7.7		67.7	67.2	68.2	14	9.5	7	28	19	14	20	20	20
PK-345	8.2		76.8	76.3	77.3	14	9.5	7	28	19	14	20	20	20
PK-445	11.2		79	78.5	79.5	8	5.5	4	16	11	8	20	20	20
CÓDIGO	MEDIDA (mm)		PESO EN LBS			VARILLAS POR QUINTAL			VARILLAS POR LIO			LIOS POR ATADO		
3/8 leg	9.27		98.5	98.5	99.5	14	9.5	7	28	19	14	20	20	20
1/2 leg	12.32		99.5	99.5	100.5	8	5.5	4	16	11	8	20	20	20
5/8 leg	15.5		98	98	99	5	3.5	2.5	10	7	5	20	20	20
3/4 leg	18.53		98	98	99	3.5	2.35	2	7	4.7	4	10	10	10
1 leg	24.64		99	99	100	2	1.35	1	4	2.7	2	10	10	10

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

Tabla II. Especificaciones según norma

TABLA DE ESPECIFICACIONES SEGÚN NORMA												
CÓDIGO	MEDIDA (mm)		peso long. (Kg./m)	$r$ (mm)	PERIMETRO	ÁREA	Espc. Long (mm)	Ancho de Rib.	Altura	Est. Fluenc. (MPa)	Carga para fluencia (KN)	Esfuerzo máximo (Mpa)
K-340	7.7		0.366	7.667	24.071	46.108	6.66	3.63	0.38	275.7	12.7	413.6
										413.6	19	620.5
PK-345	8.2		0.414	8.159	25.632	52.283	6.66	3.63	0.38	275.7	14.4	413.6
										413.6	21.6	620.5
PK-445	11.2		0.746	10.945	34.21	94.08	8.89	4.85	0.51	275.7	25.9	413.6
CÓDIGO	MEDIDA (mm)		peso long. (Kg./m)	$r$ (mm)	PERIMETRO	AREA	Espc. Long (mm)	Ancho de Rib.	Altura	Est. Fluenc. (MPa)	Carga para fluencia (KN)	Esfuerzo máximo (Mpa)
3/8 leg	9.27		0.526	9.248	29.053	67.172	6.66	3.63	0.38	275.7	19.6	413.6
										414	29.49	621
1/2 leg	12.32		0.934	12.321	38.708	119.229	8.89	4.85	0.51	275.7	34.9	413.6
										413.6	52.4	620.5
5/8 leg	15.5		1.459	15.395	48.365	186.144	11.1	6.07	0.71	275.7	54.6	413.6
										413.6	81.9	620.5
3/4 leg	18.53		2.101	18.475	58.04	267.9	13.33	7.26	0.97	413.6	117.9	620.5
1 leg	24.64		3.735	24.632	77.384	476.529	17.78	9.73	1.27	413.6	209.7	620.5

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

### 1.2.2.1. Varillas de acero

Las varillas de acero corrugado se fabrica de palanquilla de acero de 40000 PSI y 60000 PSI o como normalmente se conoce como Grado 40 y grado 60, esto lo que indica es la resistencia de la varilla a la torsión y dependiendo de los requerimientos del cliente se distribuyen todas las medida (tabla número I página 4).

La varilla corrugada se clasifica también por varilla legítima y comercial, las dos son de alta calidad, la elección depende de las condiciones de la construcción, la carga que se aplicará y el presupuesto con el que se cuente para realizar la construcción.

Se aconseja que cuando se realicen grandes construcciones se utilice varilla legítima con la finalidad de tener una mayor resistencia en la edificación.

### 1.2.2.2. Varilla lisa

Usos y Aplicaciones: se utiliza para ornamentación, elementos arquitectónicos, metalistería, forjas y múltiples aplicaciones de la industria metalmeccánica.

Tabla III. **Especificaciones de varilla lisa**

Medida	Peso promedio LBS/QQ TEO	Varillas por quintal
7/32	0,9223	38
1/4	0,8883	30

Fuente: elaboración propia.

### **1.2.2.3. Alambre de amarre**

El alambre de amarre se produce con los más altos estándares de calidad y se empaca en presentaciones de 101 y 150 libras por rollo, pasa por un proceso de recocido para lograr la maleabilidad del mismo.

### **1.2.3. Comercialización**

La varilla se comercializa en toda Guatemala y en parte de Centro América y la competencia principal son los productos similares de manufactura guatemalteca y productos similares de manufactura de otros países e importados a Guatemala.

#### **1.2.3.1. Legítimo**

En varilla corrugada legítima se produce varilla de 3/8, varilla de 1/2, varilla de 5/8, varilla de 3/4, varilla de 1, se le conoce como legitimo a aquella varilla que cumple con todos los parámetros establecidos en la norma ASTM en lo referente el diámetro, el peso y la resistencia a la tensión.

#### **1.2.3.2. Milimétrico**

Las medidas milimétricas que se producen son 7,7 milímetros, 8,2 milímetros, 9,27 milímetros, 11,2 milímetros, 12,32 milímetros, 15,5 milímetros, 18,53 milímetros y 24,64 milímetros, se le conoce como comercial a aquella varilla que varía en un pequeño porcentaje en el diámetro o el peso pero siempre sigue cumpliendo con las pruebas mecánicas establecidas en la norma.

### **1.2.3.3. Comercial**

En medida comercial se produce K-340, PK-345, PK-445 (tabla I y II página 4). La diferencia de precios de legítimo, comercial y milimétrico no es significativa respecto al valor total de una construcción.

Por lo general las medidas de 3/8 y 1/2 pulgada se utilizan en viviendas o construcciones de uno o dos niveles. Para estructuras más altas como edificios o bodegas se utiliza 5/8, 3/4, 7/8, 1 pulgadas, entre otros, estas medidas gruesas también se utilizan para la construcción de puentes y muros de contención.

### **1.2.4. Requisitos mínimos de calidad, normas a seguir**

Se debe de cumplir con una serie de normas para la fabricación de varilla corrugada que determine la funcionalidad de la misma, estas normas se estarán mencionando en capítulos posteriores como la ASTM A-615 y COGUANOR NGO 36011-2005.

## **1.3. Procesos**

El proceso en general para la fabricación de varilla corrugada es el laminado en caliente, para la fabricación de alambre de amarre se utiliza el proceso de trefilación y para la fabricación de varilla lisa es el proceso de en enderezado de alambón.

### **1.3.1. Laminación de varilla corrugada**

El proceso de laminación inicia con el calentamiento de la palanquilla en el horno de laminación, luego es extraído por medio del empujador del horno hacia la barredora y luego es trasladado al primer pase que se denomina desbaste 20, se dirige a los preparadores para reducción de área, luego pasan a los continuos que reducen área y le dan forma a la varilla, luego pasa por el *finish* que se encarga de imprimir la corruga, símbolo de la empresa y número de varilla, luego pasa a corte por medio de la CV-20, luego pasa a cama de enfriamiento para posteriormente pasar a la cizallas de corte a medida, como paso final a las amarradoras para realizar los atados de producto terminado y ser almacenados en bodega de producto terminado.

### **1.3.2. Varilla lisa**

La varilla lisa inicia el proceso con el montaje de los rollos de alambrón en el devanador, luego pasa a la enderezadora, es cortada a medida y posteriormente es empaquetada en líos y almacenada en bodega de producto terminado.

### **1.3.3. Alambre de amarre**

El alambre de amarre inicia su proceso con el montaje de alambrón en el devanador, luego pasa por las trefiladoras que se encargan de reducir el área, luego es empacado en rollos por medio del moco de chumpipe, estos rollos de producto terminado son ingresados al horno de recocido para posteriormente ser trasladados a bodega de producto terminado.

#### 1.4. Descripción de procesos de laminación

El laminado es un proceso de deformación volumétrica, en el que se reduce el espesor inicial del material trabajado, mediante las fuerzas de compresión que ejercen 2 rodillos sobre el material de trabajo.

- Selección de materia prima

Como sucede con todo buen producto el proceso inicia con la debida selección de materias primas, escogiendo únicamente aquellas que satisfagan los más altos estándares de calidad, apropiado para el proceso de productos largos.

- Calentamiento de palanquilla

La materia prima se somete a un proceso gradual de calentamiento, el cual se lleva a cabo en un horno automatizado operado a base de *Fuel Oil*, el cual cuenta con un filtro de gases residuales en su chimenea para reducir el impacto al medio ambiente, el horno tiene una capacidad de calentamiento de 45 toneladas por hora elevando la materia prima a una temperatura de 1150 grados centígrados, proporcionándole la estructura austenítica necesaria.

- Laminado en caliente

En este proceso la palanquilla es sometida a una reducción en su sección transversal desde su inicial 130 x 130 milímetros hasta llegar a un diámetro de la varilla deseada reduciendo según sea el caso hasta 300 veces su área inicial, esta reducción se hace por medio del desbaste, preparadores, continuos y acabadores.



- Cama de enfriamiento

Para el proceso de enfriamiento se cuenta con una cama tipo galopante, la misma tiene a la entrada un sistema de arrastre-frena colas para la recepción, manejo y distribución en una doble canaleta del producto proveniente del proceso.

- Sistema de corte a medida

Sincronizada con la cama de enfriamiento el sistema de corte a medida, cuenta con una cizalla mecánica para el corte de producto terminado a 6, 9 y 12 metros.


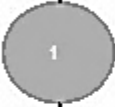
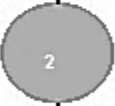
- Sistema de empaque semiautomático

Los líos provenientes del área de corte pasa al área de empaque, los líos son contados y amarrados en forma de atados de 2 toneladas cada uno.

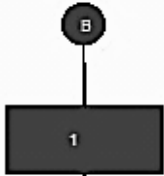



#### **1.4.1. Diagrama de flujo**

El diagrama de flujo o diagrama de actividades, es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como programación, economía, procesos industriales y psicología cognitiva. Un diagrama de flujo siempre tiene un único punto de inicio y un único punto de término.

Figura 1. Diagrama de flujo proceso de laminación

SIMBOLOGIA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCION
	<p>(Materia prima:)</p>	<p>La materia prima se presenta como Billet o Palanquilla proviniendo principalmente de molinos certificados ubicados en América, Europa y Asia, esta materia prima se almacena en los áreas del patio de la planta, y es trasladada por un montacargas hacia el horno conforme al consumo de la producción.</p>
	<p>Carga al horno:</p>	<p>El horno automatizado de laminación tiene una entrada en donde la palanquilla ingresa apilada. Tiene una capacidad para almacenar 146 piezas con longitudes de 4 mts y con secciones de 130 mm x 130 mm.</p>
	<p>Calentamiento de la Palanquilla:</p>	<p>La Materia Prima se somete a un proceso gradual de calentamiento, el cual se llevara a cabo en un horno automatizado operado a base de Fuel Oil Numero 6, carbon y gas, el cual cuenta con un filtro de gases residuales en su chimenea para reducir el impacto al medio ambiente, el horno tiene una capacidad de calentamiento de 45 toneladas por hora, elevando la Materia Prima a una temperatura alrededor de los 1,150 grados centígrados, proporcionándole la estructura austenítica necesaria para el proceso de laminado. Cuando la palanquilla ha alcanzado la temperatura requerida, en aproximadamente 112 minutos, esta lista para iniciar el proceso de laminación.</p>

Continuación de la figura 1.

SIMBOLOGIA	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCION
	<p><b>Cabina central</b></p>	<p>Todo el proceso de laminado es supervisado y controlado desde una cabina central, temperatura del horno, sincronización y velocidades de los motores controlándose con un circuito cerrado de televisión para la operación y el monitoreo del proceso.</p>
	<p><b>Sistema de Corte a Medida:</b></p>	<p>Sincronizada con la cama de enfriamiento el sistema de corte a medida, cuenta con una cizalla mecánica de 150 Ton. Para el corte del producto terminado a 6, 9 y 12 metros de longitud, distribuyendo en forma automática los fós hacia el área de amarrado.</p>
	<p><b>Cama de Enfriamiento</b></p>	<p>Para el proceso de enfriamiento se cuenta con una cama tipo galopante, la cama tiene una longitud de 45 metros y un paso de 12 cms, con capacidad de alojamiento de 42 posiciones, sincronizada para la recepción de una pieza por alojamiento. Cuenta con un sistema de emparejado de varillas para la optimización del corte a medida y corte.</p>
	<p><b>Amarradoras</b></p>	<p>Los fós provenientes del área de corte pasan al área de empaque, en esta los fós son contados y amarrados en forma de atados de 2 toneladas cada uno.</p>

Fuente: elaboración propia.

### 1.4.2. Clasificación de productos y medidas

Las varillas de acero corrugado se fabrican de palanquilla de acero de 40 000 y 60 000 libras por pulgada cuadrada o como normalmente se conoce como grado 40 y grado 60.

Tabla IV. Clasificaciones de productos en base a medidas

CODIGO	MEDIDA (mm)
K-340	7,7
PK-345	8,2
P-345	8,5
3/8 leg	9,27
K-440	10,6
PK-445	11,2
P-445	11,5
1/2 leg	12,32
5/8 leg	15,5
3/4 leg	18,53
7/8 leg	21,7
1 leg	24,64

Fuente: elaboración propia.

### 1.4.3. Descripción de áreas de trabajo

A lo largo del proceso, constantemente son tomadas muestras que son sometidas a rigurosas pruebas de calidad, tanto físicas como mecánicas, garantizando así el diámetro y la resistencia de la varilla.

- Control de calidad

Cuenta con un moderno laboratorio de Control de Calidad, equipado con una máquina de ensayos de tracción, compatible con las normas ASTM A-615 y COGUANOR NGO 36011-2005, con una capacidad de carga máxima de 500 kilo Newton, para ensayos en diámetros desde ¼ de pulgada en grado 33 hasta 1 3/8 de pulgada en grado 40 y 1 1/8 de pulgada en grado 60.

El equipo es totalmente automatizado a través de PLC y ordenador computarizado, sobre el cual corre una aplicación en ambiente Windows que monitorea en tiempo real los resultados de la prueba, los registra y almacena permitiendo su posterior consulta e impresión.

De manera adicional constantemente son enviadas muestras al laboratorio de pruebas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, para reforzar el control de calidad de los productos.

- Talleres de mantenimiento

Parte de todo este proceso lo constituyen el Departamento de Ingeniería y los talleres de mantenimiento con los que cuenta, siendo los responsables de mantener y velar por la buena operación de las plantas y los procesos, mismas que requieren de programas muy rigurosos de mantenimiento. Los departamentos que dan este apoyo son:

- Taller eléctrico
- Taller de máquinas y herramientas
- Taller de mecánica industrial
- Departamento de Ingeniería

El Departamento de Ingeniería es el responsable de elaborar y controlar las operaciones de las plantas de producción, desde aquí se supervisan los programas de producción, mantenimiento e implementación de equipos, así como el abastecimiento de insumos para los departamentos y las plantas, diseño de nuevos procesos y modificaciones a las plantas.

- Taller eléctrico

Se cuenta con un Taller de Mantenimiento Eléctrico trabajando bajo programas de mantenimiento preventivo y predictivo con programaciones semanales, mensuales y trimestrales así como con personal en puestos de electricistas de planta, electricistas de taller, especialistas en rebobinado de motores y electrónica.

- Equipados con herramientas digitales especializadas.
- El personal cuenta con talleres de rebobinado de motores y bancos de pruebas y trabajo en taller principal.
- Los trabajos realizados son Rebobinado de motores de hasta 1300 HP, Mantenimiento Preventivo a subestación eléctrica de 69,000V, Mantenimiento a *Switchs* de alto voltaje, instalación de *drivers* DC, y programación de PLC de maquinaria en planta de producción en automatización industrial, fabricación y montaje de paneles eléctricos.

- Departamento Máquinas y Herramientas

El taller de máquinas y herramientas cuenta con todo el equipo industrial, se trabaja sobre planos cuidadosamente evaluados para la elaboración de piezas de repuestos esenciales para el mantenimiento interno de la empresa. El taller de tornos cuenta con personal especializado y capacitado para realizar los distintos repuestos que demandan las plantas de producción, fabricando así el 80 por ciento del herramental utilizados en producción. Además cuenta con equipo para fabricación, calibración, corrugado y marcado de rodillos, balanceo de motores, rectificado de piezas, tratamientos térmicos entre otros.

- Taller de Mecánica Industrial

Se cuenta con un taller de mecánica de mantenimiento sectorizado por especialidad y personal calificado (soldadores, mecánicos y especialistas), con sus respectivos equipos y bancos de trabajo, taladro, prensa hidráulica, máquinas de soldar, SEA, SOA, MIG, TIG, sierra circular horno para ensamble de rodamientos y todas las herramientas necesarias para cada técnico. Las actividades a realizar son, mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos; armado de rodillos laminadores, así como reconstrucción de cajas reductoras, potenciales, cizallas y remodelación de las plantas de producción.

- Obra civil

El Departamento de Obra Civil tiene a su cargo el mantenimiento y mejora de las instalaciones así como la readecuación y preparación de áreas para la implementación de nuevos equipos.

Cuenta con personal calificado y equipo especializado como son niveles láser, estribadoras mecánicas, dobladoras manuales y niveles de precisión para la realización de trabajos de construcción así como mesa de corte de ladrillo y mezcladora de concreto refractario para el mantenimiento de los hornos.

- **Departamento de Ventas**

El Departamento de Ventas está conformado por un cuerpo de asesores profesionales y con muchos años de experiencia en el ramo, situación que permite brindar una atención cordial y personalizada a cada uno de los colaboradores y consumidores, conociendo y satisfaciendo sus necesidades y requerimientos colaborando de esta forma en su crecimiento y desarrollo.

#### **1.4.4. Materias primas**

La materia prima que se utiliza es lingote de 130 x 130 milímetros grado 40 (40,000 libras por pulgada cuadrada) o grado 60 (60000 libras por pulgada cuadrada) longitud de 8 metros que es la medida original y se corta en 4 para ser procesado.

#### **1.5. Producción más Limpia**

Entre los aspectos a considerar en la Producción más Limpia esta la utilización de las materias primas en el proceso, emisión de gases, utilización del recurso hídrico, proceso de tratamiento de agua entre otros.



### **1.5.1. Aspectos a considerar**

La implementación de un programa de Producción más Limpia en una empresa es un proceso compuesto de 5 etapas.

- Planeamiento y organización.
- Auditoría de Producción Más Limpia.
- Estudio de Factibilidad.
- Implementación y seguimiento de las opciones de Producción Más Limpia.
- Mantenimiento.

#### Primera etapa

##### Planeamiento y organización.

- Involucrar y obtener el compromiso de la gerencia.
- Establecer el equipo conductor del proyecto.
- Definir objetivos generales.
- Elaborar el plan de trabajo.
- Identificar barreras y soluciones.
- Involucrar y obtener el compromiso de la gerencia.

El compromiso de la gerencia es la fuerza impulsora para el desarrollo de un proyecto de Producción más Limpia, pues implica disponer de recursos materiales, humanos y financieros para lograr los objetivos. Es importante señalar que para que la alta gerencia sea consciente de la necesidad de implantar un programa de esta naturaleza, esta debe estar informada de los beneficios que puede lograr las medidas de Producción más Limpia.

- Responsabilidades de la alta gerencia
  - Integrar un comité de Producción más Limpia que sea responsable de la implementación y coordinación de las actividades del programa.
  - Nombrar a una persona del equipo como responsable que tenga la jerarquía y la autoridad suficiente para garantizar la realización del programa.
  - Garantizar los recursos económicos y humanos necesarios para el apoyo del programa.
  - Difundir las metas del programa en la planta y en las oficinas de la empresa y estimular la participación y el interés de todos los empleados.
  
- Establecer el equipo conductor del proyecto

Todas las áreas afectadas por la evaluación de la Producción más Limpia deberán involucrar al menos un representante en el equipo de trabajo (Comité de Producción más Limpia). El tamaño del equipo estará conformado según la estructura organizacional de la empresa. El comité de la Producción más Limpia puede incluir requisitos de los miembros del comité de Producción Más Limpia:

- Conocimientos adecuados sobre los procesos de la planta.
- Capacidad y creatividad para desarrollar y evaluar medidas de ahorro de energía y de la prevención de la contaminación.
- Autoridad para implementar los cambios en la empresa.
- Proactividad.

El comité de la Producción más Limpia puede incluir, entre otros, a miembros de la gerencia de la empresa, gerentes de producción, ingenieros, químicos y a responsables de la línea de producción, mantenimiento o control de calidad.

Generalmente, la participación de los consultores externos, expertos en el tema de prevención de la contaminación o de ahorro de energía, se concentra principalmente en las actividades del diagnóstico de Producción más Limpia y en algunos casos en la evaluación técnica detallada de las medidas identificadas durante la auditoria.

- Definir los objetivos generales

Las metas deben de ser ambiciosas para motivar a realizar un esfuerzo significativo dentro del proyecto de Producción más Limpia y a la vez deben de ser realistas para asegurar el éxito al llevarlas a cabo. Algunos criterios a considera en la selección de estas metas se presentan a continuación:

- Efectos en la salud
- Metodología de disposición final de residuos
- Incremento en la productividad
- Emisiones contaminantes al aire y/o suelo
- Costos por confinamiento o disposición de residuos y/o emisiones
- Condiciones de operación y proceso
- Costos por consumo de materias primas y energéticos

- Elaborar un plan de trabajo

El programa de Producción más Limpia requiere de un plan de trabajo que permite monitorear los avances que se van logrando en el tiempo.

- Identificar barreras y soluciones

Entre las principales barreras que pueden encontrarse al implementar un programa de Producción más Limpia se tiene:

- Actitud pesimista del personal y la gerencia frente a los posibles cambios en los procesos de producción.
- Falta de recursos económicos para los compras de nuevos equipos o mejorar instalaciones.
- Falta de comunicación interdepartamental y de trabajo en equipo.
- Falta de personal técnico adecuado para la implementación de cambios en el proceso.
- Tipo de organización.
- Carencia de información tecnológica.

Algunas actividades recomendadas para superar las barreras u obstáculos que surgen en la implementación de un proyecto de Producción más Limpia son:

- Sensibilización del personal usando para ellos los beneficios económicos y ambientales.
- Integración de los miembros de la empresa como un equipo que mejorará la condiciones de trabajo de las mismas.

- Presentar estudios de casos de proyectos anteriores y los éxitos conseguidos con ellos.
- Recopilación de innovaciones tecnológicas de otras empresas del mismo sector.
- Presentación de resultados de evaluaciones económicas y ambientales de las actuales condiciones de producción en la empresa.

## Segunda etapa

### Auditoría de la Producción más Limpia.

La auditoría de Producción más Limpia es indispensable para desarrollar las bases técnicas y financieras del programa. La auditoría de la Producción más Limpia es generalmente realizada por un equipo de consultores externos, expertos en producción más limpia, en temas de ahorro de energía y de prevención de contaminación, y es apoyada por el comité de producción más limpia. Se debe asegurar que las personas que lleven a cabo la auditoría de producción más limpia, en especial el auditor líder, tengan el conocimiento y entrenamiento adecuado para llevar a cabo las siguientes tareas:

- Recopilar y organizar datos de producción/servicio, de consumo de energía, materias primas e insumos, y de generación de residuos y emisiones.
- Recopilar información sobre los procesos de la planta.

- Evaluar las causas de las ineficiencias en los procesos productivos que resultan en el desperdicio de energía o de materias primas y en la generación de residuos y emisiones.
- Identificar las medidas que pueden ser implantadas para aumentar las eficiencias energéticas y el rendimiento ambiental de la planta.
- Realizar una evaluación técnica, económica y ambiental de las medidas de Producción más Limpia generadas en el diagnóstico.
- Recopilar información sobre los procesos

Este paso tiene como objetivo familiarizar al equipo auditor con las actividades de la empresa, y recopilar la información necesaria para guiar al equipo y facilitar la generación de opciones de Producción más Limpia. Para lograr estos objetivos se deben de realizar las siguientes actividades:

- Recopilar información general sobre el equipo y los procesos, utilizados por la empresa, temas ambientales relacionados con dichos procesos, y estudios de prevención de la contaminación o de eficiencia energética realizados en este sector industrial. Las fuentes posibles de información para esta investigación inicial incluyen UNEP, UNIDO, EPA, publicaciones industriales, casos exitosos de los centros nacionales de producción más limpia, organizaciones gremiales, universidades, bancos de información, bibliotecas especializadas y proveedores de equipos.
- Recopilar también datos preliminares sobre las actividades de la empresa tales como: los niveles de producción, el costo de las materias primas, insumos y energéticos, uso de las materias primas, insumos y

energéticos por unidad de producción, el tipo, cantidad y origen de los residuos generados por la planta y el costo de tratamiento y disposición de los residuos.

Esta recopilación debe tener en cuenta el tamaño, la naturaleza y la complejidad de la organización. Esta información es muy valiosa para entender y tener una idea preliminar clara sobre los procesos de la planta, especialmente de aquellos que tengan mermas, generen contaminación y/o energéticamente no sean muy eficientes.

Muchas veces los auditores utilizan como herramienta para el levantamiento de información una lista de verificación con los documentos y registros necesarios o cuestionarios para ser cuidadosamente contestados.

Esta recopilación de información se completará en mayor detalle durante la realización de la auditoría in situ y será de vital importancia en el desarrollo del programa de Producción más Limpia. Los datos recolectados servirán tanto para definir las áreas de oportunidad hacia donde se enfocarán los recursos y esfuerzos del equipo auditor, como para controlar y evaluar los avances logrados con la implementación de medidas de ahorro de energía o de prevención de la contaminación.

Llevar a cabo una inspección general de proceso de producción y de las actividades auxiliares de la planta con el fin de entender todas las operaciones del proceso y sus interrelaciones.

En lo posible, la auditoría debe seguir el proceso de producción desde el inicio hasta el final, centrándose en las áreas donde se generan los productos, residuos y emisiones.

Durante el recorrido, es importante hablar con los operarios puesto que a menudo tienen ideas o información que puede ser útil para identificar fuentes de residuos y oportunidades de producción más limpia. Las entrevistas deben realizarse a las personas que desempeñan actividades o tareas dentro del alcance de la auditoría, durante las horas normales de trabajo y en lo posible en el lugar habitual de la persona entrevistada.

- Definir y evaluar las actividades de la empresa

Para definir y evaluar las actividades de la empresa, el equipo auditor debe llevar a cabo lo siguiente:

- Identificar los procesos de una empresa a través de un mapa de procesos. El mapa de procesos es una aproximación que define la organización como un sistema de procesos interrelacionados.
- Dividir los procesos en operaciones unitarias. Una operación unitaria puede definirse como un equipo o área del proceso donde se introducen los materiales, ocurre una función y se extrae los materiales, posiblemente en diferente forma, estado o composición. Con el fin de facilitar el trabajo del equipo en esta etapa preliminar del diagnóstico, los diferentes procesos unitarios pueden agruparse en áreas de procesos.
- Elaborar un diagrama de flujo de procesos enlazando las operaciones unitarias. Un diagrama de flujo es una representación esquemática del proceso de producción, la cual detalla la secuencia de operaciones que transforman las materias primas e indican las entradas y las salidas de cada proceso



unitario. Una vez completado, el diagrama de flujo sirve para identificar todas las fuentes de residuos sólidos, líquidos o emisiones gaseosas generados por la planta. Este diagrama debe ser lo más claro y sencillo posible para que cualquier miembro del equipo lo interprete correctamente.

- Evaluar las entradas y salidas de los procesos unitarios. En esta etapa el equipo auditor desarrolla y ejecuta un plan para lograr cuantificar de manera más precisa las condiciones del proceso, por medio del registro de las cantidades de materia prima y recursos energéticos consumidos, de residuos, emisiones y subproductos generados, con la finalidad de realizar un adecuado análisis de las eficiencias de las operaciones unitarias involucradas dentro del proceso.

El costo de los flujos de residuos debe incluir, entre otros, el valor de las materias primas desperdiciadas, el valor de los contenidos energéticos de los flujos de salida de las operaciones unitarias y el costo de tratamiento o disposición de los residuos.

- Enfocar el trabajo del equipo auditor en las áreas prioritarias de la planta.

La información desarrollada en las etapas precedentes sirve para evaluar todas las operaciones unitarias y seleccionar las áreas prioritarias para el diagnóstico de Producción más Limpia. Para la selección de las áreas prioritarias se deben de considerar los siguientes criterios:

- Etapas de mayor generación de residuos y emisiones.
- Etapas con mayores pérdidas económicas.
- Costos de las materias primas y de la energía.
- Cumplimiento con los reglamentos y normas presentes y futuras.
- Costo de la administración de residuos y emisiones.
- Riesgo de seguridad del personal y el entorno.
- Potencias para reducir o eliminar los cuellos de botella de producción, donde se genera mayor cantidad de residuos y se tiene mayores pérdidas económicas.
- Presupuesto disponible para la realización de las opciones de Producción más Limpia.
- Capacidad de la empresa de obtener medios de financiamiento.
- Expectativas respecto a la competitividad de la empresa.

El equipo auditor debe de considerar los objetivos y las prioridades de la planta, el presupuesto del diagnóstico la experiencia de los integrantes del equipo auditor, y otras limitaciones para llegar a preparar un plan de auditoría que satisfaga la mayor parte de los diferentes requerimientos bajo las cuáles se está desarrollando el trabajo.

- Elaboración de balances de materiales y de energía para las operaciones unitarias prioritarias.

Se trata de establecer todas aquellas operaciones principales y analizar la cantidad de materiales y energía a utilizar para realizar la operación con la finalidad de tener un control del uso de los mismos

- Definir las causas de los flujos contaminantes y de las ineficiencias energéticas.

Evaluar los puntos posibles de pérdidas de materiales y verificar las causas que provocan dichas pérdidas.

- Desarrolla opciones de la Producción más Limpia.

Como reutilización de los recursos y evaluar la comercialización de los subproductos

- Preseleccionar las opciones generadas.

Tomar siempre la opción más factible para obtener resultados más favorables.

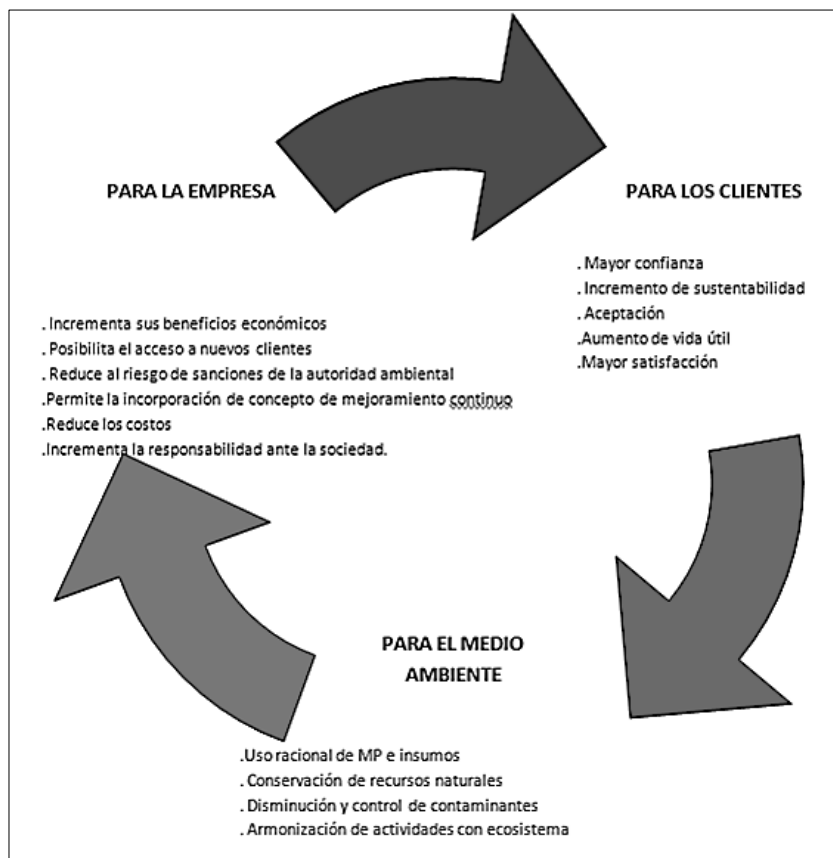
### **1.5.2. Beneficios de su implementación**

Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. Producción más Limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad. Para los procesos de producción, Producción más Limpia resulta de una medida, o la combinación de varias de ellas, que conserva materias primas, agua y energía; elimina materiales tóxicos y peligrosos; y reduce la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos en la fuente durante el proceso de producción.

Para los productos, la Producción más Limpia se enfoca en reducir los impactos ambientales, a la salud y a la seguridad de los productos a través de los ciclos de vida completos, desde la extracción de materia prima, pasando por el proceso de manufactura y uso, hasta la disposición final del producto. Para

los servicios, la Producción más Limpia implica la incorporación de las preocupaciones ambientales dentro del diseño y prestación de los servicios.

Figura 2. **Esquema beneficio de la implementación**



Fuente: elaboración propia.

## 1.6. **Importancia del proceso de laminación en la industria**

Las grandes compañías abordan programas de validación de procesos por requerimientos de sus sistemas de calidad y para lograr el cumplimiento de los requisitos derivados de las buenas prácticas de manufactura.

El uso de los programas de validación de procesos como herramienta para el control de los riesgos laborales, nació en una empresa transnacional del sector manufacturero como parte del cumplimiento de uno de sus requerimientos corporativos, ampliado y profundizado por el departamento de Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente con el objetivo de integrarlo a su sistema de gestión y buscando su utilidad como herramienta para la identificación, valoración y control de riesgos.

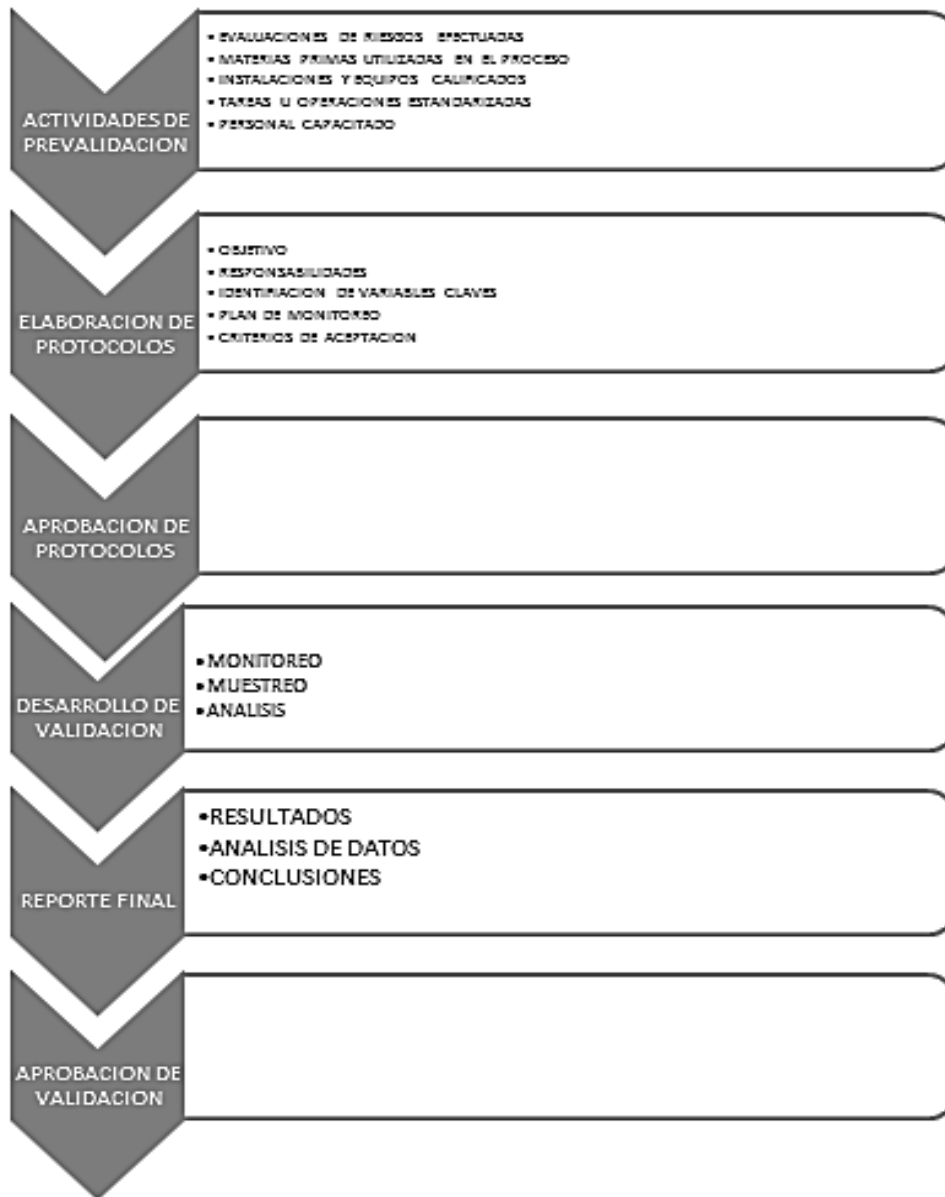
#### **1.6.1. Proceso de validación en seguridad y medio ambiente**

Antes de entrar en la teoría relacionada con el proceso se va a resolver algunas preguntas importantes del porque es necesario abordar un proceso de validación:

#### **1.6.2. Pasos a seguir en un proceso de validación**

Es importante validar los procesos para conocerlos, reducir las causas de variabilidad que pueden ser causantes de accidentes, para establecer controles en los factores de riesgos identificados, prevenir fallas potenciales por medio de un diagnóstico temprano, unificar los procedimientos de trabajo y estandarizar la manera de hacer las cosas en forma segura; también sirve para hacer un balance entre la teoría y la práctica y para asegurar consistencia de las variables del proceso a lo largo del tiempo.

Figura 3. Pasos del proceso de validación

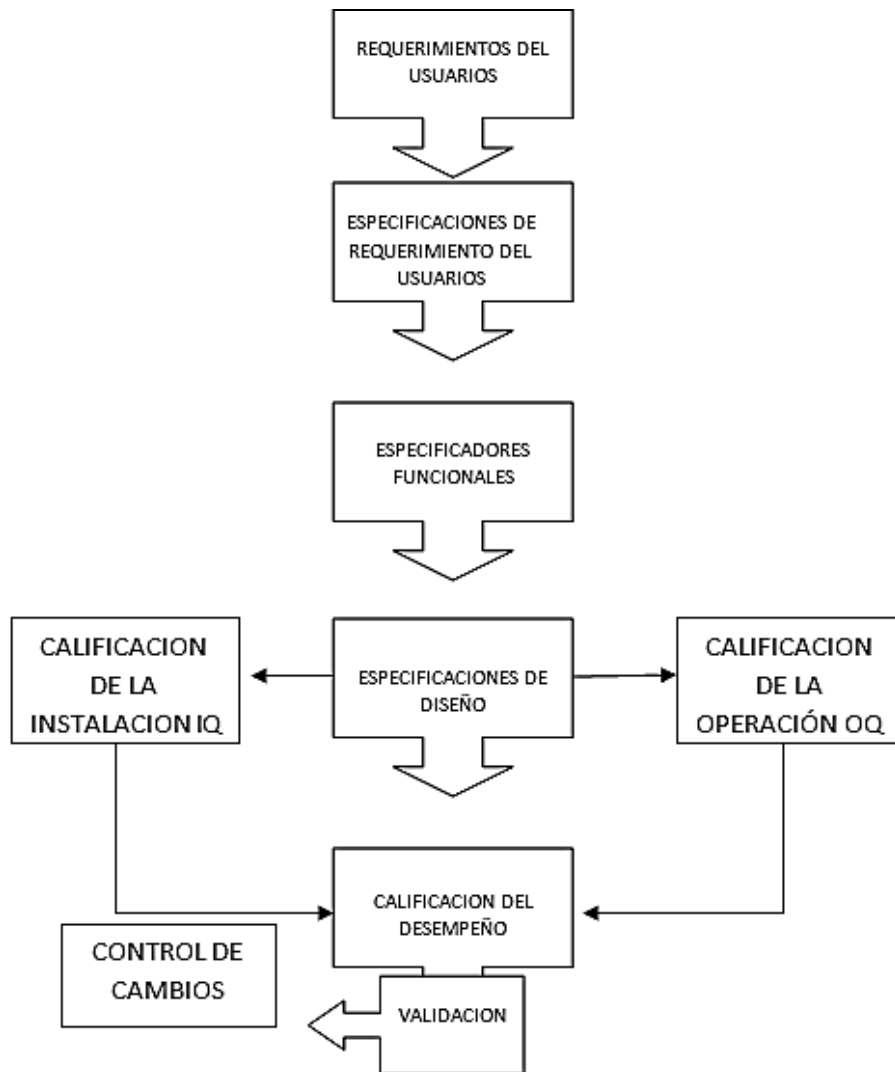


Fuente: elaboración propia.

### 1.6.3. Flujograma de un proceso de validación

Básicamente, el flujograma hace que sea mucho más sencillo el análisis de un determinado proceso para la identificación de, por ejemplo, las entradas, las salidas y de aquellos puntos críticos del proceso.

Figura 4. Flujo del proceso de validación



Fuente: elaboración propia, con programa Word.

#### **1.6.4. Pasos previos para la validación de procesos**

Antes de iniciar el proceso de validación se debe de identificar el área que se desea evaluar, esto se podría analizar en base al número de paros, evaluando la calidad del producto en el punto en específico, historial de mantenimiento, etc., para determinar si es necesario proceder a la validación.

##### **1.6.4.1. Actividades de prevalidación**

Consiste en la recopilación de la información relacionada con el proceso, en la revisión de las evaluaciones de riesgo realizadas en el pasado, las materias primas e insumos usados, la verificación de la realización de una calificación técnica a las instalaciones locativas y a los equipos, existencia de procedimientos para las tareas u operaciones y el entrenamientos a los trabajadores.

##### **1.6.4.2. Elaboración de protocolos**

En él se definen los objetivos específicos de las evaluaciones a efectuar, las responsabilidades de cada una de las áreas involucradas en la validación, se establecen las variables de interés que se quieren monitorear, entre ellas se puede considerar, niveles de presión, temperatura, concentración de contaminantes, etcétera. Y el plan de monitoreo respectivo, además de incluir los criterios de aceptación que no son otra cosa que la comparación de los resultados con los niveles permisibles o los resultados esperados.



#### **1.6.4.3. Aprobación de protocolos**

Después de lo antes mencionado se realiza los pasos a seguir y las herramientas a emplear, se procede a firmar el protocolo para proceder a la ejecución de los pasos del proceso.

#### **1.6.4.4. Desarrollo de validación**

Se realiza una evaluación de una muestra representativa, en número de lotes de producción si la producción es por lotes o en tiempos si esta es continua. Durante esta fase se recopilan las muestras de las variables que se desean medir y se realizan los análisis o cálculos respectivos.

#### **1.6.4.5. Reporte final**

Finalmente con los resultados arrojados por el proceso anterior se hacen las recomendaciones respectivas, las conclusiones y las recomendaciones, que después de cumplir un plan de acción se cierran y se procede a declarar el proceso como validado.

#### **1.6.4.6. Aprobación de validación**

En este paso se procede a firmar el procedimiento por las personas implicadas, regularmente junta directiva. Esto quiere decir que se aceptan las responsabilidades de los interesados.

### **1.6.5. Actividades de calificación en el proceso de validación**

La actividad de validación del proceso es la calificación de la instalación, calificación de la operación y la calificación del producto. Todo esto es conforme a los protocolos.

#### **1.6.5.1. Calificación de la instalación**

Tiene por objeto establecer por medio de una inspección visual que el equipo, área o sistema de apoyo crítico ha sido construido e instalado de acuerdo con las especificaciones de diseño, las recomendaciones del fabricante y con los requerimientos de la empresa.

Examina las características de diseño, los componentes mayores y menores del equipo, se verifican los instrumentos de control con su calibración para variables relacionadas con la salud, la seguridad industrial y el medio ambiente; también se verifican los materiales de construcción y los dispositivos de seguridad.

#### **1.6.5.2. Calificación de la operación**

Busca establecer mediante pruebas, mediciones y retos que el equipo funciona consistentemente de acuerdo con las especificaciones funcionales cuando opera de la manera prevista.

Examina las características eléctricas (voltaje, amperaje, fases), las repuestas a pruebas de funcionabilidad (velocidades, presiones, temperaturas, etc.), los dispositivos automáticos de parada y los dispositivos de seguridad, los instrumentos de medición y control (Rangos-Calibración), los procedimientos de

operación las rutinas y programación de mantenimiento preventivo, el cumplimiento en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el entrenamiento de los trabajadores.

### **1.6.5.3. Calificación del desempeño**

Busca retar al equipo para verificar que es capaz de responder a los parámetros de operación que controlan los procesos en los cuales intervienen.

Examina el comportamiento del equipo con el producto, en condiciones normales del proceso y en condiciones externas.

### **1.6.6. Criterios de aceptación durante el proceso**

Otra parte vital dentro de un plan de Control Estadístico del Proceso, es el cálculo de la capacidad del proceso. La capacidad del proceso es la medida de variación total de un proceso, comparada contra sus especificaciones. Entre los principales usos de este concepto se encuentra los siguientes:

- Ayuda a modificar o rediseñar un proceso.
- Auxiliar en la especificación de los requerimientos que debe cumplir el equipo.
- Asistir para la selección del mejor proveedor.
- Predecir si el producto cumplirá con las especificaciones.

Actualmente, existen varios índices que ayudan a calcular la Capacidad de un proceso. Entre las más importantes se pueden mencionar al Cp, Cpk y Cpm. Tanto el CP como el Cpk, son calculados a partir de los estándares establecidos. La selección entre Cpk y el Cp dependen de si el valor objetivo se encuentra o no en medio de los límites de especificación.

Debe comentarse que para ambos índices su valor es sólo un punto y está sujeto a fluctuaciones. Para tomar en cuenta esta fluctuación se pueden calcular intervalos de confianza. Para estimar tanto los índices Cp y Cpk, así como la estimación de los intervalos de confianza, se utilizan las siguientes fórmulas:

Estimación índice CP

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Donde:

USL= Límite Superior de Especificación

LSL= Límite inferior de Especificación

$\sigma$ = Desviación estándar

CP Estimación por intervalos del CP

### **1.6.7. Características de un proceso validado**

A continuación se mencionan las características que tiene que cumplir un proceso para darse como validado. El proceso validado cumple con las siguientes características:

- Su desempeño es reproducible y consistente.
- Cumple con los requerimientos establecidos.
- Se tiene las evaluaciones y resultados documentados.

- El proceso es robusto con los requerimientos establecidos en las monitorias operacionales de rutina; que pueden ser auditorías internas o externas, métodos de control estadístico de proceso, etc.

#### **1.6.8. Mantenimiento de un proceso validado**

A los procesos validados se les debe mantener a través del tiempo; para esto se han establecido 3 sistemas de control específicos para garantizar la idoneidad de las variables del proceso en el tiempo:

- Programas de calibración
- Mantenimiento Preventivo
- Sistema de control de cambios

En el caso del último sistema de control se entiende como toda modificación planeada o no planeada que pueda impactar las variables de proceso, la calidad o pureza de un producto y la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente. El proceso de control de cambios se puede abordar desde dos perspectivas, la de cambios planeados y no planeados.

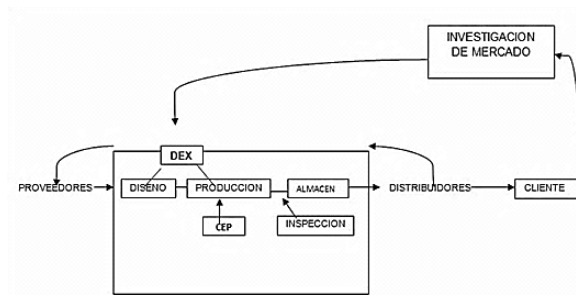
#### **1.7. Calidad en la etapa del diseño**

Tanto la inspección como el control estadístico del proceso son mecanismos internos de la organización. Es por ello que, aunque en una cierta empresa funciona a la perfección tanto las inspecciones a la recepción de materias primas como las de producto acabado, así como el control estadístico de los principales procesos de la misma.

Nada o muy poco aportarían estos procedimientos a algo tan importante como saber los problemas que los productos de la empresa en cuestión provocan a sus clientes cuando los utilizan, o por qué algunas personas utilizan productos de la competencia, etcétera.

Es por ello que, en la actualidad, el control de la calidad es una actividad globalizadora, que incluye, no sólo a todas las personas y procesos de una cierta empresa, sino también a los proveedores y a los distribuidores, tal como queda reflejado en la figura.

Figura 5. **Calidad según las necesidades del cliente**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

En este diagrama destaca, en primer lugar, que la calidad ha de venir determinada por las necesidades y expectativas del cliente y no por necesidades internas de la propia organización. En segundo lugar se observa que el mejor momento para asegurar la calidad de los productos o servicios es durante el diseño de los mismos.

Para ello es necesario, por un lado, actuar sobre los proveedores para poder mejorar la calidad de los componentes no fabricados en la empresa y, por otro, la utilización de herramientas como el diseño de experimento (DEX) o el

*Quality function Deployment* (QFD) para intentar que las expectativas de los clientes se introduzcan y optimice en la etapa de diseño y prototipo.

### **1.8. Mantenimiento, mejora e innovación de la calidad**

En el terreno de la calidad es conveniente distinguir tres tipos de actividades diferentes: mantenimiento, mejora continua e innovación. Por actividades de mantenimiento se entiende todas aquellas actividades tendentes a conservar los estándares tecnológicos, de gestión y de operación actuales.

Mantenimiento = estandarizar + control

Parece recomendable que, antes de embarcarse en cualquier programa de mejora de la calidad, una empresa estandarice la mejor forma conocida de operar y se asegure de que todo el personal trabaja de acuerdo a dichos estándares. En nuestra opinión, los estándares deben ceñirse a las operaciones verdaderamente importantes, deben estar redactados de forma clara y ser comprendidos por el personal que debe seguirlos. El control del cumplimiento de dichos estándares es responsabilidad de la gestión de la empresa.

Por actividades de mejora continua (*Kaizen* en japonés) se entiende todas aquellas actuaciones dirigidas hacia la mejora constante de los estándares actuales.

Tal como indica Bill Hunter, todo proceso u operación además de producto físico, genera información suficiente para mejorarlo. Hasta tal punto es cierta esta afirmación que es muy probable que cuando un estándar este en vigor más de seis meses sin ser modificado, ello sea debido a que no es seguido por nadie dentro de la propia organización.

Las actividades de mejora constante se realizan mediante la secuencia (*Plan, Do, Check, Action*), es decir, planificar la mejora, implementarla, verificar su efecto y actuar en función de los resultados de dicha verificación. Es importante destacar que a toda mejora en los estándares operativos deben seguir actividades de mantenimiento, ya que de lo contrario es casi seguro que los efectos beneficiosos de la mejora desaparecerán rápidamente.

Por actividades de innovación se entiende aquellas actividades sistemáticas tendentes a la creación de productos/servicios con funciones, operatividad, coste y otros nunca experimentados antes.

Uno de los activos intangibles que toda empresa debería incrementar, lo constituyen las metodologías y herramientas que permiten utilizar los conocimientos y la creatividad de todo el personal de la organización para crear nuevos productos que satisfagan con creces las necesidades y expectativas de los clientes potenciales.

### **1.9. Conceptos básicos de gestión de la calidad total**

Los tres pilares de la calidad total se asientan en la cultura de la calidad, sistemas, recursos humanos y la utilización de la estadística.

Si en una organización falla alguno de estos tres pilares, será difícil, por no decir imposible, introducir la gestión de la calidad total. La cultura de la empresa respecto a la calidad es un pilar esencial. Hoy en día es difícil encontrar directivos en las organizaciones que no digan que para ellos, la calidad es lo más importante.



Pero por desgracia, los hechos no siempre concuerdan con estas afirmaciones. Es fundamental que los propietarios o la alta dirección se involucren en la introducción de esta cultura de la calidad en sus empresas.

#### **1.10. Métodos estadísticos para el control total de la calidad**

Entre algunos métodos estadísticos más utilizados para la mejora y el control de la calidad de productos y servicios se puede mencionar Ishikawa, cuyo uso sistemático y masivo en toda la organización es suficiente para resolver un porcentaje muy elevado de problemas de calidad. Uso sistemático significa entender las organizaciones como sistemas y tener en cuenta, por lo tanto, que una modificación o mejora en un cierto proceso puede influir en otros procesos de la organización.

Métodos basados en la *t-Student* para comparar dos poblaciones. En la práctica es frecuente que un mismo producto sea fabricado en dos o más procesos idénticos que funcionan en paralelo.

Otro tipo de problemas que se resuelven con los métodos de la *t-Student* para diseños en bloques aleatorizados son, por ejemplo, comparar una población de individuos antes y después de haber sido sometida a un tratamiento, como podría ser un plan de formación.

Los histogramas como un método para la comparación de resultados de un proceso, hojas de control, análisis paretiano, gráficos de control, la experiencia de los especialistas en la aplicación de estos instrumentos o herramientas estadísticas señala que bien aplicadas y utilizando un método estandarizado de solución de problemas puede ser capaces de resolver hasta el 95 por ciento de los problemas.

En la práctica estas herramientas requieren ser complementadas con otras técnicas como son:

- La lluvia de ideas
- Encuestas
- Entrevistas
- Diagramas de Flujo
- Matriz de selección de problemas.

#### **1.10.1. Plantillas para la recolección de datos**

No es difícil suponer que para mejorar la calidad se necesitan datos. Pero muchas veces los datos toman de forma desordenada o mal documentada, haciendo imposible su análisis posterior.

Otras veces los datos son incorrectos porque se han tomado de forma distinta a la prevista, y las conclusiones que se obtienen a partir de éstos carecen de sentido por mucho esmero que se ponga en su análisis.

Por lo tanto, la recolección de datos debe efectuarse de manera cuidadosa y exacta, y para ello nada mejor que utilizar plantillas especialmente diseñadas para cada caso. Los objetivos que se pretenden con el uso de las plantillas son:

- Facilitar las tareas de recogida de la información
- Evitar la posibilidad de errores o malos entendidos
- Permitir el análisis rápido de los datos

Las plantillas para la recogida de datos pueden tener distintas finalidades: controlar una variable de un proceso, llevar un control de productos

defectuosos, estudiar la localización de defectos en un producto, estudiar las causas que originan los defectos o realizar la revisión global de un producto. La experiencia demuestra que en la recogida de datos conviene seguir algunas reglas, éstas son:

- No tomar datos si después no se van a utilizar. Puede parecer obvio pero es una costumbre bastante arraigada. Los datos inútiles sólo sirven para dificultar la localización de los útiles.
- Asegurarse que los datos se toman de forma que su análisis sea fácil, de lo contrario es probable que no se haga nunca. Entretenerse en el diseño de la plantilla de recogida de datos es una de las actividades más rentables que pueden realizarse.
- No pasar los datos a limpio. Es una pérdida de tiempo y una fuente de errores. Es necesario anotarlos de forma clara y ordenada a la primera.

### **1.10.2. Histogramas**

En muchos casos, si los datos han sido tomados de forma correcta, las conclusiones que se pueden obtener a partir de los mismos son inmediatas. Si no es así, raramente se precisan análisis estadísticos complicados, suele bastar con una adecuada representación gráfica.

Cuando se trata, como en este caso, de analizar la dispersión que presentan unos datos, la representación gráfica más adecuada es el histograma. Para realizar un histograma se marcan una serie de intervalos sobre un eje horizontal, y sobre cada intervalo se coloca un rectángulo de altura

proporcional al número de observaciones (frecuencia absoluta) que cae dentro de dicho intervalo.

Si se pretende comparar varios histograma construidos con distinto número de datos, es preferible que las alturas de los rectángulos sean proporcionales al porcentaje de observaciones en cada intervalo o al tanto por una (frecuencia relativa). Utilizando la frecuencia relativa en el eje de ordenadas también se facilita la comparación entre el histograma obtenido y un determinado modelo teórico representado por una función densidad de probabilidad.

En este caso se considera que la frecuencia relativa es proporcional a área definida por cada columna. Puede interpretarse la función densidad de probabilidad como la representación del histograma cuando el número de observaciones tiende a infinito y la anchura de los rectángulos tiende a cero.

### **1.10.3. Diagramas de Pareto**

Existen muchos aspectos de cualquier actividad industrial (y también no industrial) susceptibles de mejora.

En algunos casos, la mejora es obligada, pero el problema a abordar es de tal envergadura que parece imposible de resolver. Pensemos, por ejemplo, en una línea de envasado que sufre frecuentes paradas por averías en alguno de los módulos (no siempre en el mismo) de que está compuesta. Puede plantearse la necesidad de cambiar la línea entera, pero en muchas ocasiones ésta inversión importante se va postergando.

Los diagramas de Pareto ponen de manifiesto que, cuando se analizan las causas de un problema, en general son unas pocas las responsables de su mayor parte. A estas pocas se les llama causas fundamentales, al resto, que son muchas pero ocasionan una pequeña parte del problema se les denomina causas triviales. Todo el esfuerzo debe concentrarse en la eliminación de las causas fundamentales, ignorando en principio las triviales, que ya serán atacadas más adelante.

Los diagramas de Pareto pueden aplicarse a situaciones muy distintas con el fin de establecer las prioridades de mejora, y siempre reflejan el mismo principio de pocas fundamentales y muchas triviales. La construcción de estos diagramas puede realizarse siguiendo los pasos que a continuación se indican:

- Plantear exactamente cuál es el problema que se desea investigar, qué datos serán necesarios, cómo recogerlos (no olvidar el diseño de la plantilla) y durante qué período.
- Tabular los datos recogidos.
- Rellenar el formulario previo a la construcción del diagrama. Las causas deben ordenarse de mayor a menor importancia, situado "otras" siempre final.
- Iniciar la realización del diagrama dibujando los ejes.
- Construir el diagrama de barras. La altura de cada barra debe corresponder al número de observaciones correspondientes a cada causa, de acuerdo con la graduación del eje de la izquierda.

- Construir el polígono de frecuencias acumulado y añadir toda la información relativa al gráfico para que pueda ser fácilmente interpretado.

#### **1.10.4. Diagramas de Causa y Efecto**

En muchas ocasiones, cuando se presenta un problema, se confunde su resolución con la eliminación de los efectos que produce, y esta práctica suele traer consigo malas consecuencias. Para solucionar un problema deben estudiarse sus causas y eliminarlas.

La idea está clara, para solucionar un problema: atacar las causas, no los efectos (según diagrama causa y efecto página 47).

Pero descubrir el entramado de posibles causas que hay detrás de un efecto no es fácil. Para hacerlo es conveniente seguir una determinada metodología y construir el llamado diagrama causa-efecto una buena forma de hacerlo es siguiendo los puntos que a continuación se describen:

- Determinar e identificar claramente cuál es el efecto.
- Reunir a las personas que puedan aportar ideas sobre el origen del problema y realizar un *brainstorming* de posibles causas.
- Realizar una selección de las causas aportadas. Seguramente algunas de las causas que aparecen el *brainstorming* son descabelladas o están repetidas. Es necesario, por tanto, realizar una selección acordada de cuáles son las causas que deben aparecer en el diagrama.

- Construir el diagrama. Con todas las causas aportadas, una sola persona, especialista en estas tareas y con un buen conocimiento del problema estudiado, debe ser responsable de construir el diagrama.

#### **1.10.5. Diagramas bivariantes**

Una forma de comprobar si existe relación entre una característica de calidad y un factor que puede afectarle es la construcción de diagramas bivariantes. La construcción de un diagrama bivalente puede realizarse de la siguiente forma:

- Reunir pares de datos de las variables cuya relación se desea investigar. Con menos de 30 pares es difícil sacar conclusiones. En torno a 50 suele ser suficiente.
- Trazar los ejes. Decidir las escalas de forma que ambos ejes tengan aproximadamente la misma longitud. Marcar los ejes con valores fáciles de leer.
- Situar los puntos en el gráfico. Si dos o más puntos coinciden, se señala marcando círculos concéntricos.
- Incorporar toda la información pertinente que ayude a interpretar el gráfico.

#### **1.10.6. Estratificación**

Para lograr un resultado más efectivo se deben trazar varias soluciones si se tienen que realizar correcciones durante el proceso antes de llegar a la

evaluación final y determinar si el proceso es capaz y está en control estadístico.

Se deberá trazar planes auxiliares o soluciones alternativas para ir corrigiendo cualquier problema o anomalía que se presente durante el proceso de validación, esto en lo referente a problemas en maquinaria, procedimiento o directamente de la mano de obra.

#### **1.10.7. Gráficos de control**

Es un medio muy efectivo que se deberá utilizar en el proceso para identificar si el proceso está en control estadístico.



## **2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE LAMINACIÓN**

### **2.1. Descripción del proceso de laminación**

A continuación se menciona el proceso que lleva el producto en la fase de laminado, siendo este el paso más importante del proceso, ya que aquí es donde adquiere la forma final.

- Selección de materia prima

Como sucede en todo buen producto el proceso inicia con la debida selección de las materias primas, escogiendo únicamente aquellas que satisfagan los más estrictos estándares de calidad, apropiadas para el proceso de productos largos. La materia prima se presenta como Billet o Palanquilla proviniendo principalmente de molinos certificados ubicados en América, Europa y Asia.

- Calentamiento de la palanquilla

La materia prima se somete a un proceso gradual de calentamiento, el cual se lleva a cabo en un horno automatizado operado a base de *Fuel Oil* número 6, el cual cuenta con un filtro de gases residuales en su chimenea para reducir el impacto al medio ambiente, el horno tiene una capacidad de calentamiento de 45 toneladas por hora, elevando la materia prima a una temperatura alrededor de los 1,150 grados centígrados, proporcionándole la estructura austenítica necesaria para el proceso de laminado.

Hay que destacar que a esta temperatura la composición química de la materia prima, definida por el proveedor, no se ve afectada, más bien durante el proceso de laminado en caliente, se ordena su estructura cristalina interna, mejorando las propiedades mecánicas (límite de fluencia y esfuerzo máximo), dando como resultado una varilla óptima para aplicaciones sísmicas, condiciones necesarias en nuestro mercado natural como es Centro América, el Caribe y el sur de México.

Cuando la palanquilla ha alcanzado la temperatura requerida, en aproximadamente 112 minutos, está lista para iniciar el proceso de laminación.

- Laminación en caliente

En este proceso la palanquilla es sometida a una reducción en su sección transversal desde su inicial 130 x 130 milímetros hasta llegar al diámetro de la varilla deseada, reduciendo según sea el caso hasta 300 veces su área inicial, cabe mencionar que de cada tramo de palanquilla de 6 metros se obtiene hasta 1 400 metros de varilla terminada, en un tiempo aproximado de 95 a 115 segundos.

Durante el primer paso del proceso de laminado, la palanquilla es sometida a un trío - desbaste, el cual es movido por una fuerza motriz de 1 500 caballos de fuerza, en este paso la sección inicial de la materia prima se reduce de 16 900 milímetros cuadrados a 6 400 milímetros cuadrados, el siguiente paso es el proceso continuo de la siguiente forma:

- Preparadores: una combinación de 5 grupos de motores, reductores y castillos independientes con motores de 800 caballos de fuerza, forman el tren preparador, para lograr 6 reducciones intermedias, los castillos

cuentan con rodillos de 17 pulgadas de diámetro (420 milímetros) ubicados en línea y trabajando en cascada.

- Continuos: seguidamente una serie de 9 grupos de motores, reductores y castillos independientes con motores de 500 HP conforman el tren continuo, donde se logra hasta 9 reducciones, cuentan con rodillos de 12 a 14 pulgadas (320 – 360 milímetros) ubicados en línea y trabajando en cascada, tienen la versatilidad de poder desmontares en parejas para cubrir una amplia gama de diámetros requeridos, con velocidad de salida desde 10 metros por segundo hasta 21 metros por segundo.
- Cizallas de corte en caliente: durante el proceso se cuenta con cuatro cizallas de corte, las primeras tres para corte de punta y cola de lingote en proceso (CV-50, CV-40 y CV-30), y una última la CV-20 HS para corte de varilla terminada con una capacidad de corte de 400 mm<sup>2</sup> a una velocidad de 36 metros por segundo.
- Cabina central: todo el proceso de laminado es supervisado y controlado desde una cabina central, temperatura del horno, sincronización y velocidades de los motores (preparadores y continuos), contándose con un circuito cerrado de televisión para la operación y el monitoreo del proceso.

Figura 6. **Proceso de laminación**



Fuente: planta Aceros Suárez.

Un sistema de alarmas, gobernado y controlado por una red de PLC'S en las áreas de trabajo y un PLC de alta velocidad central controlan el proceso de cascada.

- Cama de enfriamiento: para el proceso de enfriamiento se cuenta con una cama tipo galopante, la misma tiene a la entrada un sistema de arrastre-frena colas para la recepción, manejo y distribución en una doble canaleta del producto proveniente del proceso, la cama tiene una longitud de 45 metros y un paso de 12 centímetros, con capacidad de alojamiento de 42 posiciones, sincronizada para la recepción de una pieza por alojamiento.

Cuenta con un sistema de emparejado de varillas para la optimización del corte a medida y conteo. Cabe mencionar que tiene la opción de trabajar con cursor este se usa para medidas gruesas (3/4–1 3/8 pulgadas).

- Sistema de corte a medida: sincronizada con la cama de enfriamiento el sistema de corte a medida, cuenta con una cizalla mecánica de 150 toneladas para el corte del producto terminado a 6, 9 y 12 metros de longitud, distribuyendo en forma automática los líos hacia el área de amarre. Un PLC se encarga del conteo y selección de los líos para su correcto empaquetamiento.
- Sistema de empaque semi-automático: los líos provenientes del área de corte pasan al área de empaque, en esta los líos son contados y amarrados en forma de atados de 2 toneladas cada uno. Para el proceso se cuenta con 4 amarradoras automáticas con una velocidad de 9 amarres por minuto, formando dos líneas de amarre, controladas a través de un PLC y monitoreo computarizado.
- Almacenamiento y distribución: el producto terminado es resguardado en bodegas debidamente equipadas para su fácil almacenamiento y manejo, logrando con ello atender las exigencias de calidad y servicio demandadas por los clientes. Para garantizar la exactitud en la entrega de los productos, se cuenta con una moderna bascula digital Tipo *Canister*, con una capacidad de 30 toneladas.

Figura 7. **Almacenaje de producto terminado**



Fuente: planta Aceros Suárez.

## **2.2. Puntos críticos del proceso**

El horno de laminación por la temperatura, calibración del molino, área de acabadores, programaciones en cabina central

## **2.3. Políticas de calidad del producto**

Son aquellas que permiten a la empresa, seguir los lineamientos para poder cumplir con las características del producto terminado, que pueda llamársele de calidad.

- Norma ASTM A-615
  - Esta especificación trata sobre barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto en tramos cortados y rollos. Se permiten las barras de acero que contienen adiciones de

aleaciones, tales como con las series de aceros aleados del Instituto Americano del Hierro y el Acero, y de la Sociedad de Ingenieros del Automotor, si el producto resultante cumple todos los otros requisitos de esta especificación.

- Las barras tienen cuatro niveles mínimos de límite de fluencia: a saber, 40 000 (280 Mega pascales), 60 000 (420 Mega pascales), 75 000 libras por pulgada cuadrada (520 Mega pascales), y 80 000 (550 Mega pascales), designadas como Grado 40 (280), Grado 60 (420), Grado 75 (520), y Grado 80 (550), respectivamente.
- Las barras lisas, en tamaños de hasta 2 1/2 pulgadas. (63,5 milímetros) de diámetro, incluidos, en rollos o tramos cortados, cuando son ordenadas, deben ser suministradas bajo esta especificación en Grado 40 (280), Grado 60 (420), Grado 75 (520), y Grado 80 (550). Para propiedades de ductilidad (alargamiento y flexión), deben aplicarse las disposiciones de ensayo del tamaño de barra corrugada del diámetro nominal más pequeño que esté más cercano. La soldadura del material en esta especificación debería ser abordada con cuidado debido a que no han sido incluidas disposiciones específicas para mejorar su electrosoldabilidad. Cuando el acero va a ser electrosoldado, debería usarse un procedimiento de soldadura adecuado para la composición química y el uso o servicio previsto.
- Esta especificación es aplicable para órdenes de compra en unidades pulgada-libra (como la especificación A 615) o en unidades SI (como la especificación A 615M).

- Los valores indicados en unidades pulgada-libra o en unidades SI deben ser considerados como los estándares. Dentro del texto, las unidades SI se muestran entre corchetes. Los valores indicados en cada sistema no son exactamente equivalentes; por eso, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la especificación.
  - Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.
- Productos de segunda calidad

Por medio de pruebas físicas y mecánicas de tensión realizadas en laboratorios de Control de calidad, se determina si las varillas cumplen con las cualidades y especificaciones técnicas establecidas en las Normas Coguanor 36011, ASTM A-615 y el manual de control de calidad de la empresa.

#### **2.4. Procedimientos para la clasificación de varillas de primera y segunda categoría**

Es importante identificar los productos que cumplen con las características fijadas por la empresa y los que no cumplen, también es necesario indicar la disposición de aquellos que no cumplen.



- Deformación de la superficie: cuando por fallas ajenas a procedimientos de producción se adhieren partículas de escoria o cascarillas en los rodillos de laminado, se presentan desprendimientos en el aspecto físico de la varillas, defecto que tiende a disminuir el área transversal de la varilla y por consiguiente, su resistencia a la tensión (tracción) para la construcción, mostrando su punto de ruptura en el área del desprendimiento.

Si la varilla es legítima y presenta dicho defecto en la superficie de la corruga pero no presenta dos huellas continuas a lo largo de 8 centímetros de longitud y las pruebas de deformación no muestran valores por debajo de los límites requeridos según la tabla V para varilla de primera clase esta se clasificará como de primera.

Tabla V. **Clasificación de varillas de primera calidad**

LEGÍTIMO	CLASIFICACIÓN DE CALIDAD		
	Varilla de Primera	Varillas de Segunda	Chatarra
Propiedad			
Fluencia	100%	80%	<80%
Esfuerzo Max.	100%	80%	<80%
Elongación	100%	80%	<80%

Fuente: elaboración propia.

En el caso que la varilla no fuese legítima, y presenta el defecto de deformación en la superficie, se le practicarán pruebas físicas y mecánicas. Si los resultados se encuentran entre los límites establecidos en la referencia de la tabla B para varillas de primera clase, las varillas se clasificaran de primera calidad.

Tabla VI. **Clasificación de varillas no legítimas**

COMERCIAL	CLASIFICACIÓN DE CALIDAD		
	Varilla de Primera	Varillas de Segunda	Chatarra
Propiedad			
Fluencia	100%	80%	<75%
Esfuerzo Max.	100%	80%	<75%
Elongación	80%	60%	<60%

Fuente: elaboración propia.

En caso que la muestra de varilla con deformación no cumpla con los requerimientos mostrados en la tabla V y VI para varillas de primera clase, tanto en propiedades físicas como mecánicas, esta varilla se clasificará como varilla de segunda calidad.

Si las varillas muestran fisuras o pliegues la sección que presente este defecto es eliminada para luego proceder a seccionarla en longitudes establecidas para retazo. Si el defecto aparece en longitudes menores a retazo esta será clasificada como chatarra, la cual es seccionada en longitudes no mayores a 1,50 metros de largo.

- Ribete: cuando por fallas en el proceso de producción, en el calibre de corrugado o acabador final se ingresa materia prima en exceso y se presenta un rebalse, modificando el alto del ribete de la varilla de acero corrugado, caso contrario cuando ingresa menos cantidad de materia prima disminuye el alto de ribete. Las varillas que presentan diferencias en los ribetes, deberán clasificarse conforme a la siguiente tabla:

Tabla VII. **Clasificación de varillas en base a ribete**

<b>Medidas</b>	<b>Varilla de primera</b>	<b>Varilla de segunda</b>
K-340	1,5 mm	2,5 mm
PK-345	2,0 mm	2,5 mm
P-345	2,0 mm	3,5 mm
3/8 Leg	2,0 mm	3,5 mm
K-440	2,5 mm	4,0 mm
PK-445	2,5 mm	4,0 mm
P-445	2,5 mm	4,0 mm
1/2 Leg	2,5 mm	4,0 mm
5/8 Leg	3,0 mm	4,0 mm

Fuente: elaboración propia.

Si la varilla que presenta este defecto en no.6 o mayor se evaluará la opción de reprocesarla.

- **Aleta:** cuando existen fallas desproporcionadas en los ajustes de los rodillos de laminación, ocurre una deformación de la simetría física de la varilla, formándose un incremento del ribete en el diámetro de la varilla corrugada. Cuando las varillas de acero corrugadas presente el defecto de aleta, mostrando que el largo o ancho de ribete es igual o excede el diámetro de la varilla, este será clasificado como chatarra, para luego ser seleccionado en longitudes menores a retazo.
- **Varilla cruzada:** cuando la varilla pasa por lo rodillo y éstos presentan ligeros desajustes mecánicos, causan desalineación en el centro de la varilla a esto se le conoce como defecto de varilla cruzada.

## **2.5. Procedimientos de control de calidad actuales**

Se extraen muestras del proceso por póliza utilizada, de las cuales se realiza el análisis de pesos, marcas en la varilla, forma, largo y pruebas de tensión deformación para comprobar su punto de fluencia y ruptura.

### **2.5.1. Procedimientos de muestreo**

Para el análisis de pesos se extrae en el proceso una varilla se secciona y se verifica el peso promedio, para las pruebas de tensión deformación se realiza por póliza a utilizar de la misma manera extrayendo una varilla en el proceso y seccionándola.

### **2.5.2. Listas de chequeo y registros de control del proceso**

Se realizan listas de chequeo de temperaturas, presiones, revoluciones, temperaturas del horno, consumo de combustible, calibración del molino de laminación como un método para la recolección e interpretación de datos.

### **2.5.3. Manuales de defectos del producto**

Son manuales que contienen todos los defectos que la varilla puede presentar y que modifican las características con las que deben cumplir, de acuerdo a las tolerancias establecidas.

#### **2.5.4. Parámetros de aceptación del producto**

Son los parámetros establecidos para peso de la varilla, límite fluencia, profundidad de corruga, separación, ancho del ribete, área, esto con la finalidad de asegurar la calidad del producto.

#### **2.6. Dimensiones y características de los rodillos de laminación**

Cada una de estas máquinas, dependen del material a procesar, las condiciones de lubricación y el paso del molino a ubicar. Y sus características también dependen de los trabajos a realizar.

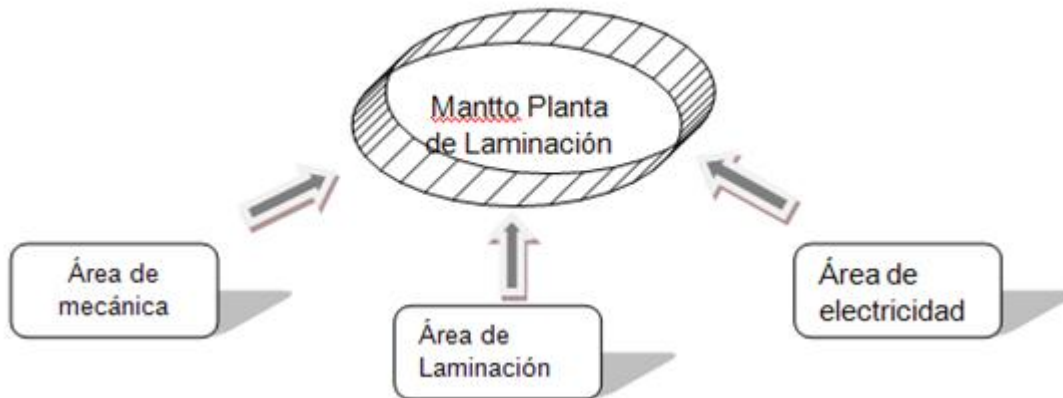
#### **2.7. Métodos de calibración de molinos**

La calibración depende de la medida a producir, los parámetros a considerar son las velocidades de los molinos, abertura de frenacolas, luz entre rodillos, temperatura del horno, corte de cizallas

#### **2.8. Programación de mantenimientos**

La programación de mantenimiento de planta de laminación está dividida en 3 áreas con el objetivo de tener un mejor control de maquinaria y equipos, es imperativo regirse a la programación, de esta depende el éxito del buen funcionamiento de todo el aparato de producción.

Figura 8. **Esquema programación de servicio de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Dentro de cada área se contempla tres etapas que tienen como finalidad prolongar la vida de la maquinaria y equipos, reducir el número de paros no programados y reducción de costos por pérdidas de activos.

Tabla VIII. **Etapa número 1**

<b>Paso</b>	<b>Objetivo</b>
CHEQUEO RUTINARIO DURANTE EL PROCESO	Se realiza con el fin de verificar que el equipo cumpla con las especificaciones de funcionamiento establecidas, presión, temperatura, revoluciones por minuto, vibración y realizar todas aquellas correcciones que no afecten la continuidad de proceso de producción.
REVISIONES DE FUNCIONAMIENTO	Este tipo de revisiones se hace con el fin de verificar todas aquellas características previamente establecidas de buen funcionamiento del equipo y poder detectar cualquier avería que afecte la continuidad de la producción y contribuya a la variabilidad del producto.

Continuación de la tabla VIII.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN	Las listas de chequeo son una herramienta indispensable de verificación de parámetros de funcionalidad, en estas listas se establece los parámetros mínimos y máximos de funcionalidad de los equipos, se realiza una inspección de campo y de acuerdo a los resultados de dicha inspección se toman las medidas necesarias si dichos equipos presentan alguna anomalía.
-------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Etapas número 2**

Paso	Objetivo
Mantenimiento semanal	Los mantenimientos semanales se hacen con la finalidad de eliminar averías que durante el chequeo diario se han detectado, se realizan todas aquellas reparaciones que no requieran mucho tiempo y tengan un impacto mayor en la continuidad del proceso de producción.
Mantenimiento mensual	Se programa considerando historial de tiempo de vida, número de toneladas físicas y especificaciones del proveedor del tiempo de vida según la utilidad en el proceso, en periodos de un mes.
Mantenimiento trimestral	Se utiliza el mismo proceso del mantenimiento mensual solo que en este caso la programación se hace en periodos de tres meses de producción.
Mantenimiento semestral	Se utiliza el mismo proceso del mantenimiento mensual solo que en este caso la programación se hace en periodos de 6 meses de producción.
Mantenimiento por hora de operación	Aquí se considera la verificación y cambio de piezas establecido con una programación en horas de uso del equipo.
Control de repuestos	Tiene como finalidad contar con un inventario preciso en donde se cuente con todos aquellos repuestos que son necesarios mantener en <i>stock</i> , por cualquier eventualidad con énfasis en todos aquellos que con la falta de los mismos el proceso es interrumpido por tiempos prolongados, se considera necesario en este plan de mantenimiento contar con una clasificación de maquinaria por departamento en donde se detalla los repuestos que son necesarios para mantener el funcionamiento correcto y que la continuidad del proceso no se vea afectado.

Continuación de la tabla IX.

Control de equipos alternos	En el caso de los equipos alternos se contemplan con una prioridad alta, su revisión es diaria para asegurarse que al momento que un equipo falle estos puedan entrar a auxiliar sin ningún problema ni falla.
Control de equipos <i>back up</i>	Tenerlos disponibles cuando se requiera un cambio de equipos en el proceso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Etapa número 3**

<b>Paso</b>	<b>Objetivo</b>
Flujogramas rutinarios	El objetivo de este paso es estandarizar los procedimientos de cambio de repuestos para hacer el proceso más sencillo y emplear el menor tiempo posible, además de asegurarnos que se coloque de la manera correcta los repuestos empleados evitando pérdidas de tiempo por colocación incorrecta de los mismos.
Políticas de mantenimiento	Las políticas se han creado con la finalidad de realizar todos los procesos de una forma sistemática y coherente, en ellas se establecen una serie de procedimientos y responsabilidades, esto con la finalidad de cumplir con todas las normas que la empresa establece para la realización de actividades que se consideran de suma importancia.
Bitácoras de mantenimiento	La finalidad de las bitácoras de mantenimiento es poseer un registro de todas las actividades que se realizan en la planta en lo referente al mantenimiento, en ellas se incluye la actividad que se realizó, la fecha en la que se realizó, herramientas y equipo empleado durante el proceso y fotos de la avería ocasionada en los equipos.
Programa de mantenimientos largos	Programar la maquinaria y equipo que para su mantenimiento necesita un tiempo prolongado.

Fuente: elaboración propia.



## **2.9. Descripción de los castillos de laminación**

Regulación axial de los cilindros horizontales: se realiza de forma manual sobre ambos cilindros, por medio de un tornillo sin fin, que actúa sobre la pista interna del rodamiento de rodillos.

- Ampuestas de los cilindros horizontales

Las 4 ampuestas están conectadas, dos a dos por medio de husillos de ajuste (que las sujetan con sus tuercas). Las ampuestas están apoyadas en el contenedor por medio de los soportes. Los cilindros están apoyados en 4 rodamientos de rodillos lisos para las cargas radiales y en dos rodamientos axiales para las axiales.

- Sistema de equilibrio mecánico

Aplicado las 4 ampuestas, su función es eliminar el juego en la rosca de los husillos y entre las tuercas y las ampuestas. El peso de cada ampuesa se transmite a dos conjuntos de arandelas de platillo ubicados entre las contratuerkas y las ampuestas.

El esfuerzo de equilibrado es constante, independientemente de la distancia entre los centros de la caja

- Ampuestas de los cilindros verticales

Las dos ampuestas están conectadas entre sí por medio de 4 tirantes (los cuales forman una estructura de anillo estrecho). Las ampuestas están apoyadas en los soportes de las ampuestas horizontales. Las verticales se

desmontan fácilmente cuando se requiera una configuración dúo. Los dos cilindros verticales no están accionados y se apoyan en dos rodamientos de rodillos cónicos para las cargas radiales y de empuje.

- Mecanismos de ajuste de luces de los cilindros verticales

El mecanismo de ajuste de luces de los cilindros verticales está instalado en cada una de las ampuestas verticales a fin de permitir la regulación independiente de la luz entre cilindros por medio de un motor hidráulico o manualmente por medio de llave.

- Borriones porta guías

Montados en la entrada y la salida de la unidad de laminación, sobre los soportes de las ampuestas, se puede ajustar verticalmente para la alineación de las guías. Los borrones son de diseño estándar para poder alojar las guías.

- Mecanismos de ajuste de luces de los cilindros horizontales

El mecanismo está instalado en la parte superior de la unidad de laminación, para permitir tanto la regulación simétrica como independiente de la luz de los cilindros, por medio de motor hidráulico o manualmente por medio de llave. Está provisto de dos indicadores analógicos y soporte para generador de impulsos.

- Cubierta

Apta a proteger la unidad de laminación.

- Contenedor

Apto para alojar la unidad de laminación, que descansa sobre aquél en los soportes de la ampuestas, (en configuración universal o dúo). El contenedor está dotado de cuatro contratueras hidráulicas. El contenedor se reemplaza junto con la unidad de la caja.

### **2.9.1. Motores**

Para instalar los motores se debe de verificar en que pase del molino se instalaran y verificar la potencia, revoluciones, torque y porcentaje de reducción de área.

### **2.9.2. Cajas reductoras**

Las cajas reductoras están equipadas con engranajes helicoidales, dimensionados según las normas ANSA-AGMA. Engranajes de transmisión en acero NiCrMo, (cementados) montados sobre rodamientos de rodillos y se complementan con los siguiente equipos.

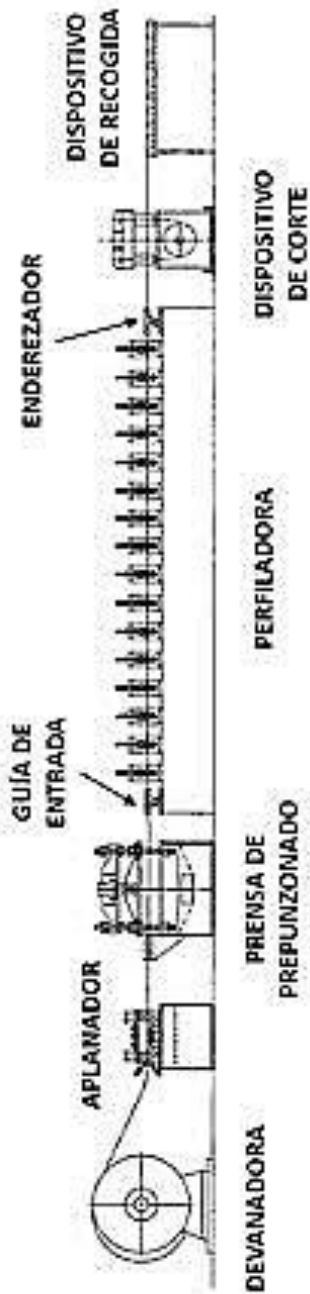
- Árboles de accionamiento: transmite el par de laminación por medio de árboles telescópicos universales conectados a los cilindros y a la reductora por medio de manguitos de acoplamiento.
- Protección de alargadera.
- Manguitos de acoplamiento: los manguitos de acoplamiento transmiten el par de la reductora a los árboles por medio de un ajuste cónico, y de los árboles a los cilindros de laminación por medio de caras planas.

- Porta árboles: porta árboles auto centrantes se apoyan por medio de rodamientos de bolas. El porta árboles cubre automáticamente la gama completa de diámetros de los cilindros de las cajas. El porta árboles se mueve con la caja y se desengancha manualmente por medio de una palanca, cuando se reemplaza la unidad de laminación.

### **2.9.3. Rodillos de laminación**

La selección del material y dureza de un cilindro depende del producto a laminar, *lay-out* del laminador, canales de laminador y condiciones de laminador, una de las características que más se debe de tener en cuenta es la refrigeración del mismo, una mala refrigeración puede ser causa del deterioro o acortamiento de tiempo de vida del cilindro.

Figura 9. Esquema rodillo de laminación



Fuente: Aceros Suárez.

Una refrigeración eficiente es cuando la temperatura del cilindro no supera los 60 grados centígrados. Medida después de unos minutos de detener el laminador. Los valores de caudal que se recomienda para debastadores son 25 m<sup>3</sup>/h/sd, 21 m<sup>3</sup>/h/sd, 14 m<sup>3</sup>/h/sd, estos son los valores que se recomiendan para mantener una refrigeración adecuada en el molino de laminación.

Entre las cosas más importantes que se deben de considerar en un cilindro laminador es el inicio del ciclo de calentamiento hasta la temperatura de operación que se considera que no la alcanza hasta que hayan pasado por lo menos 20 lingotes o barras a laminar. Si no se considera esta temperatura inicial de los rodillos tiende a presentarse los gradientes de calentamiento del cilindro en direcciones transversales y longitudinales.

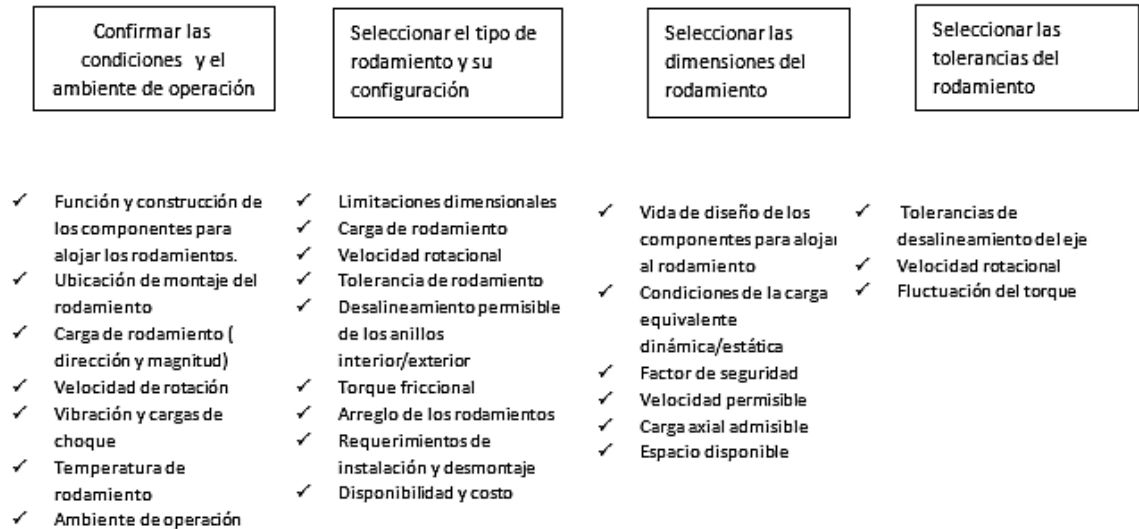
El cilindro está diseñado para esas gradientes pero las tensiones térmicas por un errado gradiente de calentamiento pueden fracturar el cilindro transversalmente, como: pasar barras sin refrigeración, quemar los canales con insuficiente refrigeración, parada del laminador y sobre-enfriamiento de los cilindros. Todos los cilindros están inicialmente en compresión.

#### **2.9.4. Cojinetes**

Un cojinete en ingeniería es la pieza o conjunto de ellas sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina.

De acuerdo con el tipo de contacto que exista entre las piezas (deslizamiento o rodadura), el cojinete puede ser un cojinete de deslizamiento o un rodamiento respectivamente. Para la selección de los cojinetes y rodamientos en los castillos laminadores se debe tener en cuenta varios factores y analizar alternativas.

Figura 10. Esquema para la selección de cojinetes



Fuente: elaboración propia.

El espacio disponible para los rodamientos es generalmente limitado. En la mayoría de los casos, el diámetro del eje (o el diámetro interior del rodamiento) se ha determinado de acuerdo a otras especificaciones de diseño de la maquinaria. Por lo tanto, el tipo y dimensiones de los rodamientos. Por esta razón todas las tablas de dimensiones se organizan de acuerdo a los diámetros interiores estándares.

- Carga de rodamiento

Las características, magnitudes y dirección de las cargas que actúan sobre un rodamiento son extremadamente variables. En general, las capacidades básicas de carga mostradas en las tablas de dimensiones de los rodamientos indican su capacidad de manejo de carga.

No obstante, el determinar el tipo de rodamiento apropiado, se debe prestar atención si la carga actuante es solamente una carga radial o una carga axial combinada, etcétera.

Cuando se consideren rodamientos de bolas y de rodillo de las mismas series de dimensiones, el rodamiento de rodillos tiene una mayor capacidad de carga y es capaz de sobreponerse a grandes vibraciones y cargas de choque.

- Velocidad de rotación

La velocidad permisible de un rodamiento diferirá dependiendo del tipo de rodamiento, su tamaño, tolerancias, tipo de jaula, carga aplicada, condiciones de lubricación y condiciones de enfriamiento.

- Tolerancias de los rodamientos

Los rodamientos rígidos de bolas, los de bolas a contacto angular y los de rodillos cilíndricos se recomiendan para alta precisión rotacional.

- Rigidez

Deformaciones elásticas, ocurren a lo largo de la superficie de contacto de los elementos rodantes y las pistas de un rodamiento bajo carga. Con ciertos tipos de equipos, se necesitan reducir esta deformación al mínimo posible.

- Desalineamiento de los anillos interiores y exteriores

La flexión del eje, variaciones en la precisión del eje o el alojamiento y los errores de montaje, resultan en un cierto grado de desalineamiento entre los



anillos interior y exterior del rodamiento. En caso en donde el grado de desalineamiento es relativamente grande, los rodamientos autoalineables de bolas, los rodamientos de rodillos esféricos o las chumaceras, con propiedades de autoalineamiento son las selecciones más apropiadas.

- Ruido y niveles de torque

Los rodamientos son fabricados y procesados de acuerdo a altos estándares de precisión y por lo tanto, generalmente producen solamente pequeños niveles de ruido y torque. Para aplicaciones que requieren particularmente un bajo ruido o bajo torque de operación, los rodamientos rígidos de bolas y los rodamientos de rodillos cilíndricos son la elección más apropiada.

### **2.9.5. Bombas de distribución de aceite**

Las bombas de distribución se debe de verificar el flujo hacia las cajas reductoras y las bombas de engranajes, se realiza una inspección visual para evitar que las ruedas dentadas se atranque y hayan paros bruscos en el proceso, si una caja de engranes se atranca puede quebrar las tracciones y hacer daños en el castillo, por ello es un punto crítico que se debe inspeccionar con frecuencia.

### **2.9.6. Bombas de distribución de agua**

Cada pase del molino necesita un caudal de agua el cual debe ser distribuido desde los tanques de agua hasta los castillo, por ello se debe de considerar el número de debastes, preparadores y continuos para poder establecer el caudal a necesitar, con ello se instalan las bombas de agua que

se encarguen de distribuir el caudal necesario que mantengan la temperatura de los rodillos debajo de los 60 grados centígrados.

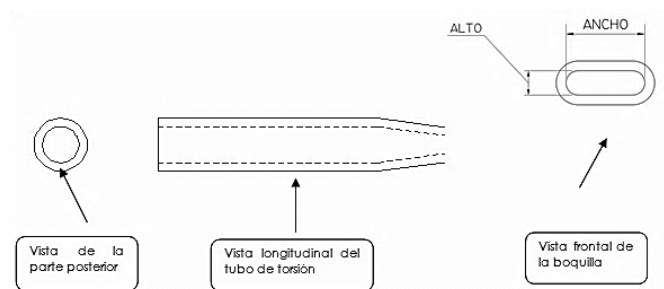
### 2.9.7. Tubos guías de salidas

Es aquel elemento que se utiliza con la finalidad de dirigir el recorrido del hierro producto del proceso de laminado para que este no se desvíe o doble. La figura de la sección transversal del material que se necesita guiar es parecida a un cuadro, rombo o en el caso especial, de la salida del último castillo, el cual le da la forma corruga a la varilla.

Estos tubos tienen medidas específicas en cuanto a la longitud, diámetro interno, diámetro externo, el ángulo del cono interno frontal y los picos frontales, según sea la medida de hierro corrugado a producir K-340, PK-345, 3/8" Leg, PK-445, 1/2" Leg, 5/8" Leg, 3/4" Leg, 1" Leg) el área en donde se utilizarán.

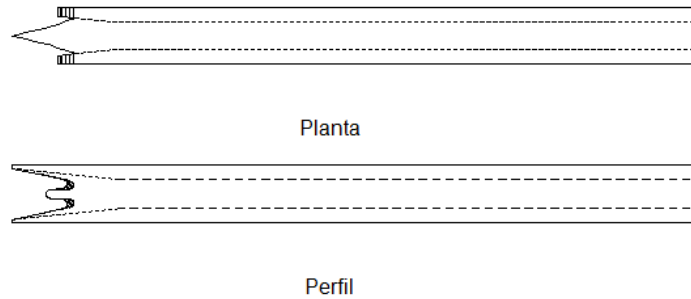
Actualmente los tubos guías son utilizados en la Planta de Laminación en los castillos laminadores, preparador 2, preparador 4, preparador 6, continuo 1, continuo 3, continuo 4.

Figura 11. Diagrama de tubo de torsión



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 12. **Diagrama de tubo guía**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

### **2.9.8. Tracciones**

Para la elección de las tracciones se debe de considerar el largo, la potencia del motor, el número de pase en el molino, la reducción de área transversal y los acoples a emplear.

### **2.9.9. Filtros de agua y aceite**

De ellos depende que el agua que llegue a los rodillos llegue con el menor porcentaje de escoria y aceite, esto con la finalidad de evitar que los rodillos acorten su tiempo de vida útil.

### **2.10. Procedimientos estándar de operación**

Durante el proceso de operación se producen una serie de mermas, algunas se producen durante paros de producción, otras durante la calibración del molino y las que se generan como parte del proceso, entre ellas se pueden mencionar, chatarra no relaminable, punta y cola, punta de varilla y el retazo de varilla.

### 2.10.1. Manejo de mermas producida durante el proceso

Son las varillas que poseen alguno de los defectos físicos antes mencionados tales como ribete, aleta, varilla cruzada, picado de varilla, etc., y que no pueden sacarse al mercado.

- Producto en proceso

Con la intención de salvaguardar la calidad de los productos ofrecidos. Las varillas que fueran degradadas a chatarra son seccionadas a una longitud en las cuales no puedan ser comercializados como productos de primera calidad.

- Producto en retazo

Según las especificaciones del mercado, la longitud mínima que debe de poseer una varilla de acero para ser clasificada como retazo debe ser el límite mínimo indicado en la tabla de límites de longitud para clasificación de chatarra y retazo.

Tabla XI. **Límite de longitud clasificación de chatarra**

Tabla de límites de longitud para clasificación de chatarra y retazo (metros)				
Varilla No.	Chatarra		Retazo	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
2	0,01	1,50	1,50	5,97
3	0,01	1,89	1,90	5,97
4	0,01	1,89	1,90	5,97
5	0,01	2,49	2,50	5,97
6	0,01	2,49	2,50	5,97
7	0,01	2,49	2,50	5,97
8	0,01	2,49	2,50	5,97

Fuente: elaboración propia.

Las varillas clasificadas como retazo deben encontrarse entre los límites establecidos en la tabla y las que no cumplan son degradadas a chatarra las cuales serán seccionadas a una medida que no puedan ser comercializadas como varillas de primera calidad.

- Punta y cola

Esta merma se genera en el corte de la cizalla, el cortar la punta y la cola del material en el proceso garantiza que el material ingresara sin mayor dificultad al siguiente pase y evitar trabones en la salida del mismo.

- Escoria

La escoria se genera en la reducción del cuadro de 120 X 120 milímetros en los diferentes pases, iniciando desde el debaste 20 y finalizando en continuo 8 que es el que le proporciona los acabados finales a la varilla. Estas mermas son pesadas en el día y son contabilizadas por *ticket* que emite báscula y son ingresadas en el reporte mensual de producción y que refleja la productividad del día y el porcentaje de materia prima utilizada comparada con la utilizada.

### **2.10.2. Cambio de rodillos de laminación**

Para el cambio de rodillos de laminación se cuenta con un programa de cambio, tomando en cuenta el tiempo de vida útil del rodillo, además considerando el desgaste al que se somete dependiendo del castillo en cual está instalado. Entre las principales causas por las que se realizaría un cambio de rodillos están:

- Aparición de grietas
- Rajadura
- Quebraduras
- Desgaste

### **2.10.3. Verificación de calibre en rodillos de laminación**

Los rodillos se calibran con cada cambio de medida, se realiza en el taller de máquinas y herramientas, se monta en un torno donde se le da su forma cilíndrica para posteriormente realizarle los surcos en la máquina corrugadora, para ello existen planos para cada medida.

### **2.10.4. Corruca del rodillo**

Se realiza en la máquina corrugadora, para ello hay planos de calibración que indican la profundidad, ancho y separación dependiendo de la medida que se vaya a producir.

### **2.10.5. Calibración de cambio de medida**

Cuando se realiza la calibración del molino para las diferentes medidas se debe tener en consideración la altura y el ancho de la figura a continuación se presentan las tablas con las medidas que se deben obtener en preparadores y continuos para las diferentes medidas

Tabla XII. **Calibración de medida**

PK - 345, 8.2 mm					
	ALTO	ANCHO	REDUCCIONES DE AREAS		
P5	19.0 mm	52.9 mm			
P6	31.0 mm	24.3 mm	562 mm <sup>2</sup>	580 mm <sup>2</sup>	597 mm <sup>2</sup>
C0	13.8 mm	35.0 mm	373 mm <sup>2</sup>	385 mm <sup>2</sup>	396 mm <sup>2</sup>
C1	21.3 mm	16.8 mm	270 mm <sup>2</sup>	278 mm <sup>2</sup>	286 mm <sup>2</sup>
C2	10.5 mm	25.0 mm	206 mm <sup>2</sup>	212 mm <sup>2</sup>	219 mm <sup>2</sup>
C3	16.6 mm	13.2 mm	169 mm <sup>2</sup>	174 mm <sup>2</sup>	179 mm <sup>2</sup>
C4	12.6 mm	18.2 mm	136 mm <sup>2</sup>	140 mm <sup>2</sup>	145 mm <sup>2</sup>
C5	7.8 mm	18.7 mm	119 mm <sup>2</sup>	123 mm <sup>2</sup>	126 mm <sup>2</sup>
C6	12.4 mm	9.8 mm	94 mm <sup>2</sup>	97 mm <sup>2</sup>	100 mm <sup>2</sup>
C7	6.2 mm	16.0 mm	78 mm <sup>2</sup>	80 mm <sup>2</sup>	83 mm <sup>2</sup>
PK - 445, 11.2 mm					
	ALTO	ANCHO	REDUCCIONES DE AREAS		
P5	19.5 mm	52.9 mm			
P6	30.8 mm	24.1 mm	540 mm <sup>2</sup>	557 mm <sup>2</sup>	573 mm <sup>2</sup>
C0	14.8 mm	35.0 mm	406 mm <sup>2</sup>	419 mm <sup>2</sup>	431 mm <sup>2</sup>
C1	23.2 mm	18.2 mm	309 mm <sup>2</sup>	319 mm <sup>2</sup>	328 mm <sup>2</sup>
C2	12.1 mm	25.0 mm	245 mm <sup>2</sup>	253 mm <sup>2</sup>	260 mm <sup>2</sup>
C3	17.2 mm	13.6 mm	177 mm <sup>2</sup>	183 mm <sup>2</sup>	188 mm <sup>2</sup>
C4	13.2 mm	18.2 mm	147 mm <sup>2</sup>	151 mm <sup>2</sup>	156 mm <sup>2</sup>
C5	8.4 mm	22.0 mm	137 mm <sup>2</sup>	141 mm <sup>2</sup>	145 mm <sup>2</sup>
3/8 LEG					
	ALTO	ANCHO	REDUCCIONES DE AREAS		
P5	20.5 mm	52.9 mm			
P6	32.0 mm	34.0 mm	623 mm <sup>2</sup>	643 mm <sup>2</sup>	662 mm <sup>2</sup>
C0	16.1 mm	35.0 mm	450 mm <sup>2</sup>	464 mm <sup>2</sup>	478 mm <sup>2</sup>
C1	23.4 mm	25.0 mm	341 mm <sup>2</sup>	352 mm <sup>2</sup>	362 mm <sup>2</sup>
C2	12.8 mm	25.0 mm	262 mm <sup>2</sup>	270 mm <sup>2</sup>	278 mm <sup>2</sup>
C3	18.2 mm	14.3 mm	198 mm <sup>2</sup>	204 mm <sup>2</sup>	210 mm <sup>2</sup>
C4	14.1 mm	20.2 mm	172 mm <sup>2</sup>	177 mm <sup>2</sup>	182 mm <sup>2</sup>
C5	9.4 mm	22.0 mm	158 mm <sup>2</sup>	163 mm <sup>2</sup>	167 mm <sup>2</sup>
C6	14.0 mm	10.9 mm	125 mm <sup>2</sup>	129 mm <sup>2</sup>	133 mm <sup>2</sup>
C7	7.5 mm	17.0 mm	102 mm <sup>2</sup>	105 mm <sup>2</sup>	108 mm <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.10.6. Utilización de equipo de seguridad industrial en el proceso de producción**

Debido a que el proceso de producción de varilla es un proceso de alta peligrosidad se cuenta con una cuadrilla de seguridad industrial que se encarga de velar por el cumplimiento de las normas específicas para cada puesto.

En el proceso de producción es de uso obligatorio el casco, lentes, orejeras y guantes de seguridad industrial, así como también en el proceso de calibración de los rodillos debe llevarse a cabo mediante el bloqueo y etiquetado de maquinaria para evitar accidentes que puedan dañar la integridad física del trabajador.

Para los trabajos en altura se lleva un proceso de utilización de arnés, colocación de línea de vida, delimitación de área de trabajo y autorización de la realización del trabajo por parte del jefe inmediato. Se cuenta con una señalización peatonal para evitar accidentes por el paso de cargadores frontales y camiones encargados de trasladar producto terminado.

#### **2.10.7. Control de producción**

Se realiza desde cabina central por medio de un proceso automatizado, en ella se lleva el control de la temperatura del horno laminador, revoluciones de los motores, potencia, niveles de aceite de las cajas reductora, corte de las cizallas y cierre de los freno colas.



#### **2.10.8. Empaquetado del producto**

Se realiza atreves de atados que es un grupo de líos con determinado número de varillas dependiendo de la media todos los atados representan 2 toneladas teóricas.

#### **2.10.9. Trazabilidad del producto**

Se realiza por medio de etiquetado de líos, que indican el número de etiqueta, fecha en la que se procesó, tipo de varilla y grado del material que se procesó.

#### **2.11. Planes de acción y correcciones durante el proceso**

Este proceso se realiza para la temperatura del molino, cambio de calibre, velocidades de los motores y luz entre rodillos de los castillos laminadores, con la finalidad de evitar paros programados.

#### **2.12. Análisis de registros y *checklist* de control de los parámetros de funcionalidad de los equipos**

Se analizaran los registros y listas de verificación, para temperatura de rodillos, temperatura del horno laminador, revoluciones, potencia de los motores, calibración del molino en general.

### **2.13. Cumplimiento de Norma Coguanor para fabricación de materiales para la construcción**

Estas normas se deben de cumplir para las pruebas mecánicas y físicas del producto terminado dependiendo de la medida que se haya producido, estas normas se estarán mencionando posteriormente en los análisis mecánicos del producto del capítulo tres específicamente en las pruebas de tensión deformación.

### **2.14. Realización de pruebas de resistencia del material**

Estas pruebas se realizan en el laboratorio de control de calidad con ayuda de una máquina de pruebas de tensión deformación, además de ello se avalan por medio de certificados que son emitidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **2.15. Límite de proporcionalidad**

El ensayo de tracción de un material, consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Las velocidades de deformación en un ensayo de tensión suelen ser muy pequeñas. Es el mayor esfuerzo en el que el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación.

#### **2.15.1. Límite de cedencia**

Es el punto en el cual la deformación del material se produce sin incremento sensible del esfuerzo. El límite de fluencia es el nivel de tensión a

partir del cual el material elástico lineal se deforma plásticamente en un ensayo de uniaxial de tracción.

### **2.15.2. Limite elástico**

También denominado límite de elasticidad y límite de fluencia, es la tensión máxima que un material elastoplástico puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.

### **2.15.3. Tensión máxima**

Es el esfuerzo que un material, puede resistir antes de llegar al punto de ruptura. La tensión de ruptura se obtiene por lo general realizando un ensayo de tracción y registrando la tensión en función de la deformación (o alargamiento); el punto más elevado de la curva tensión-deformación es la tensión de ruptura.



### **3. PROPUESTA DE VALIDACIÓN DE PROCESOS COMO UN MÉTODO DE REDUCCIÓN DE MERMAS POR PRODUCTO NO CONFORME Y MATERIA PRIMA NO PROCESADA POR INTERRUPCIÓN DE CONTINUIDAD DE PRODUCCIÓN**

#### **3.1. Planeación de proceso de validación**

Se realizará una evaluación de las especificaciones del proveedor en lo referente a la instalación de la maquinaria, se revisará planos de instalación, listas de chequeo de mantenimiento, tiempo de vida de los equipos, etc. Para determinar la instalación correcta del equipo, luego se sugerirán correcciones si se detecta algún punto de no conformidad.

Luego de haberse procedido a realizar las correcciones se procederá a verificar los parámetros de funcionalidad del equipo tales como presión de aire comprimido, caudal de agua, entre otros parámetros críticos que se consideren importantes evaluar, luego se procederá a evaluar el producto para garantizar que la maquinaria está contribuyendo a mantener las características principales del producto.

#### **3.1.1. Determinación de puntos críticos de variación e interrupción de ritmo**

Se procedió a realizar un análisis con el respaldo del libro de paros de producción, se ingresaron los datos por área del proceso establecidas para un mejor análisis, y se integraron los meses de marzo a diciembre para determinar la incidencia de los paros y poder establecer las áreas en donde se enfoca la validación del proceso.

### **3.1.1.1. Lluvia de ideas sobre causas de variabilidad e interrupción de ritmo de producción**

Se conversó con los responsables de la continuidad del proceso de producción con la finalidad de obtener más información de las posibles causas de la interrupción en el proceso, en donde las posibles causas podrían ser atribuidas a las siguientes situaciones:

- Mantenimiento de la maquinaria mal realizado.
- Repuestos de mala calidad.
- Desconocimiento del proceso de producción.
- Descuido por parte de los operadores.
- Alineación de la maquinaria incorrecta.
- Calibración del molino deficiente.
- Fallas en motores eléctricos de los castillos.
- Mala lubricación de la maquinaria.
- Temperatura del horno fuera de los parámetros de aceptación.
- Alta vibración en los castillo laminadores, cajas reductoras y motores eléctricos.
- Lubricación deficiente en los equipos.
- Ingreso de parámetros en el servidor incorrectos.
- Materia prima no cumple con las especificaciones de calidad requeridas.

### 3.1.1.2. Análisis de registros del proceso

Se procedió a análisis historial de los principales registros de la empresa en lo referente al proceso de producción, se analizó el libro de paros no programados ubicado en cabina central, se revisó tanto el digital como el físico para determinar el área con mayor número de paros no programados y poder enfocar los análisis a dicha área, se procedió a revisar registros de calibraciones de molino, vibraciones de motores, temperaturas, mantenimientos realizados, historial de accidentes dentro de la empresa, etc.

### 3.1.1.3. Bitácoras de mantenimiento

Se utilizaron las bitácoras para determinar las reparaciones o mantenimiento realizado a los equipos, repuestos empleados y las observaciones de la realización de dicho trabajo, a continuación se detalla la información que se pudo obtener de las bitácoras de mantenimiento:

Tabla XIII. Diagrama de la bitácora de mantenimiento

Máquina	Castillo Morgan, Continuo #8
Mantenimiento	Revisión de cabezales, engranajes, ejes, cojinetes. Graduación de alturas. Se cortaron tornillos o espárragos dañados. Se cortó material para fabricar piezas en tornos y realizar ampliación. Se realizó cambio de cojinete dañado en cabezal y cambio de retenedores en malas condiciones. Se desarmó y mando a tornos tornillo sin fin de graduación de altura de rodillo inferior para realizar injerto de prolongación. Se cambiaron tornillos malos. Se realizó pintura general.
Repuesto	1 retenedor 3x2x3/8" 3 retenedores 1 5/8x2 5/8x3/8 1 cojinete NV09 12 tornillos Allen 5/8x1 1/2"
Personal	Gustavo Palencia
Tiempo	Un día
Fecha	16 de enero del 2011

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.4. Libros de paros

Se realizó un análisis de paros en las diferentes áreas los cuáles fueron tabulados para una mejor interpretación, estos datos fueron obtenidos del libro de paros en el que se registra el tiempo que duro el paro, área en el que ocurrió el paro no programado y explicación del paro, a continuación se presentan los paros y la incidencia en cada área:

Tabla XIV. Detalle de tiempos, paros no programados

No	AREA	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Molino (calibración)	412 min	288 min	271 min	334 min	299 min	148 min	255 min	695 min	229 min	225
2	Continuo 5	398 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	19 min	42 min	0 min	0 min
3	Continuo 8	279 min	0 min	227 min	246 min	187 min	0 min	183 min	0 min	115 min	95 min
4	Sub-estaciones	205 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min
5	DESGASTE 20	195 min	261 min	31 min	69 min	37 min	15 min	45 min	76 min	16 min	90 min
6	Arrastrador	124 min	53 min	25 min	4 min	30 min	0 min	0 min	12 min	4 min	0 min
7	Horno	88 min	48 min	55 min	37 min	58 min	108 min	335 min	251 min	131 min	145 min
8	CV-20	83 min	214 min	98 min	79 min	119 min	0 min	52 min	76 min	66 min	6 min
9	CV-40	73 min	61 min	14 min	93 min	0 min	11 min	2 min	28 min	0 min	0 min
10	Repetidores	73 min	0 min	4 min	4 min	5 min	0 min	0 min	4 min	5 min	0 min
11	Preparador 6	61 min	103 min	27 min	52 min	50 min	0 min	0 min	6 min	24 min	28 min
12	Cama de enfriamiento	45 min	52 min	45 min	45 min	131 min	218 min	25 min	0 min	19 min	22 min
13	Frenacolas	43 min	12 min	182 min	48 min	55 min	0 min	33 min	0 min	0 min	21 min
14	Flipones	41 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min
15	Cabina de Control	38 min	4 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	21 min
16	Continuo 7	32 min	0 min	0 min	0 min	16 min	0 min	24 min	0 min	0 min	12 min
17	Continuo 6	30 min	0 min	43 min	0 min	0 min	0 min	0 min	84 min	0 min	0 min
18	CV-30	30 min	0 min	0 min	0 min	0 min	84 min	0 min	0 min	0 min	0 min
19	Continuo 0	20 min	31 min	0 min	28 min	0 min	190 min	0 min	19 min	31 min	22 min
20	Continuo 2	17 min	10 min	0 min	4 min	19 min	0 min	0 min	99 min	0 min	64 min
21	Preparador 2	8 min	11 min	3 min	1 min	0 min	0 min	0 min	9 min	20 min	6 min
22	Preparador 5	7 min	102 min	56 min	0 min	35 min	20 min	0 min	3 min	0 min	18 min
23	Formabucles	7 min	7 min	0 min	26 min	0 min	9 min	0 min	0 min	0 min	4 min
24	Continuo 1	0 min	59 min	0 min	27 min	0 min	32 min	8 min	17 min	29 min	0 min
25	Preparador 3	0 min	0 min	2 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	27 min	0 min
26	Continuo 4	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	4 min	13 min	0 min	0 min
27	Preparador 1	0 min	5 min	26 min	0 min	47 min	0 min	0 min	0 min	65 min	0 min
28	Amarre	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min
29	Preparador 4	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	0 min	11 min	0 min	0 min
30	CV-60	0 min	0 min	0 min	4 min	38 min	19 min	0 min	33 min	48 min	1 min
31	Continuo 3	0 min	0 min	0 min	0 min	10 min	0 min	78 min	0 min	0 min	0 min

Fuente: elaboración propia.



### 3.1.1.5. Registros de calibración

Estos son los registros que se llevan en cabina central, son ingresados los parámetros en el software y automáticamente calcula la velocidad, área, porcentaje de reducción.

Tabla XV. **Recolección de datos de calibración**

		S.T.B	S.T.B. ACTUAL	10/02/2010 D	11/02/2010 D	12/02/2010 D	13/02/2010 D
P6	Alto	28,7	29,4	29,2 mm	29,4 mm	29,6 mm	29,2 mm
	Ancho	22,6	23,9	23,6 mm	23,9 mm	23,9 mm	23,8 mm
C0	Alto	13,4	13,1	13,2 mm	13,1 mm	13,2 mm	13,1 mm
	Ancho	35	41,2	40,4 mm	41,2 mm	41,3 mm	40,8 mm
C1	Alto	21	21	20,9 mm	20,6 mm	21,0 mm	20,8 mm
	Ancho	16,6	16,6	16,6 mm	16,3 mm	16,6 mm	16,7 mm
C2	Alto	10,5	11	11,0 mm	11,0 mm	11,7 mm	10,8 mm
	Ancho	25	21,7	22,4 mm	21,7 mm	23,0 mm	22,3 mm
C3	Alto	15,6	15,4	15,7 mm	15,4 mm	15,2 mm	15,7 mm
	Ancho	12,7	12,7	13,4 mm	12,7 mm	12,7 mm	13,0 mm
C4	Alto	12	11,5	11,6 mm	11,5 mm	11,2 mm	11,0 mm
	Ancho	18,2	17,3	18,0 mm	17,3 mm	17,3 mm	20,6 mm
C5	Alto	6,9	6,9	6,8 mm	6,6 mm	6,9 mm	6,9 mm
	Ancho	18,7	20,4	21,4 mm	21,0 mm	20,4 mm	20,7 mm
C6	Alto	12	11,5	11,5 mm	11,5 mm	11,7 mm	11,6 mm
	Ancho	9,4	9,8	9,8 mm	9,7 mm	9,8 mm	9,9 mm
C7	Alto	5,8	5,9	6,0 mm	5,9 mm	5,9 mm	5,8 mm
	Ancho	14,8	11,3	15,8 mm	15,3 mm	15,4 mm	15,6 mm
				226 TT	292 TT	280 TT	268 TT
				86,26%	111,45%	106,87%	102,29%

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Software para cálculo de calibraciones

**ASJA CALCULO DE CAUBRACIONES**

Fecha: 12/02/2010 07:29:37 **68.78 lbs**  
 Medida: K-340

	FRA	FRA	CV-20	ArrCV-20	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Prep.
Ø	260	256	1150	253	323	282	344	357	317	312	261	294	414	420
RPMs	1498	1490	1267	1855	1544	1572	1305	1281	1362	1216	1449	740	520	629
Peso (grs)					59.8	74.4	90.6	106.9	127.5	158.1	216	282	375.1	572.6
LARGO (cms)					16.1	13.2	13.2	13.1	13.1	13.2	13.2	13.3	13.1	13.2
Veloc.	29.38 m/s	19.96 m/s	21.10 m/s	19.82 m/s	18.37 m/s	14.27 m/s	11.74 m/s	9.27 m/s	7.53 m/s	5.8 m/s	4.39 m/s	3.25 m/s	2.25 m/s	1.52 m/s
Area	67.3 mm²	47.3 mm²	67.3 mm²	67.3 mm²	67.3 mm²	71.8 mm²	87.4 mm²	102.9 mm²	123.9 mm²	152.5 mm²	206.4 mm²	270.1 mm²	364.7 mm²	552.5 mm²
Estado	18.9 % tension	8.6 % tension	15.2 % tension	tension	17.9 % lazo	9.1 % lazo	6.5 % tension	3.2 % tension	5.4 % tension	2.4 % lazo	6.2 % tension	6.9 % tension	2.3 % lazo	
Reduccion					34.1 %	17.8 %	15.8 %	16.1 %	18.7 %	24.8 %	22.8 %	25.9 %	32.9 %	

**ASJA CALCULO DE CAUBRACIONES**

Fecha: 11/02/2010 08:07:06 **67.82 lbs**  
 Medida: K-340

	FRA	FRA	CV-20	ArrCV-20	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Prep.
Ø	260	256	1150	253	323	282	344	357	317	312	261	294	414	420
RPMs	1496	1269	1263	1854	1543	1577	1319	1290	1310	1195	1448	741	521	630
Peso (grs)					56.4	71.6	76.9	100.9	121.8	146.6	208.8	246.9	336.4	484.3
LARGO (cms)					15.4	12.9	11.3	12.5	12	12.2	12.8	12	11.9	11.5
Veloc.	29.35 m/s	17 m/s	21.11 m/s	19.82 m/s	18.34 m/s	14.32 m/s	11.87 m/s	9.34 m/s	7.24 m/s	5.7 m/s	4.39 m/s	3.25 m/s	2.25 m/s	1.52 m/s
Area	66.6 mm²	46.6 mm²	66.6 mm²	66.6 mm²	66.6 mm²	70.7 mm²	86.6 mm²	102.9 mm²	129.2 mm²	157 mm²	207.8 mm²	270.1 mm²	364.7 mm²	536.4 mm²
Estado	18.8 % tension	8.6 % lazo	14.9 % tension	tension	18.3 % lazo	1.5 % lazo	7 % tension	2.6 % tension	7.2 % tension	4.4 % lazo	7 % tension	5.1 % tension	0.6 % lazo	
Reduccion					34 %	18.3 %	15.7 %	20.4 %	15.5 %	24.3 %	20.7 %	27.2 %	32.8 %	

**ASJA CALCULO DE CAUBRACIONES**

Fecha: 13/02/2010 08:53:45 **67.5 lbs**  
 Medida: K-340

	FRA	FRA	CV-20	ArrCV-20	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Prep.
Ø	260	256	1150	253	323	282	344	357	317	312	261	294	414	420
RPMs	1501	1494	1263	1854	1548	1577	1309	1295	1384	1237	1484	791	534	661
Peso (grs)					61.6	82.7	107	117.6	157.2	186.8	217.9	273.2	363.7	522
LARGO (cms)					16.9	14.5	15.2	14.3	15.6	14.7	13.4	13.1	12.8	12.2
Veloc.	28.42 m/s	20.01 m/s	21.11 m/s	19.82 m/s	18.42 m/s	14.32 m/s	11.78 m/s	9.37 m/s	7.65 m/s	5.9 m/s	4.5 m/s	3.47 m/s	2.31 m/s	1.59 m/s
Area	66.4 mm²	46.4 mm²	66.4 mm²	66.4 mm²	66.4 mm²	72.4 mm²	89.6 mm²	104.7 mm²	128.3 mm²	161.8 mm²	207.1 mm²	265.8 mm²	341.9 mm²	545 mm²
Estado	18.8 % tension	8.6 % tension	14.6 % tension	tension	21.4 % lazo	1.5 % lazo	7.3 % tension	8 % lazo	2.8 % tension	2.4 % tension	1.1 % tension	18.2 % tension	3.4 % lazo	
Reduccion					36 %	18.9 %	14.4 %	18.3 %	20.7 %	21.8 %	32 %	24.4 %	33.5 %	

Continuación de la figura 13.

ASSA CALCULO DE CAUBRACIONES														
Fecha:		10/02/2010		10:46:47		<b>67.8 lbs</b>								
Medida:		K-340												
	FRA	FRA	CV-20	ArrCV-20	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Cont.	Prep.	
<b>Ø</b>	260	256	1150	253	323	298	344	357	317	312	261	294	414	420
<b>RPMs</b>	1500	1492	1261	1853	1540	1490	1287	1238	1268	1180	1427	741	526	659
<b>Peso (grs)</b>					67	69.4	97.8	121.6	146.7	158.9	214.6	285.4	380.3	546.2
<b>LARGO (cms)</b>					18.3	12.5	14.3	14.7	14.2	13.2	13.2	13.7	13.7	12.8
<b>Veloc.</b>	20.41 m/s	19.98 m/s	21.00 m/s	19.01 m/s	18.33 m/s	14.29 m/s	11.50 m/s	8.96 m/s	7.01 m/s	5.63 m/s	4.33 m/s	3.25 m/s	2.27 m/s	1.59 m/s
<b>Area</b>	66.6 mm²	66.6 mm²	66.6 mm²	66.6 mm²	66.6 mm²	70.7 mm²	97.1 mm²	105.3 mm²	131.6 mm²	153.3 mm²	207.1 mm²	265.3 mm²	353.6 mm²	543.5 mm²
<b>Estado</b>	11.3 % tension	9 % tension	15 % tension	tension	10.2 % lazo	8.1 % tension	4.9 % tension	2.2 % tension	4.8 % tension	3.9 % lazo	4 % tension	7.4 % tension	7.6 % lazo	7.6 % lazo
<b>Reducción</b>					34 %	18.8 %	17.2 %	19.9 %	14.1 %	25.9 %	21.9 %	24.9 %	34.9 %	

Fuente: elaboración propia, con software de ASSA.

### 3.1.1.6. Análisis de pesos

Se realizó un análisis de pesos para la medida de varilla corrugada que más se produce y comercializa en el mercado la medida es PK- 345 peso físico aprobado 76,8 libras. Este análisis se realiza por medio de la toma de tres segmentos de varilla, se toma una muestra de la varilla 5, varilla 10 y varilla 15, luego se procede a realizar el análisis de pesos, este control de calidad se realiza en un programa y se obtiene el promedio del día y la gráfica, es este caso se calculó en una hoja de Excel para mejor apreciación de los resultados obtenidos, a continuación los resultados y la gráfica obtenida:

Tabla XVI. **Tablas para el análisis de peso, varilla 5**

VRS./qq:	14,00					
Longitud:	6,00					
Medida:	8,20					
no. De muestras : 29						
criterio de muestreo: 3 muestras de cada lingote ( varilla 5, 10 y 15)						
<b>VARILLA 5</b>						
MUESTRA	PESO (real) grs	LONGITUD (cms)	PESO(teórico) grs	PESO(varilla)grs	PESO(14varillas) grs	PESO(14varilla) lbs
1	46,9	11,2	46,45	2 512,50	35 175,00	77,55
2	47,5	11,42	47,36	2 495,62	34 938,70	77,03
3	46,4	11,24	46,61	2 476,87	34 676,16	76,45
4	47,6	11,77	48,81	2 426,51	33 971,11	74,89
5	48,5	11,67	48,40	2 493,57	34 910,03	76,96
6	47,2	11,55	47,90	2 451,95	34 327,27	75,68
7	49,6	11,89	49,31	2 502,94	35 041,21	77,25
8	50	11,92	49,43	2 516,78	35 234,90	77,68
9	48,8	11,71	48,56	2 500,43	35 005,98	77,17
10	50,2	11,66	48,36	2 583,19	36 164,67	79,73
11	49,6	11,94	49,52	2 492,46	34 894,47	76,93
12	49,8	11,84	49,10	2 523,65	35 331,08	77,89
13	47	11,29	46,82	2 497,79	34 969,00	77,09
14	47,7	11,5	47,69	2 488,70	34 841,74	76,81
15	48,4	11,52	47,78	2 520,83	35 291,67	77,80
16	49,5	11,45	47,49	2 593,89	36 314,41	80,06
17	49	11,58	48,02	2 538,86	35 544,04	78,36
18	48,2	11,7	48,52	2 471,79	34 605,13	76,29
19	50,4	11,97	49,64	2 526,32	35 368,42	77,97
20	48	11,54	47,86	2 495,67	34 939,34	77,03
21	47,5	11,59	48,07	2 459,02	34 426,23	75,90
22	50	11,94	49,52	2 512,56	35 175,88	77,55
23	48,4	11,68	48,44	2 486,30	34 808,22	76,74
24	48,3	11,78	48,85	2 460,10	34 441,43	75,93
25	49,3	11,67	48,40	2 534,70	35 485,86	78,23
26	48,5	11,76	48,77	2 474,49	34 642,86	76,37
27	46,2	11,49	47,65	2 412,53	33 775,46	74,46
28	49,6	11,64	48,27	2 556,70	35 793,81	78,91
29	47,4	11,53	47,82	2 466,61	34 532,52	76,13

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Tablas para el análisis de peso, varilla 10**

VARILLA 10					
PESO (real) grs	LONGITUD (cms)	PESO(teórico) )grs	PESO(varilla) grs	PESO(14varillas ) grs	PESO(14 varillas)lbs
55,4	13,21	54,78	2 516,28	35 227,86	77,66
54,8	13,4	55,57	2 453,73	34 352,24	75,73
54,5	13,16	54,58	2 484,80	34 787,23	76,69
54	13	53,91	2 492,31	34 892,31	76,92
56,8	13,31	55,20	2 560,48	35 846,73	79,03
53,7	13,16	54,58	2 448,33	34 276,60	75,57
53,7	13,22	54,83	2 437,22	34 121,03	75,22
57	13,38	55,49	2 556,05	35 784,75	78,89
54,8	13,55	56,19	2 426,57	33 971,96	74,89
54,4	13,06	54,16	2 499,23	34 989,28	77,14
56,2	13,53	56,11	2 492,24	34 891,35	76,92
56,4	13,35	55,37	2 534,83	35 487,64	78,24
54,8	13,21	54,78	2 489,02	34 846,33	76,82
55,9	13,43	55,70	2 497,39	34 963,51	77,08
56,6	13,27	55,03	2 559,16	35 828,18	78,99
55	13,36	55,41	2 470,06	34 580,84	76,24
55,1	13,33	55,28	2 480,12	34 721,68	76,55
54,6	13,3	55,16	2 463,16	34 484,21	76,02
56,1	13,35	55,37	2 521,35	35 298,88	77,82
56,3	13,44	55,74	2 513,39	35 187,50	77,57
55,4	13,33	55,28	2 493,62	34 910,73	76,96
55,6	13,46	55,82	2 478,45	34 698,37	76,50
53,6	13,12	54,41	2 451,22	34 317,07	75,65
55,3	13,22	54,83	2 509,83	35 137,67	77,46
57,5	13,57	56,28	2 542,37	35 593,22	78,47
54	13,32	55,24	2 432,43	34 054,05	75,08
55	13,14	54,49	2 511,42	35 159,82	77,51
55,5	13,33	55,28	2 498,12	34 973,74	77,10
57,3	13,71	56,86	2 507,66	35 107,22	77,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Tablas para el análisis de peso, varilla 15**

<b>VARILLA 15</b>					
<b>PESO (real) grs</b>	<b>LONGITUD cms</b>	<b>PESO(teórico) grs</b>	<b>PESO(varilla) grs</b>	<b>PESO(14varillas) grs</b>	<b>PESO(14 varillas) lbs</b>
62	15,2	63,04	2 447,37	34 263,16	75,54
62,8	15	62,21	2 512,00	35 168,00	77,53
63	15,27	63,33	2 475,44	34 656,19	76,40
62,9	15,14	62,79	2 492,73	34 898,28	76,94
63,7	15,27	63,33	2 502,95	35 041,26	77,25
60,7	15,15	62,83	2 403,96	33 655,45	74,20
64,3	15,32	63,54	2 518,28	35 255,87	77,72
63	15,15	62,83	2 495,05	34 930,69	77,01
62,6	15,21	63,08	2 469,43	34 571,99	76,22
62,8	15,37	63,74	2 451,53	34 321,41	75,66
62,3	15,2	63,04	2 459,21	34 428,95	75,90
62,4	15,32	63,54	2 443,86	34 214,10	75,43
63,3	15,26	63,29	2 488,86	34 844,04	76,82
63,4	15,27	63,33	2 491,16	34 876,23	76,89
62,9	15,04	62,37	2 509,31	35 130,32	77,45
63,2	15,23	63,16	2 489,82	34 857,52	76,85
64,5	15,22	63,12	2 542,71	35 597,90	78,48
61,6	15,14	62,79	2 441,22	34 177,01	75,35
61,7	15,1	62,62	2 451,66	34 323,18	75,67
63,2	15,34	63,62	2 471,97	34 607,56	76,30
60,4	14,94	61,96	2 425,70	33 959,84	74,87
65,1	15,18	62,95	2 573,12	36 023,72	79,42
64,4	15,05	62,42	2 567,44	35 944,19	79,24
62,4	15,1	62,62	2 479,47	34 712,58	76,53
62,9	15,21	63,08	2 481,26	34 737,67	76,58
64,5	15,44	64,03	2 506,48	35 090,67	77,36
62,7	15,18	62,95	2 478,26	34 695,65	76,49
65,3	15,22	63,12	2 574,24	36 039,42	79,45
62,5	15,18	62,95	2 470,36	34 584,98	76,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Peso promedio según el tipo de varilla**

PESO PROMEDIO DE LAS 3 VARILLAS					
MUESTRA	PESO PROMEDIO (lbs)	LIMITE INFERIOR	MEDIO	LIMITE SUPERIOR	DIFERENCIA ENTRE MUESTRAS
1	76,92	76,3	76,8	77,3	0,15 abajo
2	76,76	76,3	76,8	77,3	0,25 abajo
3	76,51	76,3	76,8	77,3	0,26 abajo
4	76,25	76,3	76,8	77,3	1,5 arriba
5	77,75	76,3	76,8	77,3	2,6 abajo
6	75,15	76,3	76,8	77,3	1,59 arriba
7	76,73	76,3	76,8	77,3	1,13 arriba
8	77,86	76,3	76,8	77,3	1,76 abajo
9	76,09	76,3	76,8	77,3	1,41arriba
10	77,51	76,3	76,8	77,3	0,93 abajo
11	76,58	76,3	76,8	77,3	0,6 arriba
12	77,18	76,3	76,8	77,3	0,27 abajo
13	76,91	76,3	76,8	77,3	0,02 arriba
14	76,93	76,3	76,8	77,3	1,15 arriba
15	78,08	76,3	76,8	77,3	0,37 abajo
16	77,71	76,3	76,8	77,3	0,08 arriba
17	77,80	76,3	76,8	77,3	1,91 abajo
18	75,89	76,3	76,8	77,3	1,27 arriba
19	77,15	76,3	76,8	77,3	0,19 abajo
20	76,97	76,3	76,8	77,3	1,06 abajo
21	75,91	76,3	76,8	77,3	1,91arriba
22	77,82	76,3	76,8	77,3	0,61 abajo
23	77,21	76,3	76,8	77,3	0,57 abajo
24	76,64	76,3	76,8	77,3	1,12 arriba
25	77,76	76,3	76,8	77,3	1,49 abajo
26	76,27	76,3	76,8	77,3	0,12 abajo
27	76,15	76,3	76,8	77,3	2,33 arriba
28	78,49	76,3	76,8	77,3	1,9 abajo
29	76,59	76,3	76,8	77,3	

Número de muestras dentro del límite = 14

Número de muestras fuera del límite = 15

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Gráfico para el análisis de pesos



Fuente: elaboración propia, con programa Excel 2010.

### 3.1.2. Análisis de mermas generadas en el proceso

Las mermas fueron clasificadas como punta y cola, escoria, relaminable, punta de varilla, se realizó el análisis para un año de producción y se obtuvieron los porcentajes respecto al peso que ingreso al horno de laminación.

Tabla XX. Porcentajes de producción del año anterior

	Peso al Horno	Tons. Físicas de Primera	Toneladas de Segunda	Producto en Retazo	Punta y Cola	Escoria	Relaminable	Chatarra No Relam.	Punta de Varilla	sobre Peso
ENERO	7,203	6,650	4,88	49,48	85,55	123,52	89,08	14,52	50,72	30,42
FEBRERO	7,643	7,111	9,36	47,91	59,00	150,08	64,08	13,84	43,75	58,74
MARZO	6,989	6,449	7,20	62,10	53,32	164,19	67,26	12,66	44,97	35,92
ABRIL	5,714	5,411	5,87	57,27	48,24	107,05	218,20	6,81	33,41	47,45
MAYO	5,997	5,770	5,89	54,07	42,31	147,30	31,84	9,51	37,56	35,31
JUNIO	5,881	5,573	4,20	52,64	30,30	109,17		11,55	35,15	33,81
JULIO	4,793	4,538	3,36	41,98	34,68	96,58		11,27	35,56	34,30
AGOSTO	3,852	3,576	6,93	33,73	29,85	76,26		32,73	29,86	24,81
SEPTIEMBRE	2,264	2,086	1,69	36,50	23,09	49,39		40,13	17,86	22,02
OCTUBRE	3,613	3,292	2,11	39,92	24,24	63,54		10,02	23,89	27,61
NOVIEMBRE	5,197	5,012	4,47	57,36	37,35	103,37		13,20	31,52	41,18
DICIEMBRE	4,975	4,742	2,59	43,04	39,41	97,13		2,62	37,28	27,66
	64,120.19	60,209.93	58,55	576.00	507.34	1287.58	470.46	178.86	421.53	419.23
	93.90%	0.09%	0.90%	0.79%	2.01%	0.73%	0.28%	0.66%	0.65%	

Fuente: elaboración propia.



### **3.1.3. Planteamiento de los objetivos y alcances de la validación**

La validación exige que se plantee los objetivos y alcances que tendrá el proceso, y actuar en consecuencia de los mismos ya que esta es la forma que se logrará estandarizar el proceso.

#### **Objetivo**

El objetivo de la calificación de la instalación y operación, sus siglas en inglés IQ OQ, es verificar que el equipo, los instrumentos asociados, y los servicios auxiliares han sido instalados y operan según las especificaciones del fabricante, así como determinar las especificaciones del diseño e instalación. La calificación de la instalación se realiza por medio de la recopilación de información pertinente y la adecuada documentación de esta información dentro del resumen de la calificación de la instalación y operación.

#### **Alcances**

El protocolo de la calificación de la instalación y operación deberán ser completados de acuerdo a los procedimientos descritos en el formato del protocolo. Todos los formatos de la calificación de la instalación y operación, la documentación adjunta junto con otros datos aplicables, y el resumen final del reporte constituirán la realización de este protocolo.

La conclusión del reporte deberá determinar e indicar claramente si este protocolo es aceptable. Las partes responsables de la aprobación de este protocolo deberán aprobar también el resumen final del reporte.

En el caso en el que se encuentre alguna discrepancia o alteración al protocolo aprobado que pueda resultar en una desviación del estudio de validación, un apéndice deberá detallar la desviación y debe tener la aprobación de las partes responsables de la aprobación final del protocolo.

#### **3.1.4. Establecimiento de criterios de aceptación del producto**

Para el caso de la calificación de la instalación se realizará un muestreo de peso de varillas para determinar que el proceso se encuentra bajo control estadístico y si es el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones técnicas deseadas y mencionadas en capítulos anteriores con respecto a la calidad del producto.

Para determinar si un proceso es capaz o no se hará uso de herramientas gráficas tales como, histogramas, gráficos de control y gráficos de probabilidad, los índices de capacidad vendrán a determinar si el proceso es capaz y si está bajo control estadístico bajo los siguientes criterios:

Tabla XXI. **Criticidad para la aceptación del producto**

Índice	Descripción
$C_p = \frac{TS - TI}{6 \times \sigma}$	Indicará lo que el proceso sería capaz de producir si el proceso estuviera centrado. Presupone que el resultado del proceso sigue una distribución normal.
$C_{pk} = \min \left( \frac{TS - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - TI}{3\sigma} \right)$	Calculará lo que el proceso es capaz de producir si el objetivo del proceso está centrado entre los límites de la especificación. En caso de que la media del proceso no esté centrada, $C_p$ sobreestima la capacidad del proceso. $C_{pk} < 0$ si la media del proceso se sitúa fuera de los límites de especificación. Presupone que el resultado del proceso esta aproximadamente distribuido de forma normal.

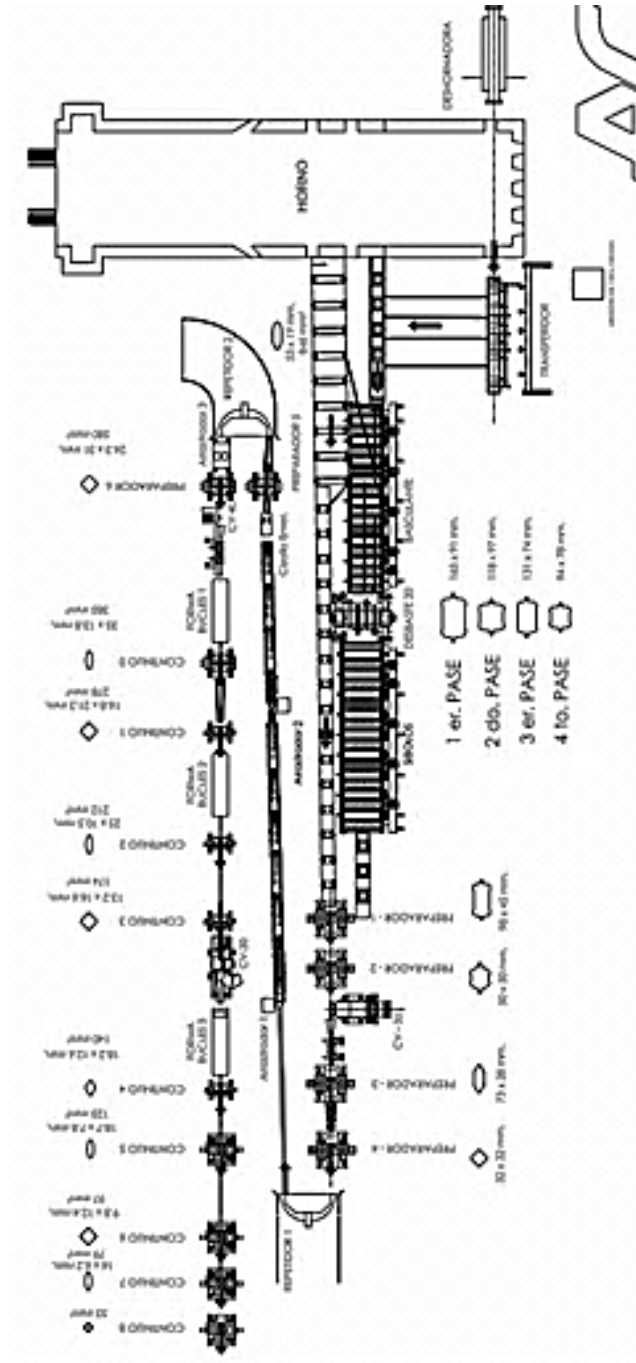
Fuente: elaboración propia.

### 3.1.5. Realización de un diagrama de recorrido

Este diagrama presenta, en forma de matriz, datos cuantitativos sobre los movimientos que tienen lugar entre dos estacones de trabajo cualesquiera. Las unidades son por lo general el peso o la cantidad transportada y la frecuencia de los viajes.

El diagrama de recorrido es una especie de forma tabular del diagrama de cordel. Se usa a menudo para el manejo de materiales y el trabajo de distribución. El equivalente de este es el diagrama de frecuencia de los recorridos.

Figura 15. Diagrama de recorrido en una planta de laminación



Fuente: ASSA.

### 3.1.5.1. Identificación del proceso a validar

Por medio del análisis de paros no programados se determinó que el área con más horas acumuladas se encuentra el continuo 8, molino y CV-20. A continuación se muestran las acciones a tomar.

### 3.1.5.2. Formatos y plantillas para toma de datos

Para la el análisis de pesos de la varilla para establecer la conformidad del producto, se realizará un formato que registre el número de muestra, medida que se produjo, peso total de la varilla, para posteriormente ser analizado y determinar si el proceso está en control estadístico.

### 3.1.6. Cronograma de actividades

Es, en gestión de proyectos, una lista de todos los elementos terminales de un proyecto con sus fechas previstas de comienzo y final. Ofreciendo oportunidades para la creación de listas de tareas, la asignación de recursos, precedencias y diagramas de Gantt.

Tabla XXII. Cronograma del proceso

	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11
CAUFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN													
Horno													
Preparador 8													
CAUFICACIÓN DE LA OPERACIÓN													
Horno													
Preparador 8													
Calibración de molino													
CAUFICACIÓN DEL PRODUCTO													

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.6.1. Realización de la calificación de la instalación**

La calificación de la instalación se realizará a partir del mes de junio del 2010 a septiembre del 2010 se estará verificando horno de laminación, continuo 8 y molino de laminación debido a que en el análisis de paros no programados fueron las dos áreas que presentaron mayor incidencia.

### **3.1.6.2. Realización de la calificación de la operación**

La calificación de la operación se estará realizando de septiembre 2010 a febrero 2011 se estará verificando horno de laminación, continuo 8 y calibración del molino laminador.

### **3.1.6.3. Realización de la calificación del producto**

Se estará verificando la calidad del producto luego de validar la instalación y la operación de la maquinaria a partir de enero del 2011 a marzo 2011, se verificará aspectos como peso y defectos de la varilla para posteriormente realizar el análisis estadístico que determine si el proceso está en control y es capaz.

## **3.2. Proceso de calificación de castillos de laminación, cajas reductoras, tubos guías, materia prima, horno, rodillos de laminación**

Es aquel elemento que se utiliza con la finalidad de dirigir el recorrido del hierro producto del proceso de laminado para que este no se desvíe o doble. La

figura de la sección transversal del material que se necesita guiar es parecida a un cuadro, rombo o en el caso especial, de la salida del último castillo, el cual le da la forma corruga a la varilla.

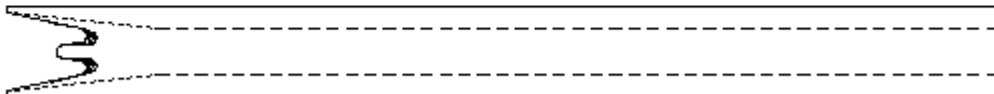
- Tubos guías de salida

Estos tubos tienen medidas específicas en cuanto a la longitud, diámetro interno, diámetro externo, el ángulo del cono interno frontal y los picos frontales, según sea la medida de hierro corrugado a producir K-340, PK-345, 3/8" Leg, PK-445, 1/2" Leg, 5/8" Leg, 3/4" Leg, 1" Leg) el área en donde se utilizaran.

Figura 16. **Diagrama de tubo guía**



**PLANTA**



**PERFIL**

Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Procedimiento de fabricación:

- 1 par de guantes de piel y lona
- 1 par de lentes claros
- 1 prensa de banco
- 1 vernier
- 1 juego de plantillas
- 1 pulidora (con disco de corte usado)
- 1 mototul
- 1 lima redonda fina
- 1 lima media caña fina
- 1 juego de fresas circulares de tungsteno (raíz 1/4" x 1/2")

En este caso se enfoca al análisis de utilización de tubos guías en continuo 8.

Tabla XXIII. **Análisis de tubos guía en continuo 8**

Ubicación	Medida	Tipo de figura	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Largo Máximo	Largo Mínimo	No. de Tubo
Continuo 8	K-340	Cuadro	50mm	25mm	60mm	40mm	3
	PK-345						
	3/8 Leg						
CHECKLIST							
Ubicación	Medida	Tipo de figura	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Largo Máximo	Largo Mínimo	No. de Tubo
Continuo 8	K-340	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
	PK-345	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
	3/8 Leg	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Fuente: elaboración propia.



### 3.2.1. Estandarización de calibración de rodillos de laminación según medida a producir

Para la estandarización de calibración de rodillos laminadores nos enfocamos solo en medidas que se producen con más frecuencia, para ello se realizó una toma de datos con el objetivo de recopilar información en este caso del continuo 8, calibración del molino y temperatura del horno que fueron las áreas que presentaron mayores paros de producción no planificados con el fin de poder establecer límites superior e inferior, del diámetro, las revoluciones por minuto, peso, largo, velocidades y porcentaje de reducción de área entre pases, a continuación se presenta dicha tabla con el análisis previamente realizado:

Tabla XXIV. **Tabla para calibración de rodillos estándar**

<b>ANALISIS ESTADISTICO PARA K-340</b>							
Numero de muestras	=	57					
		<b>DIAMETRO C8</b> mm	<b>RPM C8</b>	<b>PESO C8</b> Lbs	<b>LARGO C8</b> cms	<b>VEL C8</b> m/seg	<b>% C8</b>
Promedio	=	305,40	1 703,75	50,72	13,70	19,18	21,80
Desviación Estándar	=	5,20	24,96	5,06	1,36	0,49	4,33
Límite superior	=	312,24	1 718,74	57,47	17,20	21,28	28,04
Límite inferior	=	298,56	1 688,77	43,97	10,21	17,07	15,56
<b>ANALISIS ESTADISTICO PARA PK-345</b>							
Numero de muestras	=	155					
		<b>DIAMETRO C8</b> mm	<b>RPM C8</b>	<b>PESO C8</b> Lbs	<b>LARGO C8</b> cms	<b>VEL C8</b> m/seg	<b>% C8</b>
Promedio	=	322,99	1641,74	64,85	15,58	19,53	22,10
Desviación Estándar	=	7,82	40,85	21,60	5,28	0,35	5,09
Límite superior	=	331,37	1 660,92	78,79	22,47	21,30	28,87
Límite inferior	=	314,60	1 622,57	50,91	8,69	17,75	15,33

Continuación de la tabla XXIV.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO 3/8 LEG							
Numero de muestras	55						
		<b>DIAMETRO C8 mm</b>	<b>RPM C8</b>	<b>PESO C8 Lbs</b>	<b>LARGO C8 cms</b>	<b>VEL C8 m/seg</b>	<b>% C8</b>
Promedio	=	275,90	1 582,99	48,34	12,89	17,73	20,76
Desviación Estándar	=	83,67	425,45	12,22	3,52	4,79	6,06
Límite superior	=	303,35	1 644,87	58,83	18,52	24,30	28,14
Límite inferior	=	248,46	1 521,11	37,85	7,26	11,16	13,37

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.1. Análisis estadístico de historial de calibración con producción arriba de la meta esperada

Con la toma de estos datos y la tabulación se intenta obtener la calibración ideal del molino, realizar planos de calibración por pase del molino, reducir el tiempo en la realización de pruebas y ajustes en el proceso.

Tabla XXV. Análisis estadístico con meta superada

		PREPARADOR 6			CONTINUO 0			CONTINUO 1		
		Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite inferior	Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite inferior	Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite inferior
PK-345	6 SIGMA	511,15 mm <sup>2</sup>	586,45	435,85	351,43 mm <sup>2</sup>	399,73	303,13	261,77 mm <sup>2</sup>	303,74	219,8
	4 SIGMA		561,35	460,95		383,63	319,23		289,75	233,79
PK-445	6 SIGMA	551,28 mm <sup>2</sup>	608,61	493,95	395,66 mm <sup>2</sup>	445,4	345,92	305,14 mm <sup>2</sup>	359,92	250,36
	4 SIGMA		589,5	513,06		428,82	362,5		341,66	268,62

Continuación de la tabla XXIV.

K-340	6 SIGMA	454,05 mm <sup>2</sup>	478,17	429,93	303,78 mm <sup>2</sup>	327,06	280,5	221,23 mm <sup>2</sup>	239,08	203,38
	4 SIGMA		470,13	437,97		319,3	288,26		233,13	209,33
3/8 leg	6 SIGMA	556,52 mm <sup>2</sup>	640,82	472,22	409,30 mm <sup>2</sup>	470,83	347,77	315,55 mm <sup>2</sup>	383,92	247,18
	4 SIGMA		612,98	500,32		450,32	368,28		361,13	269,97
1/2 leg	6 SIGMA	576,46 mm <sup>2</sup>	614,98	583	439,55 mm <sup>2</sup>	460,07	419,03	345,93 mm <sup>2</sup>	362,85	329,01
	4 SIGMA		602,15	550,83		453,23	425,87		357,21	334,65

		CONTINUO 2			CONTINUO 3			CONTINUO 4		
		Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite inferior	Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite inferior	Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite inferior
PK-345	6 SIGMA	195,90 mm <sup>2</sup>	224,49	167,31	148,45 mm <sup>2</sup>	177,49	119,41	118,56 mm <sup>2</sup>	135,3	101,82
	4 SIGMA		214,96	176,84		167,81	129,09		129,72	107,4
PK-445	6 SIGMA	238,09 mm <sup>2</sup>	276,1	200,08	177,71 mm <sup>2</sup>	212,2	143,3	143,26 mm <sup>2</sup>	162,16	124,36
	4 SIGMA		263,43	212,75		200,65	154,77		155,86	130,66
K-340	6 SIGMA	164,84 mm <sup>2</sup>	183,32	146,36	120,11 mm <sup>2</sup>	133,19	107,03	99,31 mm <sup>2</sup>	108,01	90,61
	4 SIGMA		177,16	152,52		128,83	111,39		105,11	93,51
3/8 leg	6 SIGMA	244,25 mm <sup>2</sup>	292,13	196,37	184,46 mm <sup>2</sup>	214,76	154,16	151,66 mm <sup>2</sup>	175,36	127,96
	4 SIGMA		276,17	212,33		204,66	164,26		167,46	135,86
1/2 leg	6 SIGMA	276,79 mm <sup>2</sup>	291,49	262,09	200,53 mm <sup>2</sup>	218,8	182,26	163,76 mm <sup>2</sup>	180,08	147,44
	4 SIGMA		286,59	266,99		212,71	188,35		174,64	152,88

Continuación de la tabla XXV.

		CONTINUO 5			CONTINUO 6		
		Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite Inferior	Valor medio de reducción de área	Límite superior	Límite Inferior
PK-345	6 SIGMA	97,93 mm <sup>2</sup>	108,88	86,98	79,83 mm <sup>2</sup>	89,58	70,08
	4 SIGMA		105,23	90,63		86,33	73,33
PK-445	6 SIGMA	96,10 mm <sup>2</sup>	115,48	76,72	N/A	N/A	N/A
	4 SIGMA		109,02	83,18		N/A	N/A
K-340	6 SIGMA	83,03 mm <sup>2</sup>	89,9	76,1	69,63 mm <sup>2</sup>	74,46	64,8
	4 SIGMA		87,6	78,4		72,85	66,41
3/8 leg	6 SIGMA	124,77 mm <sup>2</sup>	149,43	100,11	102,61 mm <sup>2</sup>	124,82	88,4
	4 SIGMA		141,21	108,33		118,75	94,47
1/2 leg	6 SIGMA	119,88 mm <sup>2</sup>	121,32	118,44	N/A	N/A	N/A
	4 SIGMA		120,84	118,92		N/A	N/A

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.1.2. Realización de planos de calibración para cada medida

Tomando como referencia los datos de calibración del molino donde se superan las metas de producción se realizan los siguientes planos para estandarizar la calibración en cada pase del molino tomando como referencia la reducción de área en cada pase.

Calibración para medida PK-345:

Debaste 20

Figura 17. **Esquema de calibración primera pase**



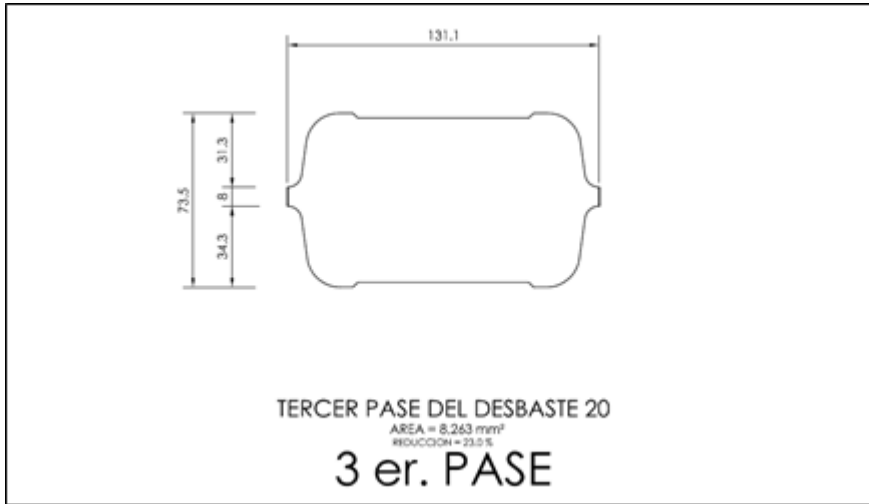
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Esquema de calibración segundo pase**



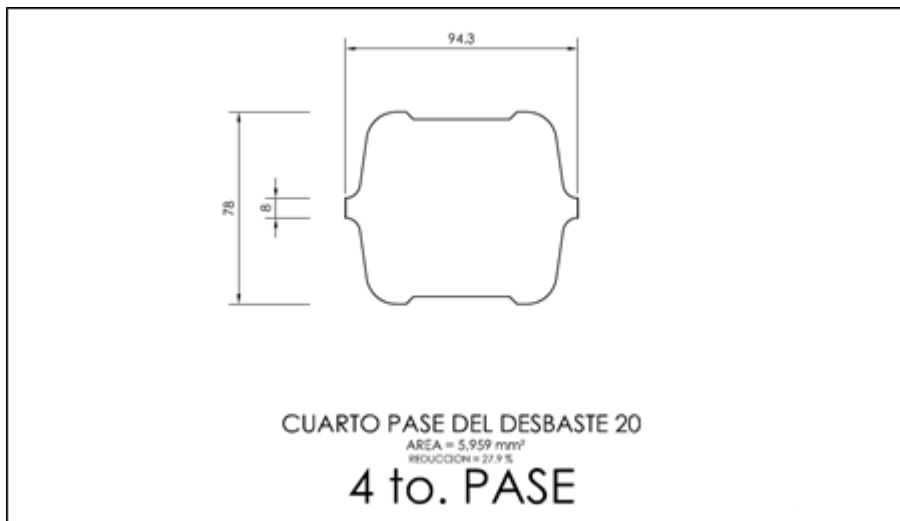
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Esquema de calibración tercer pase**



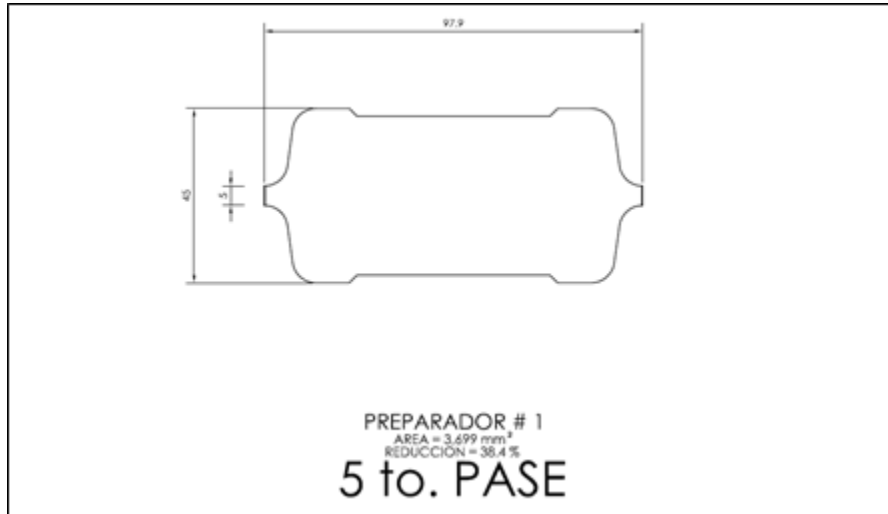
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Esquema de calibración cuarto pase**



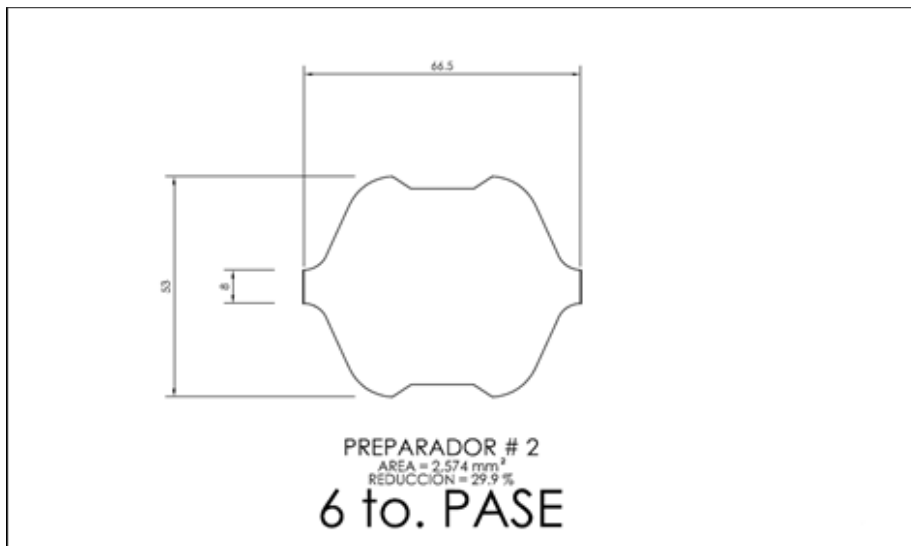
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Esquema de preparador número 1**



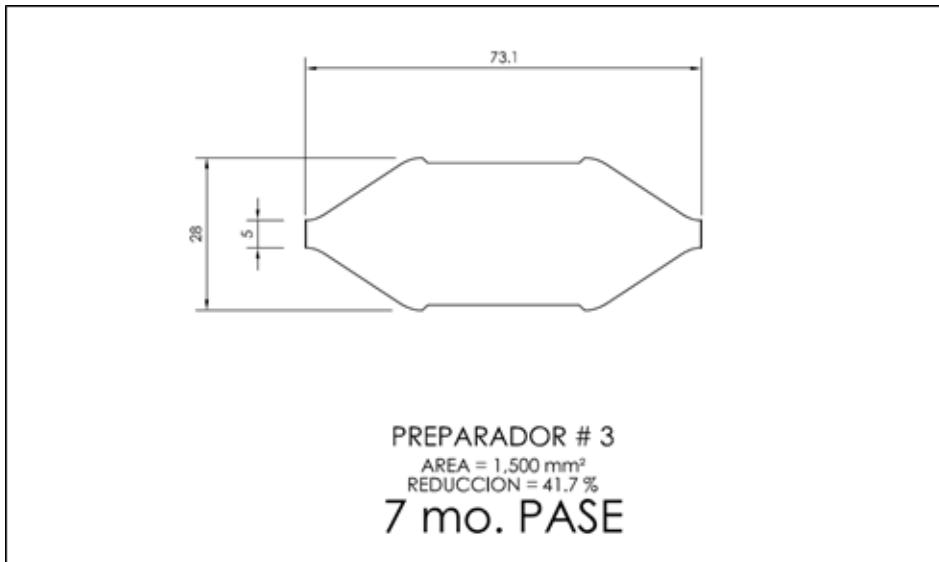
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Esquema de preparador número 2**



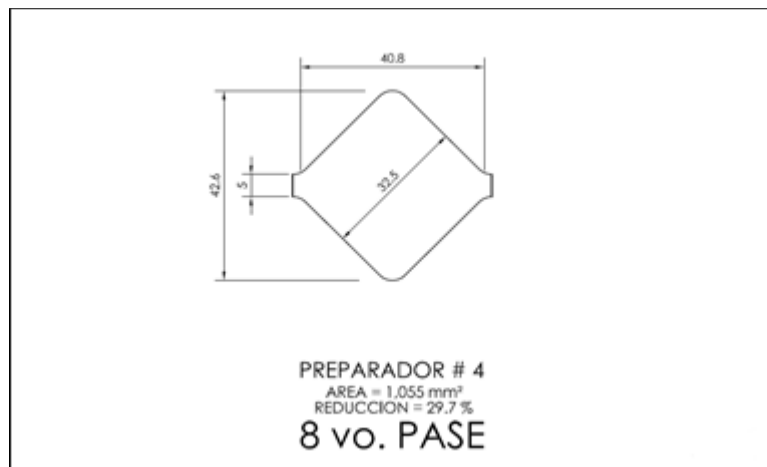
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Esquema de preparador número 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Esquema de preparador número 4**



Fuente: elaboración propia.



### 3.2.1.3. Toma de datos de vibración de motores de los castillos laminadores para el establecimiento del límite superior e inferior

Para la obtención de datos de vibración se utilizó un analizador de vibraciones, se realizó el análisis de caja reductora y motor del continuo 8, se le denomina carga cuando el lingote atraviesa el castillo laminador en este caso del continuo 8 y sin carga cuando el lingote aun no atraviesa el castillo laminador, los datos son proporcionados en metros por segundo y fueron analizados en el software especial para dicho analizador, se presentan los resultados en una tabla Excel para una mayor apreciación:

Tabla XXVI. **Recolección de datos para la vibración de motores**

	Axial sin carga	Axial con carga	Radial sin carga	Radial con carga
Número de muestras	20	14	18	13
Promedio	2,83	3,17	1,72	1,55
Desviación	0,67	1,04	1,10	0,34
Límite superior	4,21	5,81	5,85	2,35
Límite inferior	1,92	1,86	1,04	1,09
<b>CAJA DANIELI</b>				
	Axial sin carga	Axial con carga	Radial sin carga	Radial con carga
Número de muestras	19	14	15	13
Promedio	3,76	3,12	3,51	1,85
Desviación	4,41	3,69	4,38	3,85
Límite superior	20,00	3,70	18,00	13,00
Límite inferior	0,67	2,25	1,04	0,34

Fuente: elaboracion propia.

#### **3.2.1.4. Programación de mantenimiento de castillos de rodillos por toneladas físicas producidas**

Se analizó la programación de mantenimiento en la cual se considera el chequeo y cambio de piezas dependiendo de las toneladas físicas producidas, los cambios y verificaciones que se programan son:

- Chequeo de lubricación
- Cambio de cojinetes
- Cambio de pernos de anclaje
- Verificación de la lubricación de las cajas reductoras y de potencia
- Chequeo de transmisiones mecánicas
- Verificación de acoplamientos
- Chequeo de tuberías de lubricación de agua y aceite
- Mantenimiento para los dispersores de agua

#### **3.2.1.5. Parámetros a considerar para el torneado de rodillos y realización de corruga**

Secciones y productos planos son laminados generalmente en varios pasos, cuyo número se determina por la relación entre la sección transversal inicial y final. La sección transversal se reduce en cada paso hasta acercarse al perfil deseado.

Los rodillos están diseñados considerando los siguientes aspectos:

- Características del producto terminado (dimensiones de la sección, tolerancias y especificaciones relativas a las propiedades mecánicas y acabado de la superficie del material laminado).
- Características del material inicial (dimensiones y peso de los lingotes, grado de acero y la temperatura del metal antes y en el curso de rodadura).
- Las especificaciones de la planta de laminación (número de pases, los diámetros de rodillos, la velocidad de laminación, la potencia disponible del motor, la fuerza de los rodillos y otros componentes de los molinos, equipos de fábrica disponibles, etcétera).

Se realizó un análisis para determinar la reducción de áreas para 14 pases laminadores, donde se consideró: Potencia del motor (HP), RPM, ratio, diámetro de rodillos, área inicial y área final que se quiere obtener, a continuación los resultados obtenidos:

**Tabla XXVII. Análisis de motores para castillos laminadores**

Castillo	HP	Motor		Ratio	Salida		Torque promedio
		RPM mín	RPM máx.		RPM mín	RPM máx.	
Stand 1	300	400	800	79,89	5,0	10,0	209,79 lbK-pie
Stand 2	300	400	800	61,45	6,5	13,0	161,37 lbK-pie
Stand 3	500	510	1165	36,12	14,1	32,3	113,26 lbK-pie
Stand 4	500	510	1165	20,67	24,7	56,4	64,81 lbK-pie
Stand 5	300	400	800	14,56	27,5	54,9	38,24 lbK-pie
Stand 6	450	400	800	11,13	35,9	71,9	43,84 lbK-pie
Stand 7	450	400	800	8,017	49,9	99,8	31,58 lbK-pie
Stand 8	450	400	800	6,222	64,3	128,6	24,51 lbK-pie
Stand 9	450	400	800	5,11	78,3	156,6	20,13 lbK-pie
Stand 10	450	400	800	4,371	91,5	183,0	17,22 lbK-pie

Continuación de la tabla XXVII.

Stand 11	450	400	800	3,216	124,4	248,8	12,67 lbK-pie
Stand 12	450	400	800	2,34	170,9	341,9	9,22 lbK-pie
Stand 13	450	400	800	1,81	221,0	442,0	7,13 lbK-pie
Stand 14	450	400	800	1,395	286,7	573,5	5,49 lbK-pie

Castillo	Rodillo		Tangenciales (m/s)		promedio	Vel. requerida	Reducción por pase requerida	Área	Caudal
	Φ min	Φ máx.	V. Min	V. Max					
Stand 1	508	572	0,133	0,300	0,217			8068,100	1 747,099
Stand 2	508	571,5	0,173	0,390	0,281	0,275	21,26%	6352,822	1 747,099
Stand 3	406,4	469,9	0,300	0,794	0,547	0,349	21,26%	5002,212	1 747,099
Stand 4	406,4	469,9	0,525	1,387	0,956	0,444	21,26%	3938,742	1 747,099
Stand 5	406,4	469,9	0,585	1,352	0,968	0,563	21,26%	3101,365	1 747,099
Stand 6	406,4	469,9	0,765	1,768	1,267	0,715	21,26%	2442,015	1 747,099
Stand 7	406,4	469,9	1,062	2,455	1,758	0,909	21,26%	1922,843	1 747,099
Stand 8	342,9	393,7	1,154	2,650	1,902	1,095	17%	1595,959	1 747,099
Stand 9	342,9	393,7	1,405	3,227	2,316	1,368	20%	1276,767	1 747,099
Stand 10	342,9	393,7	1,643	3,773	2,708	1,649	17%	1059,717	1 747,099
Stand 11	342,9	393,7	2,233	5,128	3,680	2,061	20%	847,774	1 747,099
Stand 12	290	355	2,596	6,355	4,475	2,483	17%	703,652	1 747,099
Stand 13	290	355	3,356	8,216	5,786	3,104	20%	562,922	1 747,099
Stand 14	290	355	4,354	10,660	7,507	3,739	17%	467,225	1 747,099

Fuente: elaboración propia.

Con este análisis se procede a realizar las figuras en los diferentes pases según corresponda, considerando el área que tiene que ingresar al pase y la reducción que se obtendrá al ingresar el lingote.

### **3.2.2. Clasificación de cajas reductoras y tubos guías según medida a producir**

También las cajas reductoras y tubos guías tienen un papel importante en el proceso, y clasificarlas es importante para la estandarización. Por ello se mencionan a continuación.

#### Cajas reductoras

Se colocan en el proceso dependiendo del castillo laminador, las del desbaste son cajas robustas esto debido a que es el primer pase del proceso de laminación se necesita más potencia que velocidad, caso contrario los pases finales del proceso necesitan más velocidad que potencia.

#### Tubos guías

Parámetros a considerar para el cambio de tubos guías es el diámetro y la longitud de los tubos dependiendo del pase y de la medida que se esté produciendo.

### **3.2.3. Clasificación de áreas y subáreas en el proceso**

Producir es la transformación de materias primas con los otros factores de producción y se obtiene un producto terminado: producto final. Existen diversas formas de clasificar su producción:

- Según el destino del producto producción por encargo y para el mercado
- Según el grado de homogeneidad del producto

Tabla XXVIII. Clasificación de áreas del proceso

CARGADOR DEL HORNO	HORNO	BARREDORA	DEBASTE 20	PREPARADOR 1
Cama de carga	Bombas de combustible	Camino de rod. salida H.	Agua	Agua
Camino de rodillos	Compuertas	Camino de rod. a Mesa B.	Caja de entrada 1er. Pase	Barras
Centralina	Chimenea	Finales de carrera	Caja de salida 1er. Pase	Caja reductora
Finales de carrera	Deshomadora	Fotocelda	Caja de entrada 2do Pase	Caja de entrada
Falta de MP	Quemadores	Motoreductores	Caja de salida 2do. Pase	Capsulas
Operador	Tuberías de aire caliente	Rampa	Motores	Caja de potencia
Piston	Temperatura	Rieles	Mesa basculante	Cabezas
Panel de control	Temper	Variador	Rodillos de laminacion	Caja de salida todos
Otros	Tubería de combustible	Otros	Tubos quitas de salida	Motoreductores
	Tuberías de aire frío		Transportadores	Motor
	Valvulas de ventiladores		Otros	Rodillos de laminacion
	Ventiladores			Transmisiones
	Otros			Otros

CV-50	CV-33	CV-40	FORMABUCLES
Cuchillas	Cizalla	Cizalla	Formabucles 1
Canaleta de emergencia	Canaleta de emergencia	Canaleta de emergencia	Formabucles 2
Sensores	Sensores	Sensores	Formabucles 3
Electroválvulas	Electroválvulas	Electroválvulas	Formabucles 4
Otros	Otros	Otros	

Continuacion de la tabla XXVIII.

PREPARADOR 2	PREPARADOR 3	PREPARADOR 4	PREPARADOR 5	PREPARADOR 6
Agua	Agua	Agua	Agua	Agua
Barras	Barras	Barras	Acoplamiento	Caja reductora
Caja reductora	Caja reductora	Caja reductora	Caja reductora	caja de entrada rodos
caja entrada rodos	Caja reductora	caja de entrada rodos	Caja de entrada	Caja de potencia
Capsulas	Capsulas	Capsulas	Caja de potencia	Caja portatubos
Caja de potencia	Caja de potencia	Caja de potencia	Caja portatubos	Canasta
Cabezales	Cabezales	Cabezales	Canasta	Caja de salida
Motor	Caja de salida de rodos	Caja portatubos	Cuchillas de emergencia	Motor
Rodillos de laminación	Motor	Motor	Motor	Rodillos de laminación
Tubo guía de salida	Rodillos de laminación	Rodillos de laminación	Transmisores	Tubo guía de salida
Transmisores	Transmisores	Tubo guía de salida	Tubo guía de salida	Otros
Otros	Otros		Otros	
		Otros		

CONTINUO 5	CONTINUO 6	CONTINUO 7	CV - 20	CAMA DE ENFRIAMIENTO
Agua	Agua	Agua	Arrastrador	Canaleta doble
Cambiar calibre	Caja reductora	Caja reductora	Canaleta divisora	Cama de aire
Caja de entrada de rodos	Caja de potencia	Caja de potencia	Cizalla	CM - 150
Canaleta	Caja portatubo	Caja portatubos	Clutch	Frenacolas 1
Caja portatubo	Caja de entrada	Caja de entrada	Desviador	Frenacolas 2
Motores	Cambiar calibre	Cambiar calibre	Totocelda	Fricciones
Rodillos de laminación	Motores	Motores	Motores	Freno
Tubo guía de salida	Pulir calibre	Pulir calibre	Microswitch	Transferidor de varilla
Transmisores	Rodillos de laminación	Rodillos de laminación	Presión de aire	otros
Otros	Tubo guias de salida	Transmisiones	Tubo guía de salida	
	Transmisores	Tubo guía de salida	Otros	
	Otros	Otros		

Continuación de la tabla XXVIII.

CONTINUO 0	CONTINUO 1	CONTINUO 2	CONTINUO 3	CONTINUO 4
Agua	Agua	Agua	Agua	Agua
Cambiar calibre	Cambiar calibre	Cambiar calibre	Boquilla	Cambiar calibre
Caja de entrada	Caja de entrada de rodos	Caja de entrada de rodos	Caja de entrada de rodos	Caja de entrada de rodos
Canaleta	Caja portatubo	Canaleta	Caja de salida	Canaleta
Caja portatubo	Embudo	Motores	Cambiar calibre	Caja portatubos
Embudo	Motores	Rodillos de laminación	Canaleta	Motores
Motores	Rodillos de laminación	Tubos de campana	Motores	Rodillos de laminación
Rodillos de laminación	Tubo guías de salida	Transmisiones	Rodillo de laminación	Tubo guía de salida
Transmisiones	Transmisores	Tubo guía de salida	Transmisiones	Transmisiones
Tubo guía de salida	Otros	Otros	Tubo guía de salida	Otros
Otros			Otros	

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.3.1. Identificación de áreas y subáreas con mayor número de paros no programados**

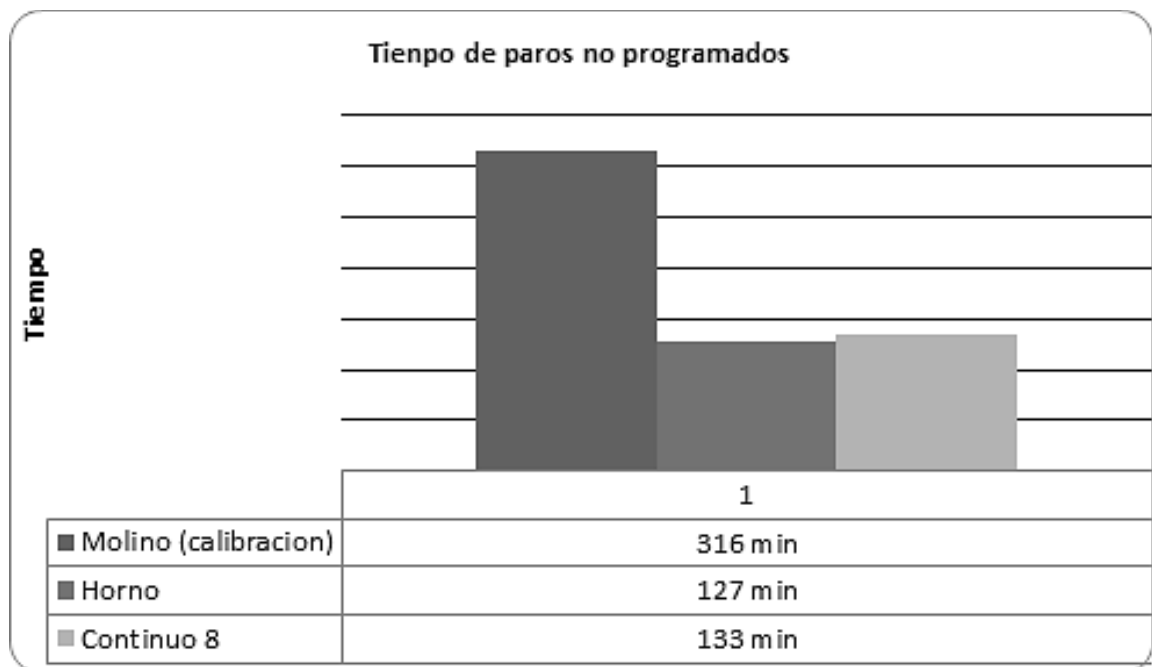
Es de suma importancia la identificación del área donde mayor paros hubo. Según análisis de paros el área que mayor tiempo por paros no programados presenta es el continuo 8, molino y horno. Esto implica atender las fallas y corregirlas para una producción eficiente.



### 3.2.3.2. Realización de diagramas de Pareto e Ishikawa

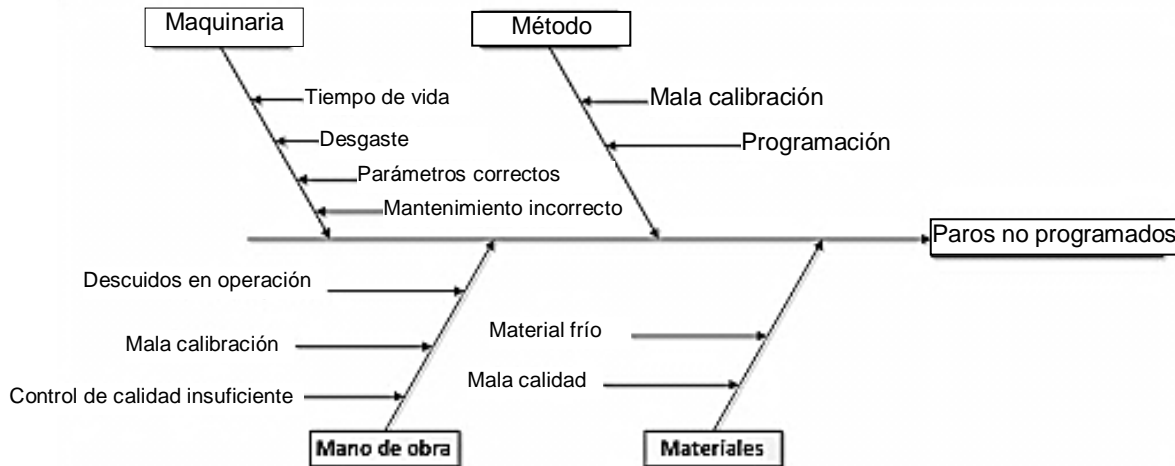
El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

Figura 25. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de Ishikawa

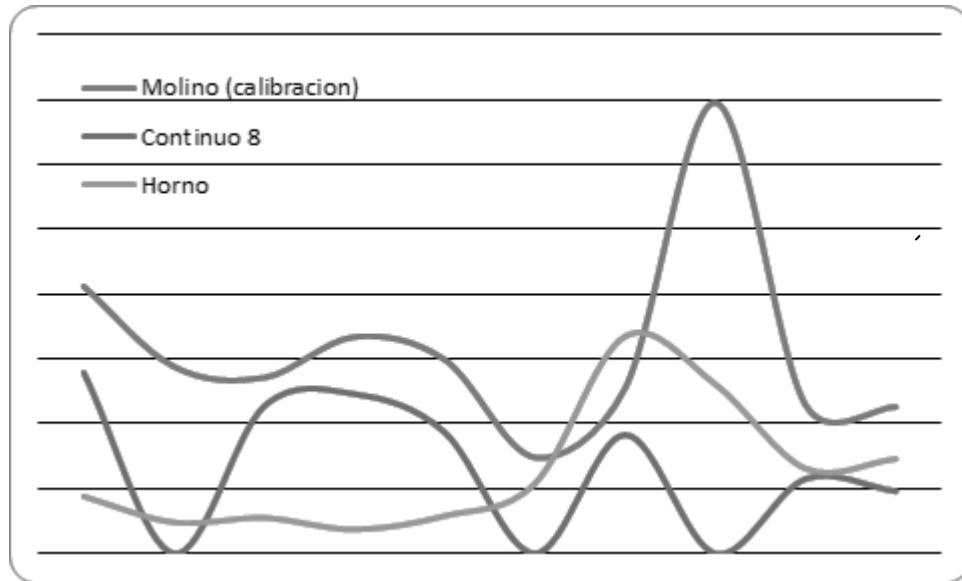


Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3.3. Gráficos comparativos de meses consecutivos para determinar la incidencia del área y subárea con mayor número de paros no programados

Gráficos sencillos le ayudan a visualizar e interpretar los datos en un solo tema, tales como la cantidad de ingresos de un departamento trajeron todos los años desde hace varios años. Gráficos comparativos, por otra parte, comparan esos mismos datos a través de muchos temas, como la cantidad de departamentos por mucho los ingresos traídos cada año durante varios años. Los 2 tipos más comunes de gráficos comparativos, que se puede utilizar por separado o conjuntamente, son gráficos de barras y gráficos de líneas.

Figura 27. **Historial del mes de marzo a diciembre del 2011**



Fuente: elaboración propia.

#### **3.2.4. Análisis estadístico de la variación de temperatura en la salida del horno y sus consecuencias durante el proceso de laminado**

Se realizó un análisis estadístico de la temperatura del horno y se determinó que los rangos de temperatura del horno de laminación son:

- Primera parte 900 a 1000 grados centígrados.
- Segunda parte 1 200 grados centígrados.
- Tercera parte 1 251 a 1 275.

### **3.3. Proceso de calificación de las instalaciones y puestos de trabajo**

Una herramienta para organizar los trabajos en un conjunto claramente definido de grupos de acuerdo con las tareas y funciones desempeñadas en el trabajo.

Las aplicaciones orientadas al cliente incluyen la intermediación de personas que buscan empleo con las vacantes, la gestión de la migración de trabajadores a corto o largo plazo entre países y el desarrollo de programas de formación y orientación profesional. Se procedió a calificar las instalaciones y puestos de trabajo para verificar sus condiciones de funcionamiento.

#### **3.3.1. Seguridad industrial durante el proceso**

Las normas y políticas en este caso están enfocadas principalmente a procedimientos de manejo de materiales a temperaturas elevadas, por lo cual es necesario considerar diversos aspectos durante el proceso de laminado que garanticen la seguridad de los operadores que tiene contacto directo tanto con el manejo del lingote así como el producto final que en este caso sería la varilla corrugada.

##### **3.3.1.1. Clasificación del equipo adecuado a utilizar para cada actividad realizada dentro de la empresa**

Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

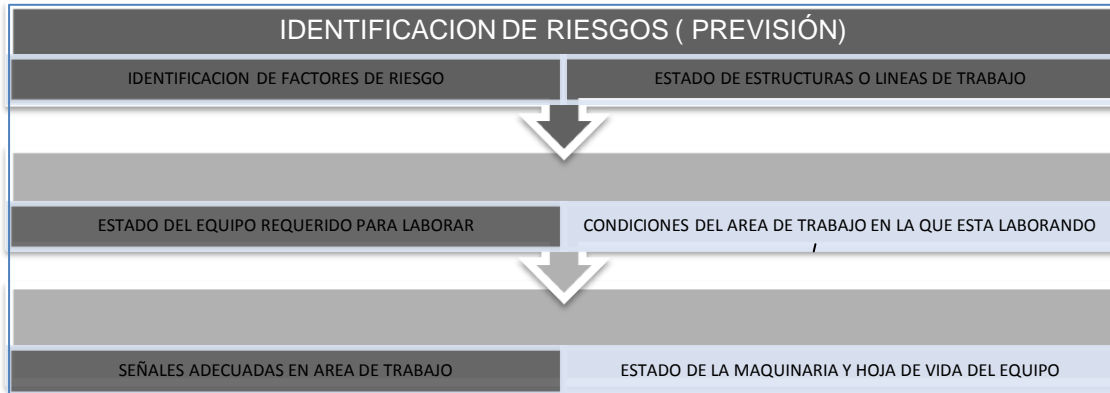
Tabla XXIX. **Equipo de seguridad según normativa interna**

PROCEDIMIENTO	PELIGRO DE ACCIDENTES	EQUIPO OBLIGATORIO A UTILIZAR
Cargar palanquilla	Media	
Extraer palanquilla del horno	Media	
Ingreso de palanquilla al debaste 20	Baja	
Preparadores	Baja	
Continuos	Baja	
Cizalla	Media	
Cama de enfriamiento	Alta	
Amarradoras	Alta	
Trabajos en altura	Alta	   

Fuente: elaboración propia.

Entre los aspectos que se consideran para una buena gestión de seguridad industrial se puede mencionar:

Figura 28. **Identificación de riesgos humanos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Identificación de riesgos técnicos**

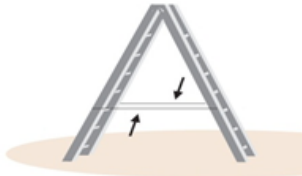

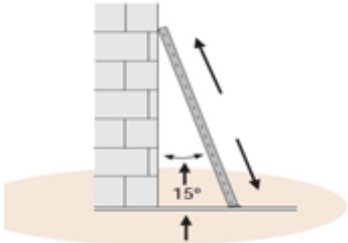


Fuente: elaboración propia.

## Aspectos a considerar para el trabajo en altura

Se considera trabajo en altura todas aquellas operaciones que se realicen por encima del nivel del suelo, este tipo de trabajos han supuesto uno de los mayores problemas en lo que respecta a seguridad para el trabajador debido a que las consecuencias suelen ser graves, este tipo de trabajo se realiza regularmente en área de proyectos en ejecución en el cual se tiene que tener un control a detalle antes de la ejecución del trabajo, entre las principales normas que se tiene que cumplir al momento de realizar este tipo de trabajos se mencionan las siguientes:

Tabla XXX. **Precauciones de trabajos en altura**


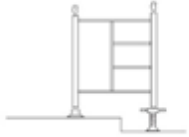


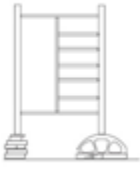
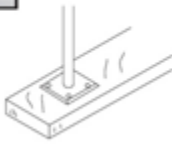
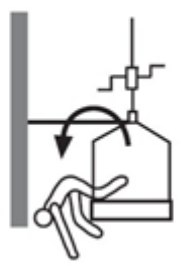

<b>ESCALERAS DE MANO</b>	
<b>EJEMPLO GRAFICO DEL TRABAJO</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
	<p>Las escaleras dobles se utilizan en trabajos regularmente de mantenimiento de oficinas administrativas y limpieza de cielos rasos, se deben de colocar en superficies que no estén inclinadas y se deben de verificar las varillas de seguridad que no estén dañadas.</p>
	<p>Las escaleras de mano deben de sujetarse en un lugar fijo (preferentemente de la parte superior de la escalera) y deberá sobresalir al menos un metro del lugar en donde se quiere llegar, las bajadas y las subidas se deberán realizar siempre de frente y con las manos libres.</p>
	<p>Para una correcta colocación de las escaleras, es importante que la inclinación de las escaleras sea aproximadamente de unos 15 a 20 grados y la separación con respecto a la pared sea de 1/4 de la longitud de la escalera.</p>

Continuación de la tabla XXX.

	<p>Las escaleras deben apoyar sobre suelos estables, contra una superficie sólida y fija, y de forma que no se pueda resbalar ni puedan bascular, impedir que las escaleras deslicen, por medio de cadenas, cuerdas, elementos resistentes. No usar nunca el último peldaño.</p>
	<p>En las escaleras de madera, los travesaños no tendrán nudos y estarán encajados en los largueros o montantes de madera, deben estar provistas de zapatas antideslizantes.</p>
<p><b>ANDAMIOS DE BARRIQUETAS</b></p>	
	<p>En el momento de cargar con materiales al andamio, las cargas se deben repartir por igual en toda la superficie.</p>
	<p>La anchura de la plataforma de trabajo será de 0,60 metros.</p>
	<p>Cuando exista riesgo de caída de más de 2 metros se instalarán barandillas.</p>



Continuación de la tabla XXX.

<b>ANDAMIOS TUBULARES</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>No</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Si</b></p>  </div> </div>	<p>Los andamios deben estar totalmente nivelados antes de su uso.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>No</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Si</b></p>  </div> </div>	<p>En el momento de un desplazamiento, no debe permanecer nadie sobre la plataforma de trabajo de andamio, trasladándose éste además descargado.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>No</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Si</b></p>  </div> </div>	<p>En el momento de uso, la separación del andamio al parámetro debe ser igual o menor a 30 centímetros. Los apoyos de las patas de los andamios al suelo deben ser firmes y sobre materiales consistentes.</p>
<b>ANDAMIOS COLGADOS</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>	<p>La plataforma de trabajo dispondrá de barandillas de protección resistente a 90 centímetros. De altura mínima, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 centímetros de altura. En el lado recayente al muro, la altura de la barandilla podrá ser de 70 centímetros. La distancia máxima entre la plataforma y el parámetro no deberá exceder de 45 centímetros.</p>

Continuación de la tabla XXX.

<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>No</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Si</b></p> </div> </div>	<p>si se tiene más de un módulo de andamio entre sí, la longitud máxima horizontal de una trama no deberá exceder de 8 metros.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>No</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Si</b></p> </div> </div>	<p>La unión de los diferentes andamios se hará por medio de dispositivos de seguridad o trinquetes dispuestos en los puntos de articulación.</p>

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.1.2. Determinación del tiempo de rotación del personal para áreas con un rango de temperatura elevada

Las áreas de trabajo en donde la temperatura de trabajo es considerable se encuentra desbaste 20 , cama de enfriamiento, amarradoras de producto final, el tiempo medio de rotación de persona es cada 40 minutos, considerando los factores de deshidratación y trabajo repetitivo.

### **3.3.1.3. Clasificación de puntos de riesgo para el operador**

Se determinó que los puntos de mayor riesgo de accidentes son aquellos puntos donde el material en proceso no cuenta con protección que impiden que el material caliente se salga de las canaletas que lo guían hacia los diferentes pases, otra área en donde se determinó de alto riesgo es el área de amarradoras de producto terminado, esto debido a que el trabajador manipula el producto a una temperatura elevada, lo que implica que si el trabajador lo manipula de una manera errónea sufrirá quemaduras.

### **3.3.1.4. Procedimiento para la extracción del material no procesado**

Si el material se queda en los acabadores regularmente se utilizan pinzas para extraerlo de las canaletas y continuar con el proceso de producción, caso contrario si el material se queda en los preparadores se procederá a cerrar compuerta del horno y extraer el material con ayuda de una grúa aérea que se encarga de posicionar dicho materia fuera del proceso y así poder continuar con la producción, esto con la finalidad de perder el menor tiempo por paro no programado y cumplir con las metas de producción.

### **3.3.1.5. Análisis del número de decibeles producidos en área de trabajo**

Se considera ruido todo aquel sonido molesto e indeseable que interfiere en la actividad habitual o el descanso. Se verificó el número de decibeles en las diferentes áreas los cuales se presentan en tabla de análisis de ruido:

Tabla XXXI. **Análisis de ruido**

<b>Area</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Área de cargado del horno	95,7	96,3
Cabina Central	82,3	88,7
Amarre	97,5	104,2
Taller de Tornos	87,4	88,8
Taller de mecánica	81,1	83,1
Planta de Enderezado	90,8	92,7
Bodega de Suministros	81,8	85,6
Oficina de planta	73,8	75
Trefilación	92,9	95,8
Taller Eléctrico	79,8	80,4
Bodega de despachos	67,5	78,5

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.1.6. Señalización industrial en área de trabajo**

Existe un comité de seguridad que tiene reuniones consecutivas para evaluar condiciones y actos inseguros en el proceso con la finalidad de ir mejorando e implementando procedimientos que ayuden al colaborador a realizar con mayor seguridad su función.

### **3.4. Proceso de calificación de la operación**

A operación de maquinaria pesada siempre será un aporte de importancia de riesgos tanto para el operador, la estabilidad de la empresa, la comunidad y la infraestructura. Se realizará la calificación de la operación de maquinaria y trabajo del operador en el proceso.

### 3.4.1. Gráficos de control de variación de presiones y temperaturas de los motores durante el proceso de laminación

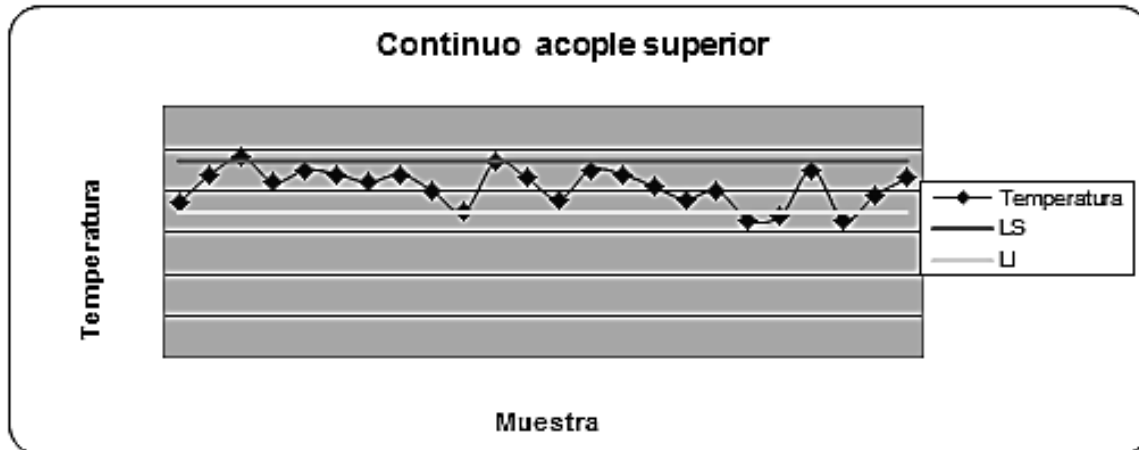
La temperatura es importante y por eso se realizó un estudio de temperaturas en los acoples de los continuos y preparadores, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XXXII. Variación de presión y temperatura

Acople superior		LS	LI
1	37	47,177	34,82
2	44	47,177	34,82
3	48	47,177	34,82
4	42	47,177	34,82
5	45	47,177	34,82
6	44	47,177	34,82
7	42	47,177	34,82
8	44	47,177	34,82
9	40	47,177	34,82
10	35	47,177	34,82
11	47	47,177	34,82
12	43	47,177	34,82
13	38	47,177	34,82
14	45	47,177	34,82
15	44	47,177	34,82
16	41	47,177	34,82
17	38	47,177	34,82
18	40	47,177	34,82
19	33	47,177	34,82
20	34	47,177	34,82
21	45	47,177	34,82
22	33	47,177	34,82
23	39	47,177	34,82
24	43	47,177	34,82

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Gráfico de control en base a la temperatura**



Fuente: elaboración propia.

Se procedió a eliminar los puntos de que se encontraban fuera de rango estadístico con un error del 5 por ciento y se procedió a realizar la tabla y realización de la gráfica.

Tabla XXXIII. **Recalculación de límites para la temperatura**

Acople superior		LS	LI
1	37	47,22	37,1
2	44	47,22	37,1
3		47,22	37,1
4	42	47,22	37,1
5	45	47,22	37,1
6	44	47,22	37,1
7	42	47,22	37,1
8	44	47,22	37,1
9	40	47,22	37,1
10		47,22	37,1
11	47	47,22	37,1
12	43	47,22	37,1
13	38	47,22	37,1
14	45	47,22	37,1
15	44	47,22	37,1
16	41	47,22	37,1
17	38	47,22	37,1



Al final del mes las toneladas físicas de primera y las mermas generadas deberán contabilizar el total de despacho de materia prima lingote de 130 X130 centímetros y 6 metros de largo.

Tabla XXXIV. **Clasificación de mermas**

CANTIDADES EN TONELADAS MÉTRICAS							
Materia	Ton. Físicas	Toneladas	Producto en	Punta y	Escoria	Chatarra	Punta de Varilla
Prima	de Primera	de Segunda	Retazo	Cola		No Relam.	
1 453,72	1 393,47	1,69	13,20	9,13	7,27	3,95	7,82
1 469,70	1 411,70	0,96	10,91	12,18	39,98	6,44	10,52
1 711,80	1 647,62	1,86	14,80	14,61	12,73	3,26	13,40
1 897,88	1 782,47	1,01	15,91	16,65	45,63	5,12	17,48
6 533,09	6 235,26	5,51	54,82	52,57	105,61	18,76	49,22
	95,02%	0,08%	0,84%	0,80%	1,61%	0,29%	0,75%
						TOTAL	99,38%

Fuente: elaboración propia.

Esta tabla muestra el total contabilizado de un mes de operaciones, se puede apreciar la materia prima despachada, las toneladas de varilla de primera que se produjeron de diferentes medidas, las varillas de segunda y las mermas que se clasificaran como producto en retazo, punta y cola, escoria, chatarra no relaminable, y punta de varilla además de los porcentajes respecto al total de materia prima despachada, en este caso se contabilizó un 99,38 por ciento del total de materia prima, lo que significa que 0,62 por ciento que representan 40,50 toneladas físicas que no se reflejaron en el mes.

Las posibles causas de la falta de dichas toneladas de materia prima en el conteo final sería que parte de la escoria se adhería al caudal de agua que se utiliza para enfriar los rodillos laminadores y se acumuló en los tanques de agua o quedaron varillas pendientes de contabilizar de la producción del mes.



### 3.4.3. Estandarización del procedimiento de mantenimiento de los castillos

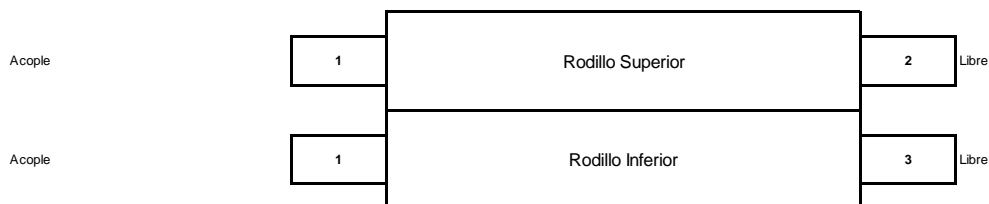
La estandarización es importante para normalizar los procesos. Para ello se han analizado las bitácoras de cambio de cojinetes en muñones para el continuo 8:

Tabla XXXV. Bitácoras de mantenimiento de castillos

Continuo No. 8							
Fecha de Instalación	Marca	Rodillo	Lado	Fecha	Falla	Cantidad	
09/05/2009	CHINO	Inferior	Acople	19/02/2010	Fractura	1	801669
09/05/2009	CHINO	Inferior	Libre	01/03/2010	Fractura	1	801669
27/02/2010	CHINO	Inferior	Libre	30/03/2010	Fractura	1	801669
-----	Torrington	Inferior	Libre	14/05/2011	Canasta fracturada	1	509098 <sup>a</sup>
03/05/2008	CHINO	Superior	Acople	16/03/2010	Fractura	1	509098 <sup>a</sup>
05/02/2008	FAG	Superior	Libre	24/07/2011	Fractura	1	509098 <sup>a</sup>
-----	CHINO	Superior	Libre	09/05/2011	Canasta desajustada	1	509098 <sup>a</sup>

FALLA		
FRACTURAS	=	71%
CANASTA FRACTURADA	=	29%

LADO DE FALLA		
ACOPLE	=	29%
LIBRE	=	71%



Fuente: elaboración propia.

#### **3.4.4. Ajuste de luz entre rodillos y verificación de las líneas de laminación**

La luz entre rodillos se establece dependiendo de la medida que se va a producir, los aspectos que se deben de considerar en cada pase del molino laminador son: evitar el exceso o falta de material, evitar los trabones entre pases por mala alineación y generación de los defectos de las varillas anteriormente mencionados.

La línea de laminación dentro del proceso es de gran importancia tenerla en consideración durante la calibración del molino, por medio la línea de laminación se logra una buena entrada y salida de material entre pases, esta línea de laminación está marcada en cada castillo y es calculada desde el nivel del suelo.

#### **3.4.5. Validación de materia prima a ingresar al horno de recocido**

Antes de ingresar la materia prima al horno de laminación se debe de realizar una inspección visual en donde se verifican los siguientes aspectos con la finalidad de no ingresar materia prima con defectos.

##### **3.4.5.1. Número de póliza**

El número de póliza regularmente es proporcionada por el proveedor de lingote y se debe de registrar desde el ingreso, se registra el peso total del lote de palanquilla y se identifica con su número de póliza, esto con la finalidad de llevar un control de materia prima en toda la producción.

### **3.4.5.2. Grado de dureza del material**

La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a alteraciones como la penetración, la abrasión, el rayado, la cortadura, las deformaciones permanentes; entre otras. Los grados de dureza del lingote que se usa es grado 60 (60 000 libras por pulgada cuadrada) y grado 40 (40 000 libras por pulgada cuadrada).

### **3.4.5.3. Escorias adheridas en el lingote**

Se realizó una inspección visual en donde se verificó los principales defectos que harán que el material no ingrese al proceso de laminado si presenta un porcentaje considerable de dicho defecto, a continuación se detalla la causa:

- Las escorias adheridas al lingote regularmente se hacen por mal enfriamiento del material, por falta de limpieza en área de producto final.

### **3.4.5.4. Rajaduras y deformaciones varias**

El control de calidad abarca aspectos tales como; grietas y deformaciones, si estas no se controlan no se cumple con los estándares de calidad esperados por la empresa.

Grietas

Las razones para la formación de grietas en frío son tensiones residuales internas que aparecen en el proceso de laminación, así como en el enfriamiento del metal después del laminado.

Curvas o dobleces

La posible causa sea el manejo del lingote en el proceso de producción o el manejo de la misma durante el transporte del proveedor hacia las instalaciones.

#### **3.4.5.5. Verificación de corte en cizalla CV-20**

La programación de la cizalla CV-20 presenta un giro preciso de los brazos, corta la varilla a 42 metros, no presenta dobles alguno o curvaturas por corte, la programación de la cizalla se ingresa desde cabina central y su corte impulsa la varilla hacia los frenas colas que se encarga de reducir la velocidad de la varilla antes que ingrese a la cama de enfriamiento.

#### **3.4.6. Programación de parámetros del molino**

Los parámetros que gobiernan los molinos permiten su buen funcionamiento. Se chequearon los parámetros en cabina central y los resultados fueron los siguientes.

- Corte de varilla en la cizalla

Se verificó en PLC de cabina central y está en conformidad con la medida que se produce.

- Abertura y cierre de frenacolas

Se verificó en PLC de cabina central y está en conformidad con la medida que se produce.

- Tiempo de proceso entre lingotes

Se verificó en PLC de cabina central y está en conformidad con la medida que se produce.

- Corte de punta y cola de la varilla

Se verificó en PLC de cabina central y está en conformidad con la medida que se produce.

- Cantidad de varillas por atados

Se contaron 5 atados aleatorios y están en conformidad respecto a la medida que se produce.

### **3.5. Calificación del proceso y producto final**

Y finalmente se puede llevar a cabo el análisis y estará enfocado principalmente al mes de abril del 2011, para determinar la conformidad del proceso en un mes de producción.

#### **3.5.1. Análisis de la productividad de la línea por medio de las toneladas producidas y la materia prima procesada**

A continuación se detalla los datos para el análisis tales como: el número de póliza de palanquilla que se utilizó, el peso promedio, fecha en la que se utilizó y el total en TF del mes.

Tabla XXXVI. Medida de la productividad

POLIZA	Long.	G	01-abr	02-abr	03-abr	04-abr	05-abr	06-abr	07-abr	08-abr	09-abr	10-abr	11-abr	12-abr	13-abr	14-abr	15-abr	Total
1949	4.00 Mts	40	95			9				152								256
4707	4.00 Mts	40	337			344	624	615	6									1926
4194	4.00 Mts	40				50												50
4194	3.00 Mts	40				1												1
4706	4.00 Mts	40				4						114	829	749	539	5		2240
5211	4.00 Mts	40						69	641	289								999
5211	3.00 Mts	40							3									3
4178	4.00 Mts	40							304			299	3		4			610
5216	4.00 Mts	40											4		201	758		963
3484	4.00 Mts	40															4	4
POLIZA	Long.	G	16-abr	17-abr	18-abr	19-abr	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	29-abr	30-abr	Total
5216	4.00 Mts	40											512	737	5	6		1260
3484	4.00 Mts	40												172	605	847	298	1922
4714	4.00 Mts	40									4							4
6038	4.00 Mts	40											4				689	693
2669 AA	4.00 Mts	60													99			99
3327 AA	4.00 Mts	60													17			17
2680 AA	4.00 Mts	60													27			27
5212 BB	4.00 Mts	60													4			4
6279	4.00 Mts	40														4		4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Tabla del total de palanquilla en toneladas físicas producidas durante el mes de abril del 2011

SEGÚN REPORTE DE MATERIA PRIMA							
POLIZA	LONGITUD	UNIDADES	CANTIDAD DE LINGOTE LONGITUD 4 MTS	PESO POR LINGOTE	TM	PESO PROMEDIO	TM
1949	8.00	496	256	18.85000	109.52	9.43145	109.51873
4178	8.00	305	610	21.84000	302.21	10.92221	302.21129
4706	8.00	1120	2240	22.26000	1130.85	11.12982	1130.85322
5216	8.00	1111.5	2223	22.17000	1117.76	11.08507	1117.75878
4194	4.00	249	51	11.33000	26.22	11.33471	26.22108
4707	4.00	1930	1926	11.30000	989.07	11.32137	989.06604
5211	4.00	1002	1002	11.32000	514.48	11.31964	514.48245
3484	4.00	1926	1926	11.35000	991.20	11.34583	991.20339
6038	4.00	693	693	11.33000	356.10	11.32843	356.10088
6279	4.00	4	4	11.36000	2.06	11.35750	2.06069
4714	8.00	2	4	23.14000	2.10	11.57000	2.09925
3327 AA	4.00	17	17	11.40000	8.79	11.40412	8.79389
2669 AA	4.00	99	99	11.43000	51.32	11.42919	51.32405
2680 AA	4.00	27	27	11.46000	14.03	11.45815	14.03293
5212 BB	4.00	4	4	11.31000	2.05	11.31500	2.05298
TOTAL			11082		5617.78		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXVIII. Total de toneladas físicas de varilla de primera**

Semanas		Código de Producción	Peso físico de varillas de primera
1	Del 1 al 9	PK-445/K-340	1715,13
2	Del 11 al 16	PK-345	1707,37
3	Del 25 al 30	1/2 Leg/ 5/8 Leg	1987,45
		TOTALES	5409,95

Fuente: elaboración propia.

Producto en proceso al inicio del mes = 97,21 TF

Producto en proceso al final del mes = 126,34 TF

Peso al Horno =  $5\,409,95 + 97,21 - 126,34 = 5\,588,65$  TF

Porcentaje de productividad = 96,80 %

- Análisis estadístico-económico de mermas generadas en el proceso

**Tabla XXXIX. Merms generadas durante el mes de abril**

Toneladas de Segunda	Producto en Retazo	Punta y Cola	Escoria	Chatarra No Relam.	Sobre Peso	Punta de Varilla
3,40	18,49	14,20	45,28	5,34	25,16	16,12
0,35	17,33	12,75	9,95	2,31	8,63	12,90
3,17	16,78	18,13	43,62	1,01	6,33	13,01
6,91	52,60	45,08	98,85	8,66	40,12	42,03
0,12%	0,94%	0,81%	1,77%	0,16%	0,72%	0,75%

Total de mermas en toneladas físicas = 247,22 TF

Precio aproximado por tonelada física = USD \$ 22,55 /TF

Costo de mermas generadas =  $(247,22 \text{ TF} \times \text{USD } \$ 22,55) = \text{USD } \$ 5\,574,81$

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.1.1. Comparación de mermas generadas antes de la implementación del método de validación en toneladas

La premisa detrás del análisis consiste en que, mediante la identificación de los procesos que constituyen las mejores prácticas y la comparación de los procesos reales que utiliza la empresa.

### 3.5.1.2. Cantidad de relaminable utilizado en el proceso

La cantidad de relaminable o material en proceso al inicio del mes de abril fueron 97,21 TF y al final del mes de abril el relaminable o producto en proceso fue de 126,34 TF lo que indica que el peso al horno para el mes de abril será:

Peso al horno = Total de MP + material al inicio- material al final

Peso al horno = 5 617,78 TF+97,21 TF-126,34 TF

Peso al horno = 5 588,65 TF

### 3.6. Validación del peso de varilla

A continuación se mencionan los pesos de las diferentes varillas:

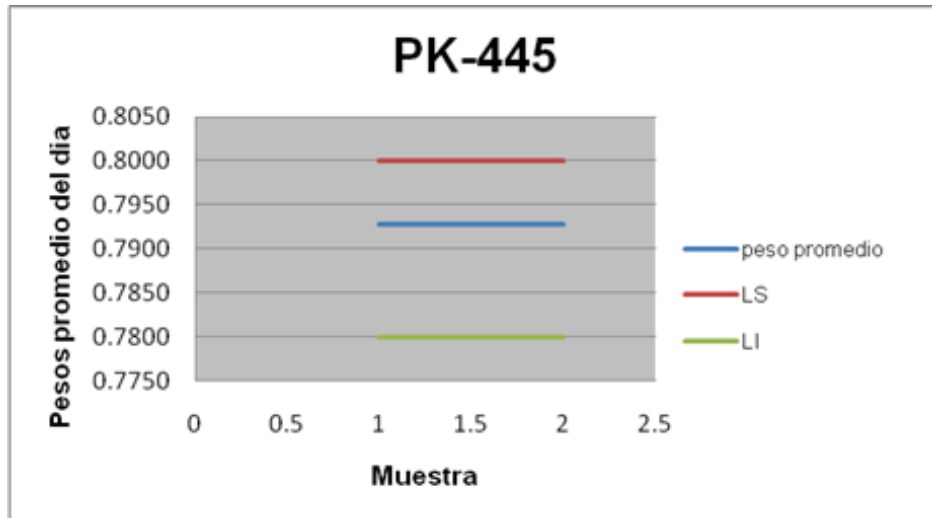
Tabla XL. Validación de varillas código PK-445

	No.	Fecha	Código	Medida	Grado	Peso Promedio 1er	Peso Promedio	LS	LI
1	1 N	01-abr	PK-445	11,2 mm x 6 m	40	0,7928	0,7900	0,8000	0,7800
2	1 N	01-abr	PK-445	11,2 mm x 6 m	40	0,7928	0,7900	0,8000	0,7800

Fuente: elaboracion propia.



Figura 32. Gráfico de control validación de varillas PK-445



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Validación de varillas código K-340

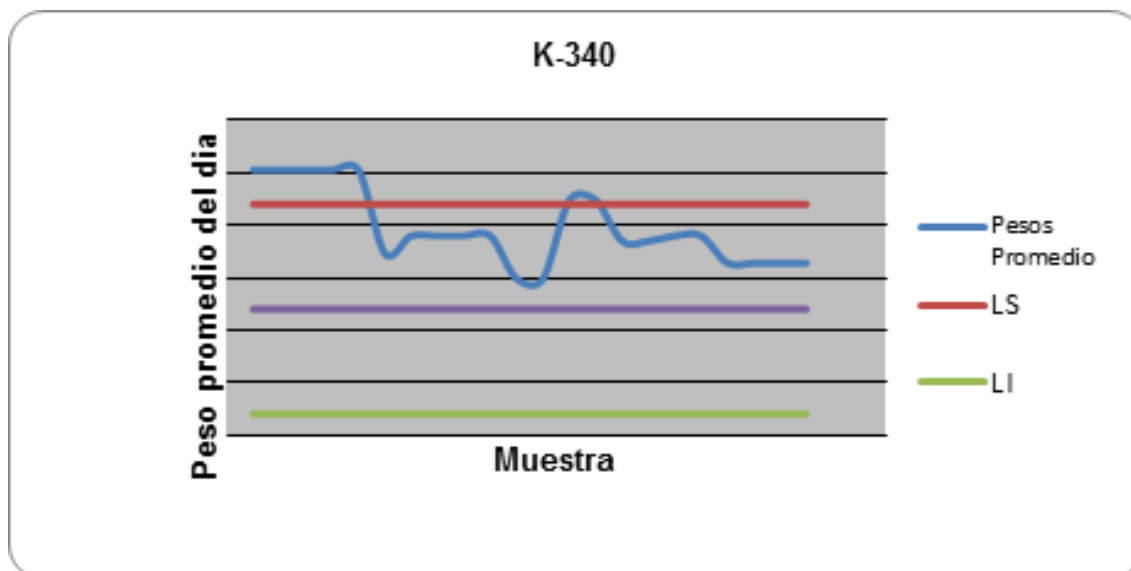
	No.	Fecha	Código	Medida	Grado	Peso	Peso	LS	LI
						Promedio 1er.	Promedio		
1	2 D	04-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,6903	0,6770	0,6870	0,6670
2	2 D	04-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,6903	0,6770	0,6870	0,6670
3	2 D	04-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,6903	0,6770	0,6870	0,6670
4	2 D	04-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,6903	0,6770	0,6870	0,6670
5	2 D	04-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,6903	0,6770	0,6870	0,6670
6	3 N	05-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,682	0,677	0,6870	0,6670
7	3 D	05-abr	K-340	7,7 mm x 9 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
8	3 D	05-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
9	4 N	06-abr	K-340	7,7 mm x 9 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
10	4 N	06-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
11	4 D	06-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,680	0,677	0,6870	0,6670
12	4 D	06-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,680	0,677	0,6870	0,6670
13	5 N	07-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,687	0,677	0,6870	0,6670
14	5 N	07-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,687	0,677	0,6870	0,6670
15	5 D	07-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670

Continuación de la tabla XLI.

16	5 D	07-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
17	6 N	08-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
18	6 N	08-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,684	0,677	0,6870	0,6670
19	6 D	08-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,681	0,677	0,6870	0,6670
20	6 D	08-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,681	0,677	0,6870	0,6670
21	6 D	08-abr	K-340	7,7 mm x 6 m	40	0,681	0,677	0,6870	0,6670
22	9 D	13-abr	K-340	7,7 mm x 9 m	40	0,681	0,677	0,6870	0,6670

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Gráfico de control validación de varillas PK-340**



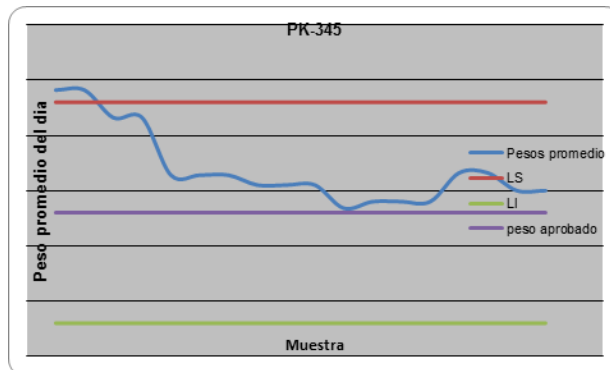
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Validación de varillas código K-345

	No.	Fecha	Código	Medida	Grado	Peso		LS	LI
						Promedio 1er.	Promedio		
1	7 D	11-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,779	0,768	0,778	0,758
2	7 D	11-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,779	0,768	0,778	0,758
3	8 N	12-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,777	0,768	0,778	0,758
4	8 N	12-abr	PK-345	8,2 mm x 6m	40	0,777	0,768	0,778	0,758
5	8 D	12-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,771	0,768	0,778	0,758
6	8 D	12-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,771	0,768	0,778	0,758
7	8 D	12-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,771	0,768	0,778	0,758
8	9 N	13-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,771	0,768	0,778	0,758
9	9 D	13-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,771	0,768	0,778	0,758
10	9 D	13-abr	PK-345	8,2 mm x 9 m	40	0,771	0,768	0,778	0,758
11	10 N	14-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,768	0,768	0,778	0,758
12	10 D	14-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,769	0,768	0,778	0,758
13	10 D	14-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,769	0,768	0,778	0,758
14	10 D	14-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,769	0,768	0,778	0,758
15	11 N	15-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,772	0,768	0,778	0,758
16	11 N	15-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,772	0,768	0,778	0,758
17	11 D	15-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,770	0,768	0,778	0,758
18	11 D	15-abr	PK-345	8,2 mm x 6 m	40	0,770	0,768	0,778	0,758

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Gráfico de control validación de varillas PK-345



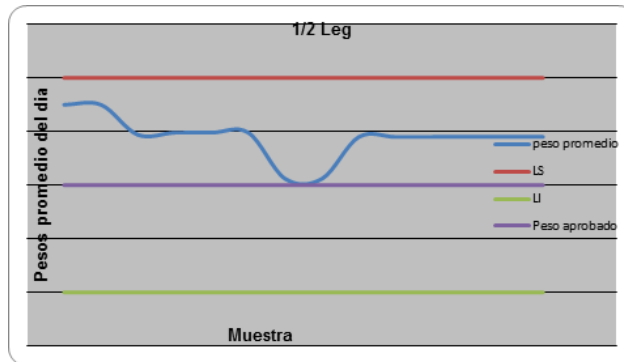
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Validación de varillas código 1/2 Leg

	No.	Fecha	Código	Medida	Grado	Peso		LS	LI
						Promedio 1er.	Promedio		
1	12 D	26-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,003	0,995	1,005	0,985
2	12 D	26-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,003	0,995	1,005	0,985
3	13 N	27-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,000	0,995	1,005	0,985
4	13 D	27-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,000	0,995	1,005	0,985
5	13 D	27-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,000	0,995	1,005	0,985
6	13 D	27-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,000	0,995	1,005	0,985
7	14 N	28-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	0,996	0,995	1,005	0,985
8	14 N	28-abr	1/2 Leg	12,32 mm x 6 mts	40	0,996	0,995	1,005	0,985
9	14 D	28-abr	1/2 leg	12,32 mm x 6 mts	40	1,000	0,995	1,005	0,985
10	14 D	28-abr	1/2 leg	12,32 mm x 12 mts	60	1,000	0,995	1,005	0,985
11	14 D	28-abr	1/2 leg	12,32 mm x 12 mts	60	1,000	0,995	1,005	0,985
12	14 D	28-abr	1/2 leg	12,32 mm x 12 mts	60	1,000	0,995	1,005	0,985
13	14 D	28-abr	1/2 leg	12,32 mm x 6 mts	60	1,000	0,995	1,005	0,985
14	14 D	28-abr	1/2 leg	12,32 mm x 6 mts	60	1,000	0,995	1,005	0,985

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Gráfico de control validación de varillas 1/2 Leg



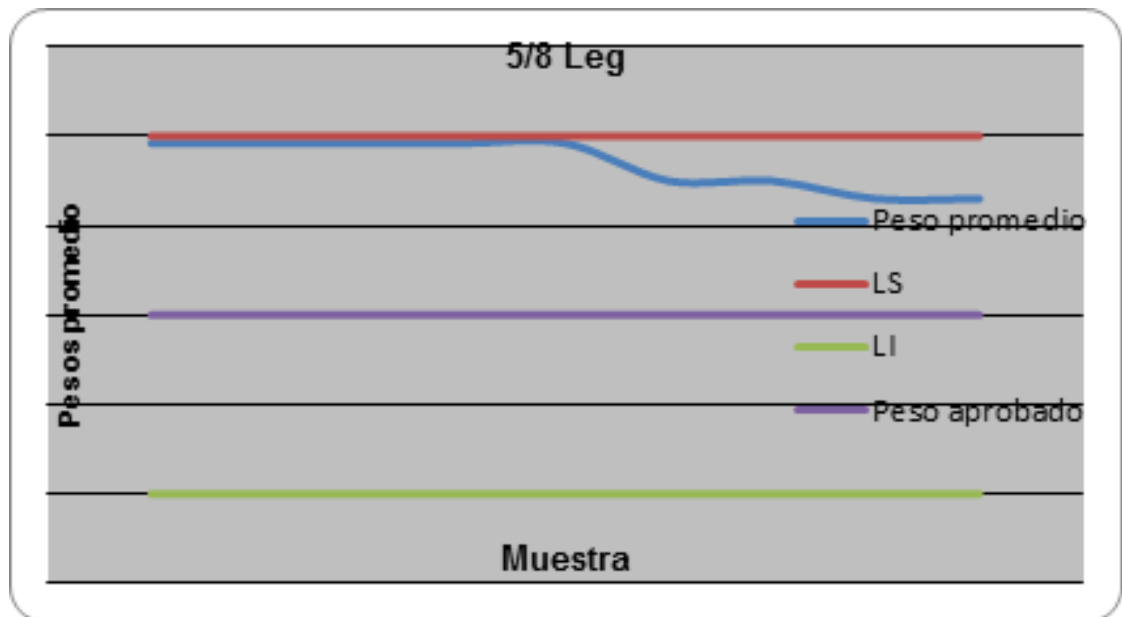
Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. Validación de varillas código 5/8 Leg

	No.	Fecha	Código	Medida	Grado	Peso		LS	LI
						Promedio 1er.	Promedio		
1	15 N	29-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,990	0,98	0,99	0,97
2	15 N	29-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,990	0,98	0,99	0,97
3	15 D	29-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,990	0,98	0,99	0,97
4	15 D	29-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,990	0,98	0,99	0,97
5	15 D	29-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,990	0,98	0,99	0,97
6	16 N	30-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,988	0,98	0,99	0,97
7	16 N	30-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,988	0,98	0,99	0,97
8	16 D	30-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,987	0,98	0,99	0,97
9	16 D	30-abr	5/8 Leg	15,5 mm x 6 mts	40	0,987	0,98	0,99	0,97

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Gráfico de control validación de varillas 5/8 Leg



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Cálculo del número de muestras a tomar durante el proceso**

Valor medio :  
 $Y = 3\ 116,14/40 = 77,9$   
 $Y = 77,9$

Desviación estándar  
 $\sigma = \sqrt{\sum(Y-y)^2} = 1,3446$   
 $N = 84\,000$

calculo de la muestra =  
 $M = \frac{\sigma^2 * P * Q * N}{e^2(N-1) + \sigma^2 * P * Q}$   
 $\sigma = 1,3446$   
 $P = 80\%$   
 $Q = 20\%$   
 $N = 84\,000$  varillas  
 $e = 5\%$

$M = \frac{(1,3446)^2(0,80)(0,20)(84\ 000)}{(0,05^2)(84000-1) + (1,3446^2)(0,80)(0,20)}$   
 $M = 115.55$  muestras = 116 muestras  
 $M = 11$  muestras/hora

Error		Total de muestras
5%		116
6%		81
7%		59
8%		46
9%		36
10%		29

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.1. Realización de una tabla de recopilación de datos

A continuación se pone un ejemplo de una recopilación de datos y se ordena en una tabla para mejor comprensión, en esta tabla se consideran las diferentes variables.

Tabla XLVI. Formato para recolección de datos

	Número de varilla					
MUESTRA	PESO (real) grs	LONGITUD (cms)	PESO(teórico) grs	PESO(varilla)grs	PESO(14varillas) grs	PESO(14varilla) lbs

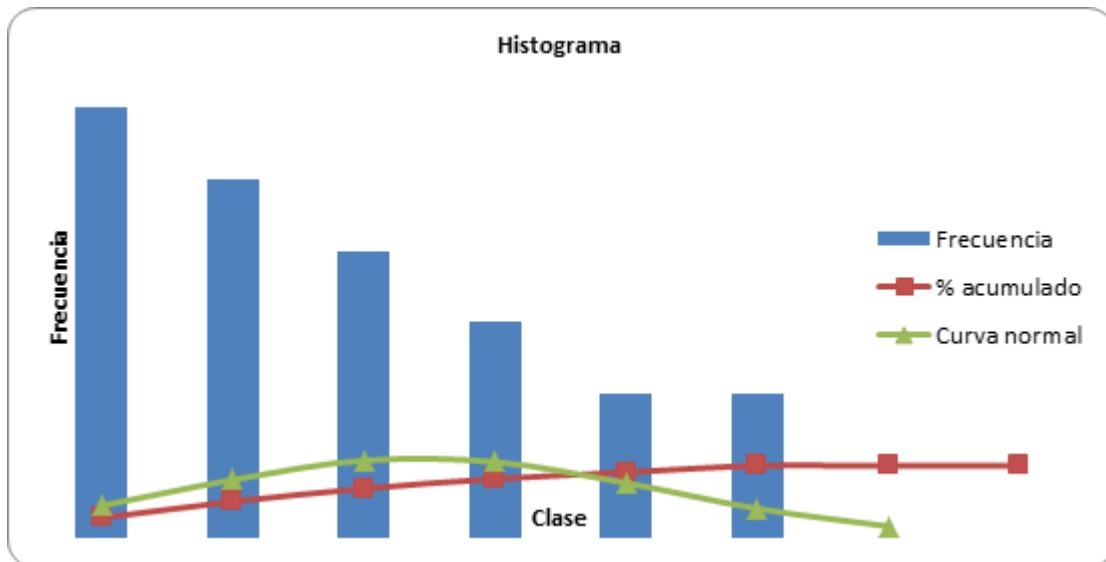
Fuente: elaboración propia.

#### 3.6.1.1. Realización de gráficos de control para determinar puntos fuera de control estadístico

Sirven para poder analizar el comportamiento de los diferentes procesos y poder prever posibles fallos de producción mediante métodos estadísticos. Estas se utilizan en la mayoría de los procesos industriales.

Figura 37. Cálculo de gráfico para puntos fuera de la curva

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado	Peso físico aprobado	LS	LI
0,680	2	9,09%	0,686	6	27,27%	0,6770	0,6870	0,6670
0,682	4	27,27%	0,692	5	50,00%	0,6770	0,6870	0,6670
0,684	3	40,91%	0,682	4	68,18%	0,6770	0,6870	0,6670
0,686	6	68,18%	0,684	3	81,82%	0,6770	0,6870	0,6670
0,688	2	77,27%	0,680	2	90,91%	0,6770	0,6870	0,6670
0,690	0	77,27%	0,688	2	100,00%	0,6770	0,6870	0,6670
0,692	5	100,00%	0,690	0	100,00%	0,6770	0,6870	0,6670
y mayor,,			y mayor,,					
,	0	100,00%	,	0	100,00%	0,6770	0,6870	0,6670

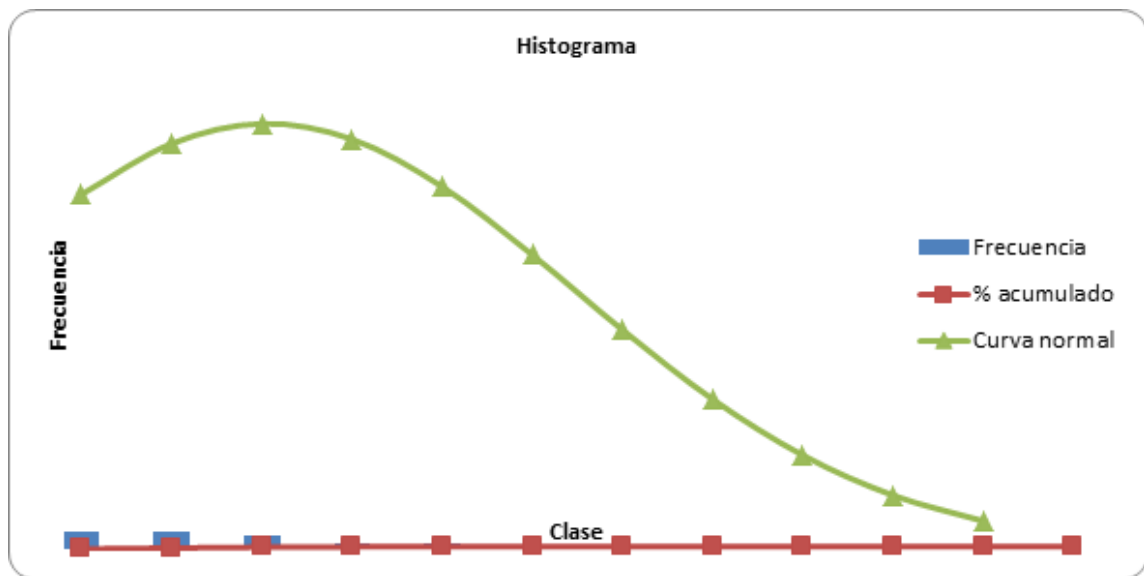




Continuación de figura 37.

### Validación de pesos para PK-345

Clase	Frecuencia	% acumulado	Clase	Frecuencia	% acumulado	Peso		
						físico aprobado	LS	LI
0,770	4	22,22%	0,771	5	27,78%	0,768	0,778	0,758
0,771	5	50,00%	0,772	5	55,56%	0,768	0,778	0,758
0,772	5	77,78%	0,770	4	77,78%	0,768	0,778	0,758
0,773	0	77,78%	0,777	2	88,89%	0,768	0,778	0,758
0,774	0	77,78%	0,780	2	100,00%	0,768	0,778	0,758
0,775	0	77,78%	0,773	0	100,00%	0,768	0,778	0,758
0,776	0	77,78%	0,774	0	100,00%	0,768	0,778	0,758
0,777	2	88,89%	0,775	0	100,00%	0,768	0,778	0,758
0,778	0	88,89%	0,776	0	100,00%	0,768	0,778	0,758
0,779	0	88,89%	0,778	0	100,00%	0,768	0,778	0,758
0,780	2	100,00%	0,779	0	100,00%	0,768	0,778	0,758
y mayor,,,	0	100,00%	y mayor,,,	0	100,00%	0,768	0,778	0,758



Fuente: elaboración propia.

### 3.6.2. Verificación de reducción de áreas en cada pase del molino como método de verificación de calibración

También se hizo una verificación para reducción de áreas en cada pase del molino como método de verificación de calibración, a continuación se detallan en la tabla.

Tabla XLVII. Reducción de áreas en el proceso de molino

PASE DEL MOLINO	PK-445	K-340
	Reducción de área en mm	Reducción de área en mm
Primer pase debaste	165 x 91	165 X 91
Segundo pase debaste	118 X 97	118 X 97
Tercer pase debaste	131 x 74	131 X 74
Cuarto pase debaste	94 x 78	94 X 78
Preparador 1	98 x 45	98 X 45
Preparador 2	50 x 50	50 X 50
Preparador 3	73 x 28	73 X 28
Preparador 4	32 x 32	32 X 32
Preparador 5 y 6	34 x 32	23,2 X 29,5
Continuo 0	35 x 16,1	35 X 13,2
Continuo 1	25 x 23,4	16,6 X 21
Continuo 2	25 x 12,8	25 X 10,5
Continuo 3	14,3 x 18,2	12,6 X 15,7
Continuo 4	20,2 x 14,1	18,2 X 12
Continuo 5	22 x 9,4	18,7 X 7
Continuo 6		9,3 X 11,7
Continuo 7		14,3 X 6

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.3. Verificación de características físicas del producto

Se tomó una muestra para medida PK-345, K-340, PK-445, 1/2 Leg a continuación los resultados.

### 3.6.3.1. Bigote

Las barras de producto corrugado deben cumplir unas características técnicas, para garantizar un cálculo correcto de las estructuras de hormigón armado. Entre las características técnicas destacan las siguientes:

Tabla XLVIII. Dimensiones de bigote

FECHA	01/04/2011	04/04/2001	11/04/2011	26/04/2011
MEDIDA	PK-440	K-340	PK-345	1/2 LEG
	Ancho Ribete (mm)	Ancho Ribete (mm)	Ancho Ribete (mm)	Ancho Ribete (mm)
MUESTRA	2,75	1,95	2	3
NORMA	4,85	3,63	3,63	4,85
	En conformidad	En conformidad	En conformidad	En conformidad

### 3.6.3.2. Corruga

Se trata de resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad.

Tabla XLIX. Dimensiones de corruga

FECHA	01/04/2011	04/04/2001	11/04/2011	26/04/2011
MEDIDA	PK-440	K-340	PK-345	1/2 LEG
	Espacio Long (mm)	Espacio Long (mm)	Espacio Long (mm)	Espacio Long (mm)
MUESTRA	7,72	5,41	6,37	7,9
NORMA	8,89	6,66	6,66	8,89
	En conformidad	En conformidad	En conformidad	En conformidad

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.3.3. Resaltado de símbolos de la compañía

Aspectos que se evaluaron en el resaltado:

Forma del Rayo:	En conformidad
Rasguños:	Ninguno
Nombre de la empresa:	Legible
Identificación de la medida:	En conformidad

### 3.6.3.4. Profundidad y separación de corruga

Se utiliza como refuerzo del concreto debido a que la superficie cuenta con rebordes o corrugaciones que inhiben el movimiento longitudinal entre la varilla y el concreto que la rodea.

Tabla L. Dimensiones profundidad y separación de corruga

FECHA	01/04/2011	04/04/2001	11/04/2011	26/04/2011
MEDIDA	PK-440	K-340	PK-345	1/2 LEG
	Altura (mm)	Altura (mm)	Altura (mm)	Altura (mm)
MUESTRA	0,89	0,98	0,52	0,81
NORMA	0,51	0,38	0,38	0,51
	En conformidad	En conformidad	En conformidad	En conformidad

Fuente: elaboración propia.

#### 3.6.3.4.1. Largo de la varilla

La longitud estándar de una varilla de acero es de 20 pies o 6 metros, según las normas aplicables a este elemento de construcción. Para ello se pone cuidado en el corte de la varilla.

Tabla LI. **Largo de varilla**

6 metros de longitud	En conformidad
Curvaturas	Ninguna
Dobleces en las puntas	Aceptable

Fuente: elaboración propia.

### 3.6.4. Realización de gráfica de tensión-deformación

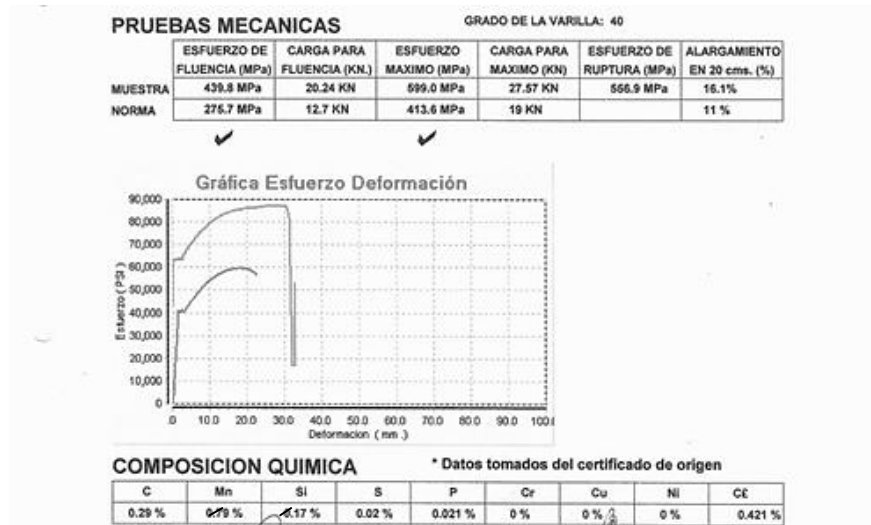
Se mide la deformación o alargamiento de la probeta entre 2 puntos fijos de la misma a medida que se incrementa la carga aplicada, y se representa gráficamente en función de la tensión.

Figura 38. **Medida PK-440**



Fuente: ASSA.

Figura 39. Medida K-340



Fuente: ASSA.

Figura 40. Medida PK-345

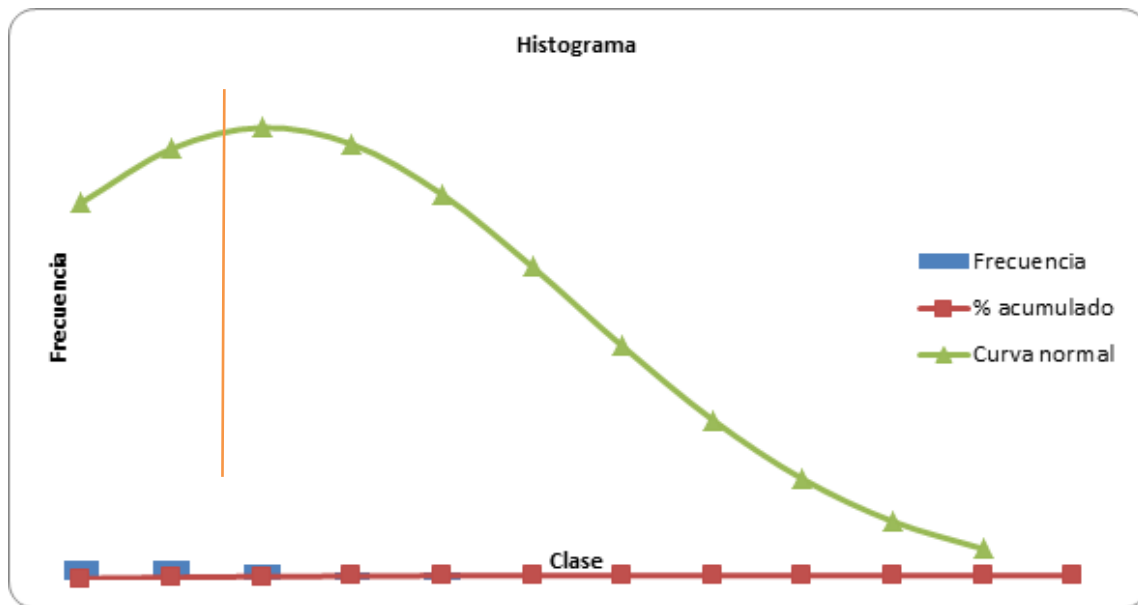


Fuente: ASSA.



Figura 42. **Cálculo final para muestra PK-345**

LS	0,779
LI	0,768
PROMEDIO	0,772
DESVIACION	0,0034
CP	0,5355
CPK	0,38



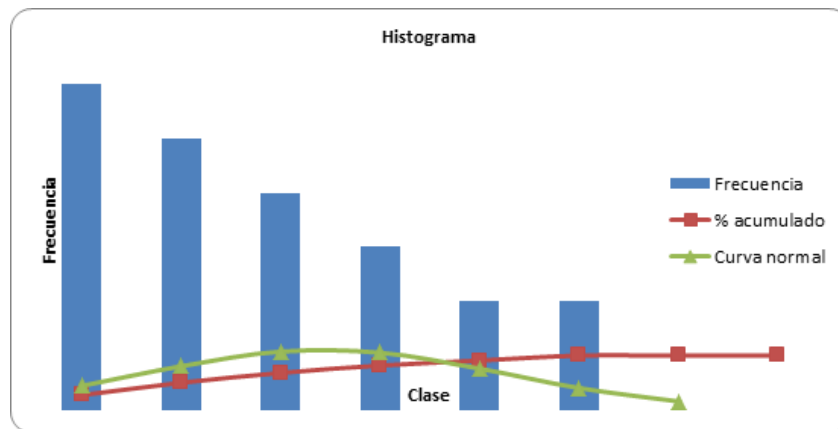
Fuente: elaboración propia.

Campana descentrada



Figura 43. **Cálculo final para muestra K-340**

LS	0,6903
LI	0,6799
DESVIACION	0,00360214
PROMEDIO	0,6848
CP	0,4811
CPK	0,4534



Fuente: elaboración propia.

### 3.6.6.1. Validado

Procesos que quedan validados por el seguimiento, mejora, control, y utilización son:

- Uso de los recursos tanto materiales como mano de obra
- Disminución de mermas comparado con el 2010
- Aumento de productividad por mejora de control del proceso
- Control y monitoreo del molino desde cabina central
- Control de seguridad industrial por el comité

### **3.6.6.2. No validado**

Variación de pesos de las varillas en el proceso

PK-345 no validado por resultados de los indicadores  $CP < 1$   $CP \neq CPK$  el proceso no es capaz.

K-340 no validado por resultados de los indicadores  $CP < 1$   $CP \neq CPK$  el proceso no es capaz.

## 4. IMPLMANTACIÓN DE LA PROPUESTA EN EL PROCESO DE LAMINACIÓN

### 4.1. Estudio sobre los beneficios de la propuesta

Se realizó el estudio de cuanto se puede ahorrar llevando un control de la línea de varilla corrugada, evitando pérdida de materia prima por paros y calibración en el molino:

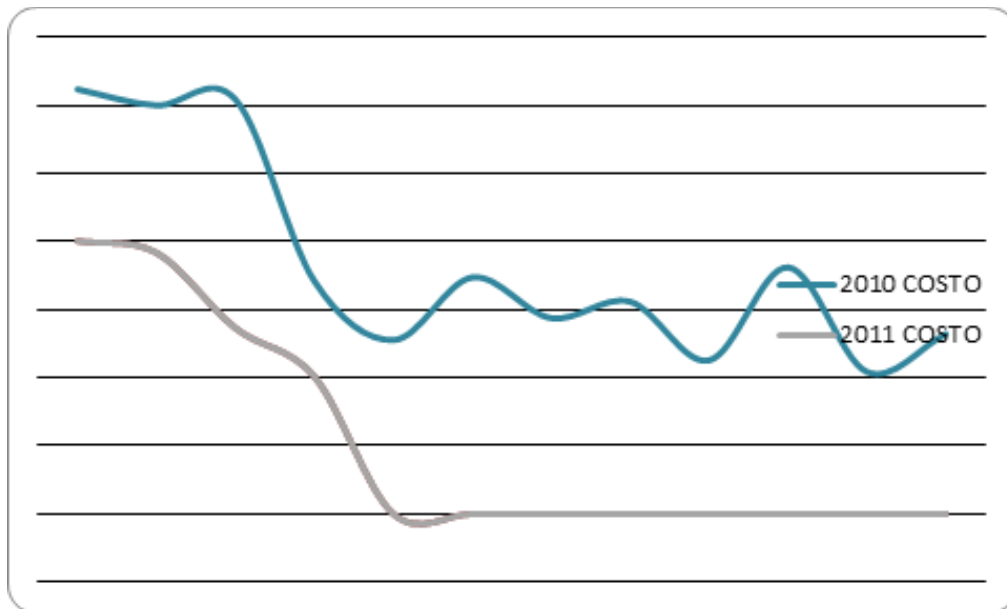
Tabla LII. Estadísticas correspondientes al 2010, posterior a la implementación de la propuesta

2010					
	MP UTILIZADA (Ton)	PRODUCTIVIDAD	MERMAS DEL MES (Ton)	% MERMAS	COSTO
ENERO	7 202,61	92,32%	552,87	7,68%	\$12 467,23
FEBRERO	7 642,80	93,04%	531,93	6,96%	\$11 995,03
MARZO	6 988,84	92,28%	539,63	7,72%	\$12 168,65
ABRIL	5 714,09	94,69%	303,17	5,31%	\$6 836,40
MAYO	5 996,66	96,22%	226,41	3,78%	\$5 105,53
JUNIO	5 881,13	94,76%	308,01	5,24%	\$6 945,70
JULIO	4 793,26	94,68%	255,02	5,32%	\$5 750,71
AGOSTO	3 851,89	92,83%	276,33	7,17%	\$6 231,27
SEPTIEMBRE	2 264,25	91,17%	199,93	8,83%	\$4 508,44
OCTUBRE	3 612,75	91,11%	321,12	8,89%	\$7 241,19
NOVIEMBRE	5 197,14	96,44%	184,94	3,56%	\$4 170,43
DICIEMBRE	5 002,69	95,32%	234,24	4,68%	\$5 282,11

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Estadísticas correspondientes al 2011, posterior a la implementación de la propuesta

2011					
	MP UTILIZADA (Ton)	PRODUCTIVIDAD	MERMAS DEL MES (Ton)	% MERMAS	COSTO
ENERO	6 562,21	94,59%	355,34	5,41%	\$8 012,89
FEBRERO	6 550,17	94,81%	339,99	5,19%	\$7 666,84
MARZO	7 533,32	96,79%	242,03	3,21%	\$5 457,86
ABRIL	5 588,65	96,80%	178,70	3,20%	\$4 029,72
MAYO					
JUNIO					
JULIO					
AGOSTO					
SEPTIEMBRE					
OCTUBRE					
NOVIEMBRE					
DICIEMBRE					



Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.1. Condiciones necesarias**

Para la implementación es necesaria la disposición de la dirección de la empresa para dar a conocer los procedimientos necesarios y crear conciencia en los colaboradores acerca de la importancia de los mismos para no ocasionar pérdidas de materia prima durante el proceso.

- Para la toma de muestras asegurarse que el proceso sea continuo.
- Contar con los formatos adecuados para la toma de datos durante el proceso.
- Contabilizar e interpretar dichos resultados.
- Crear un círculo de mejora continua.

#### **4.1.2. Estudio de tiempo para implementar el proceso de validación**

En este caso en particular es un proceso que se ha venido planificando desde el 2010 al llevar un control en cada punto del proceso, la implementación como tal depende del estado de la maquinaria desde sus cimientos hasta el funcionamiento de la misma.

La idea de la implementación es que si se encuentran hallazgos durante el proceso se puedan mejorar antes de continuar con el siguiente paso, es por ello que el tiempo realmente variaría dependiendo de la eficiencia con la que se rectifiquen las imperfecciones que surjan durante el proceso de validación.

Eliminar el problema de raíz es una garantía para que al momento de evaluar todas las características del producto los resultados estadísticos proyecten valores favorables y el proceso resulte en conformidad.

#### **4.1.3. Estudio técnico**

Conforma la segunda etapa de los proyectos, en el que se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la producción.

##### Objetivo general

El objetivo de la validación de procesos es eliminar el problema de raíz, abarcando desde el cimiento de la maquinaria hasta el control de las características del producto final.

##### Específicos

- Disminución de paros no programados en el proceso.
- Baja probabilidad de producto defectuoso.
- Control de las principales características del producto final.
- Aumento de la productividad.
- Reducción de mermas generadas durante el proceso de producción.

##### Actividades

- Calificación de la instalación
- Calificación de la operación
- Calificación del producto final

## Encargados

- Validador del proceso
- Directiva de la empresa
- Jefes de área

## Aspectos económicos

Desde el punto de vista económico el control del proceso logrará una disminución en el costo de mermas generadas en el proceso.

### **4.1.4. Recursos materiales**

Para la realización de la validación los recursos más importantes a considerar para la implementación son los siguientes:

- Formatos impresos para la toma de datos.
- Adquisición o creación de software para el análisis del producto final.
- Luz eléctrica.
- Computadora e impresora.
- Lápiz, lapicero y marcador.
- Cronómetro para medir los intervalos de tiempo.
- Muestras de producto final para análisis destructivos y no destructivos.
- Tablas de dibujo para la toma de datos en el proceso.
- Equipo de protección para el validador del proceso.

#### **4.1.5. Ventajas**

La implementación de estandarización de los procesos tiene varias ventajas desde el control de procedimientos hasta el control de los costos y además se mencionan las siguientes:

- Mejor control en los procedimientos de la empresa.
- Buena interpretación de resultados y toma de decisiones inmediatas.
- Elimina el problema de raíz.
- Mejora la eficiencia de las líneas de producción.
- Aumenta la productividad.
- Disminuye los paros no programados.
- Elimina procedimientos ineficientes.
- Se estandarizan los procesos tanto de mantenimiento como de producción.
- Verifica las condiciones de funcionamiento de la maquinaria desde sus cimientos hasta el producto final.
- Disminuye los costos por pérdida de materia prima o insumos.

#### **4.2. Presentación de la propuesta a gerencia**

Se realizará en base a comparación de la productividad de 2010 y 2011 teniendo mejoras favorables, además se presentará el ahorro que se tiene realizando un mejor control del proceso, esto se realizará a través de gráficas comparativas, todo en base a las toneladas físicas producidas y el costo en dólares por tonelada.



#### 4.3. Capacitaciones y reuniones

Es la adquisición de conocimientos técnicos, teóricos y prácticos que van a contribuir al desarrollo de los individuos en el desempeño de una actividad. Mediante las reuniones se dan a conocer los nuevos procesos.

Tabla LIII. **Agenda de reuniones y seguimiento**

jun-11	oct-10	ene-11	feb-11	abr-11	jun-11
Primera reunión de información de implementación	Resultados del análisis de equipos y hallazgos encontrados	Avances en la implementación	Capacitación para involucrar al personal operativo	Resultados de evaluación principales características del producto	Presentación a Gerencia general de mejoras en el proceso

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Sensibilización de los operadores

Se realizó una capacitación para en donde se dieron a conocer los beneficios y la función de cada uno para lograr los objetivos alcanzados, esto con la finalidad de involucrar al personal en la implementación de este método para lograr mejores resultados durante el proceso de fabricación de varilla corrugada.



## **5. MEDIO AMBIENTE Y PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

### **5.1. Contaminación del recurso hídrico durante el proceso de enfriamiento**

Se realizó un estudio para determinar el porcentaje de escoria, para ello se utilizó una probeta, un cronómetro, una mascarillas para el filtrado de escoria, este análisis se realizó en intervalos de tiempo, se hizo una gráfica para determinar la cantidad de gramos en el fondo de la probeta y se estableció la velocidad de decantado, a continuación se detallan los resultados.

#### **5.1.1. Reutilización de agua en el proceso de laminado**

Para lograr una reutilización del agua se debe de llevar un proceso de filtrado e intercambio de calor que permitan que a los rodillos laminadores se mantengan a una temperatura de 60 grados centígrados después de cinco minutos de haber parado el proceso, además el agua debe de llegar a los rodillos de laminación con un 99,95 por ciento libre de escoria e impurezas esto con la finalidad de evitar desgastes de rodillos, muñones y cojinetes.

Es por ello importante conocer la velocidad de decantado y la cantidad de gramos de escoria por litro de agua, estos dos datos se pueden utilizar para el cálculo del volumen de agua a almacenar en tanques, teniendo la demanda de agua de los molinos en metros cúbicos por hora.

Los gramos de escoria por metro cúbico y la velocidad de decantado en gramos por hora, establecen el volumen de agua que se debe tener para

garantizar que la circulación de agua permita que la mayoría de la escoria repose en el fondo y el porcentaje de sólidos que quedaran en suspensión serán extraídos por filtros antes de volver a ser reutilizados en el proceso de laminado.

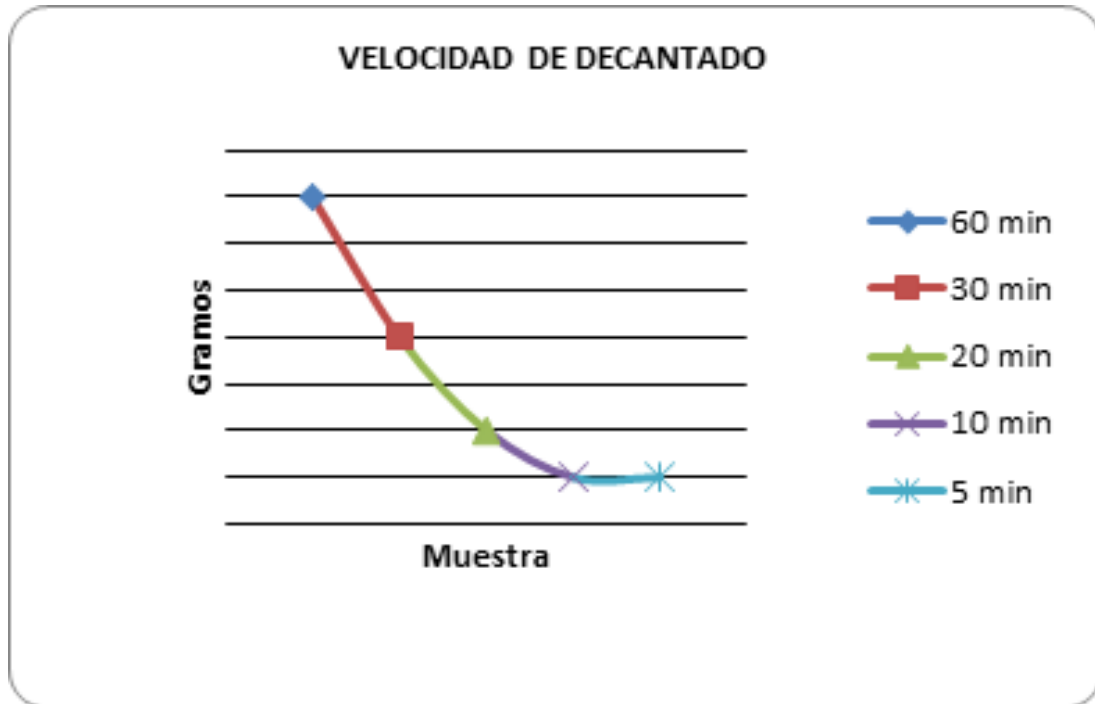
Tabla LIV. **Medida para gramos de escoria**

	Gramos de escoria	de %	Velocidad en grs/seg
2 horas			
60 min	0,7	100%	0,0117
30 min	0,4	57%	0,0133
20 min	0,2	29%	0,01
10 min	0,1	14%	0,01
5 min	0,1	14%	0,02
Promedio			0,013

Caudales		Aproximación de gramos por litro de agua	Grs/Lt
Debaste	25 m3/H/Sd		0,35
Intermedio	21 m3/H/ SD		
Acabadores	14 m3/H/SD		

Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Gráfico para la velocidad del proceso de decantado**



Fuente: elaboración propia.

### 5.1.2. **Proceso de filtrado de lubricantes y partículas de acero adheridas en el proceso**

Se tiene como proyecto la instalación de filtros para eliminar la escoria y aceites en suspensión que queda durante el proceso de decantación, el filtro que se adapta más al proceso según caudal de agua requerido por el proceso sería:

Figura 46. **Imagen de filtro**



Fuente: [http://aquabetter/product\\_Stainless-Steel](http://aquabetter/product_Stainless-Steel). Consulta: 1 de enero de 2013.

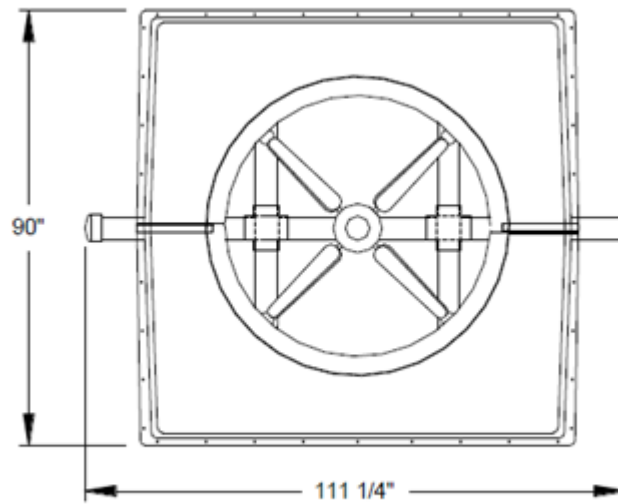
Este filtro se puede utilizar para filtrar hasta 300 GPM, es utilizado en torre y/o aplicaciones de agua helada donde se requiere filtrado de flujo completo, es de una sola pieza, tiene una tapa removible y contiene un filtro de acero inoxidable, la malla es de 60 micras, el filtro es de tejido de polipropileno y está diseñado para tener menos de una caída de presión.

### **5.1.3. Torre de enfriamiento**

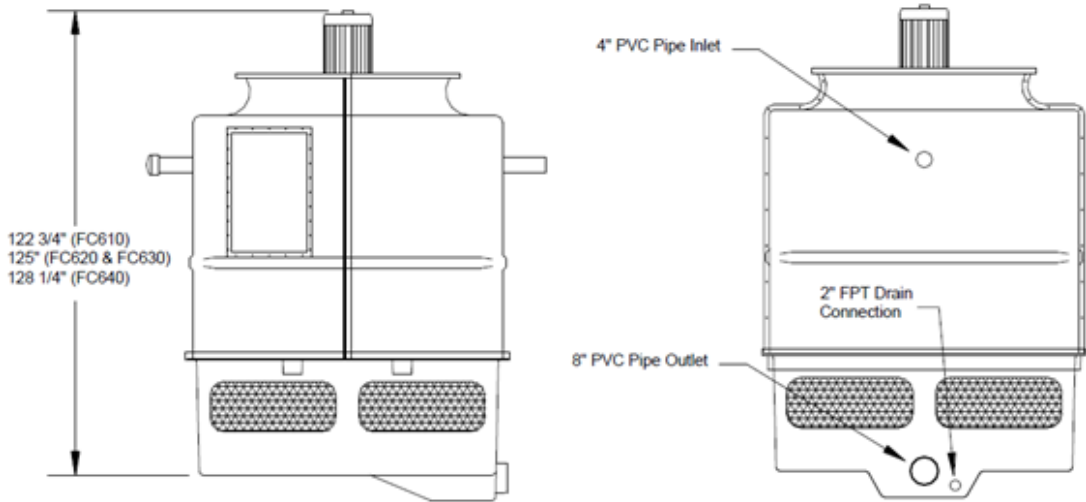
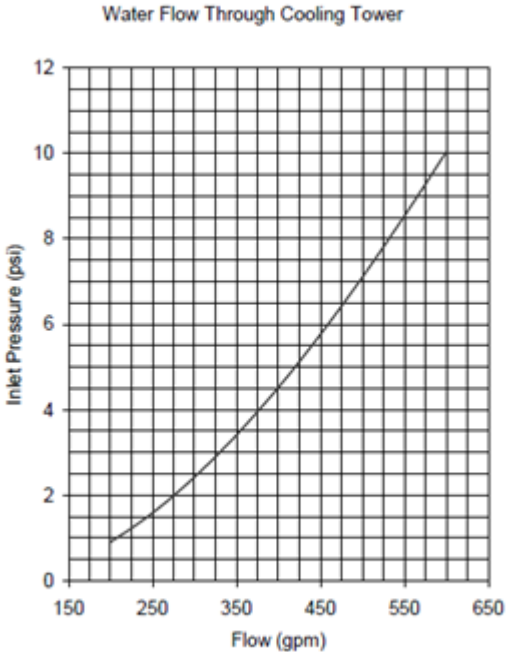
Actualmente el procedimiento de enfriamiento de agua se realiza por circulación del caudal a través de tanques de agua enfriándose a temperatura ambiente, se realizó un análisis de temperatura de los rodillos siguiendo las instrucciones del proveedor de rodillos laminadores (BRC).

Toma de temperaturas después de cinco minutos de haber parado el proceso, en donde se puede apreciar que algunos castillos laminadores están arriba de los 60 grados centígrados por lo que se ha considerado la instalación de una torre de enfriamiento que mejore la eficiencia del agua, a continuación se presenta un modelo que podría entrar como una opción a considerar para el proyecto:

Figura 47. Torre de enfriamiento

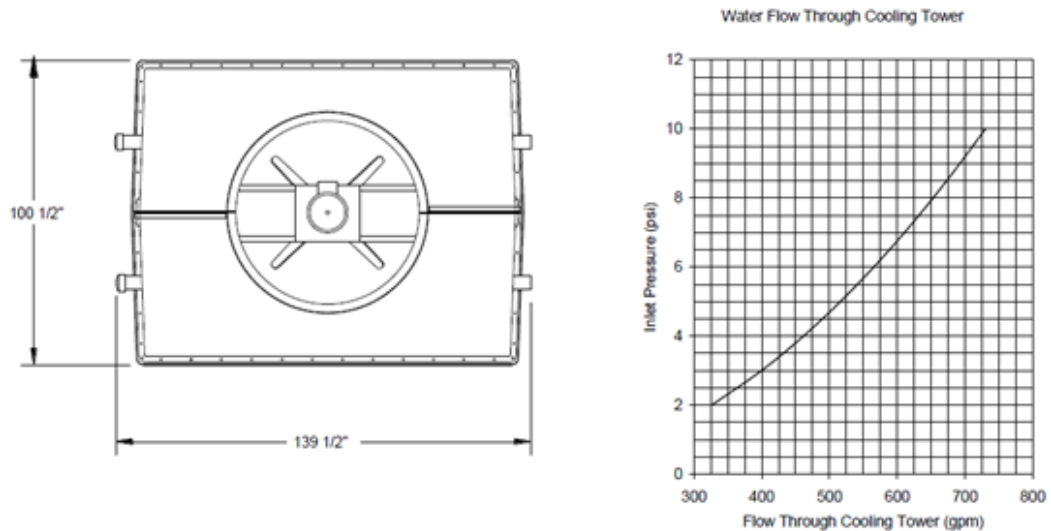


Continuacion de la figura 47.





Continuación de la figura 47



Fuente: ASSA.

Estas torres de refrigeración de la serie FC están diseñadas para uso al aire libre, 100 a 240 toneladas

## 5.2. Contaminantes sólidos generados en el proceso

La mayor concentración de contaminantes sólidos en el agua se genera principalmente por escoria del proceso de laminado según estudio realizado se sacó la cantidad promedio de escoria por litro de agua es 0,35 gramos por litro.

### 5.2.1. Reutilización del relaminable en el proceso

El relaminable actualmente denominado material en proceso es todo aquella materia prima que por algún interrupción en la continuidad del proceso se queda retenida en el cuarto pase de laminación, esta materia prima se evalúa para posteriormente ser sometida a un proceso llamado chatarreo, que

no es más que procesar esta materia prima y convertirla en varilla de primera ingresándola desde el preparador 6 al acabador.

Resulta más factible o más rentable volver a reprocesar este material y venderlo como varilla de primera que comercializarlo como chatarra, esto aumenta la eficiencia de las líneas y se obtiene más ingresos económicos.

### **5.2.2. Fundición de mermas**

El proceso de fundición en este caso es un proyecto que no resulta factible por falta de espacio y por ser un proceso complejo, toda la chatarra que sale del proceso (punta de varilla, cincho, punta y cola, colochó) se comercializa por tonelada física.

### **5.3. Leyes y reglamentos que regulan la contaminación del medio ambiente en lo referente a industrias acereras**

Guatemala cuenta con una serie de leyes y reglamentos que regulan el funcionamiento de industrias guatemaltecas con la finalidad de lograr un desarrollo sostenible.

El poder ejecutivo a través del ministerio de energía y minas y ministerio de medio ambiente y recursos naturales establece marcos legales y reglamentarios con los que toda industria o compañía debe cumplir.

### **5.3.1. Ministerio de Energía y Minas**

#### Ley de Comercialización de Hidrocarburos

ARTÍCULO 17. Terminales de almacenamiento. Toda persona individual o jurídica podrá almacenar para sí o para terceros, petróleo y/o productos petroleros para el consumo propio o para su comercialización, cumpliendo con lo prescrito en la presente ley y su reglamento, y leyes ambientales.

Quienes almacenen petróleo y productos petroleros para comercializarlos, deben venderlos a toda persona individual o jurídica, sin distingo alguno, que posea licencia para transformar, transportar, operar estaciones de servicio, expendios de GLP, exportar y para consumo propio.

ARTÍCULO 18. Licencia de almacenamiento. La solicitud de licencia para instalar y operar depósito de petróleo y/o productos petroleros para el consumo propio y/o para la comercialización, debe tramitarse ante la Dirección, consignando los datos de identificación del solicitante y dirección para recibir notificaciones, acompañando copias legalizadas de:

- a. Resolución de aprobación de la autoridad del medio ambiente, del estudio de impacto ambiental del proyecto de almacenamiento de petróleo o productos petroleros, cuando la capacidad exceda los ciento cincuenta y un mil cuatrocientos litros (151 400 litros).
- b. Testimonio de la Escritura Constitutiva de la Sociedad.
- c. Acta de Nombramiento del Representante Legal de la Sociedad.
- d. Las Patentes de Comercio de Empresa y de Sociedad.
- e. En el caso de persona individual: Cédula de vecindad y la Patente de Comercio.

- f. Constancia de inscripción como contribuyente en la Dirección General de Rentas Internas del Ministerio de Finanzas Públicas.
- g. Título de propiedad o contrato de arrendamiento de las instalaciones, conforme al reglamento de esta ley.

Se debe acompañar también la documentación técnica sobre las instalaciones, conforme al reglamento de esta ley. Se debe cumplir con lo preceptuado en los artículos 46 y 47 del Capítulo Único del Título V, Disposiciones Complementarias y Transitorias, de la presente ley.

## REGLAMENTO DE LA LEY DE COMERCIALIZACION DE HIDROCARBUROS

ARTÍCULO 14. Licencia de almacenamiento. La persona interesada en almacenar petróleo y/o productos petroleros para el consumo propio o para la venta, previamente debe obtener Licencia de Operación de Terminal de Almacenamiento o Licencia de Operación de Depósito, según sea el caso; cumpliendo con lo establecido en la Ley y el presente Reglamento. Para los efectos del presente Reglamento, las instalaciones de almacenamiento se clasifican en:

- a. Terminal o Planta de Almacenamiento de Petróleo y/o Productos Petroleros para el Consumo Propio o para la venta: integrada principalmente por tanques de almacenamiento cuya capacidad en conjunto corresponde a la Categoría B), sistema de tuberías de recepción, trasiego y despacho, área de recolección y tratamiento de efluentes y derrames de productos, área de carga y descarga de unidades de transporte, oficinas administrativas, laboratorio, parqueo y otros servicios conexos.

- b. Depósito de Petróleo y/o Productos Petroleros para el Consumo Propio o para la Venta: puede tener las diversas áreas, sistemas y equipos que integran la terminal o planta de almacenamiento, con la diferencia que la capacidad en conjunto de los tanques de almacenamiento corresponde a la Categoría A).

ARTÍCULO 15. Solicitud de licencia de terminal de almacenamiento y licencia de depósito. Además de la información requerida en la Ley, las solicitudes de Licencia de Operaciones de Terminal de Almacenamiento y Licencia de Operación de Depósito, deben incluir; calidad con que actúa el solicitante, listado, volumen mensual, procedencia y el destino de los productos que almacenará. Estas solicitudes deben acompañar la siguiente información y documentación:

- a. La documentación que establece la Ley, referente al almacenamiento; además, copia legalizada del testimonio de la Escritura Pública por medio de la cual se acredita la Propiedad o el Arrendamiento del terreno destinado a dichas instalaciones.
- b. Descripción general del proyecto de la terminal de almacenamiento o del depósito.
- c. Plano de Ubicación: que indique referencias de ubicación, acceso y colindancias del terreno donde se pretende instalar la terminal de almacenamiento o el depósito; así como construcciones, instalaciones y otra información importante a la distancia exterior de cien metros a partir de sus linderos; en formato ICAITI A2 (42,1 X 59,4 centímetros) firmado y timbrado por Ingeniero Civil colegiado activo.

- d. Planos de Localización: que contengan la planta general y distancias entre las construcciones e instalaciones existentes y las diversas áreas planificadas dentro del terreno, principalmente; oficinas administrativas, laboratorios, almacenamiento, aprovisionamiento y despacho de productos, tratamiento de derrames y desechos, y otras de importancia; en formato ICAITI A1 (59,4X 84,1 centímetros) firmados y timbrados por Ingeniero Civil colegiado activo.
  
- e. Planos de Detalles Técnicos: relativos al diseño e instalación del equipo principal y auxiliar de tanques de almacenamiento, sistemas de tuberías de recepción, trasiego, operación y despacho de productos, fosas o tanques de recolección y tratamiento de derrames y desechos, las construcciones en otras áreas que integrarán el proyecto de la terminal de almacenamiento o el depósito; en formato ICAITI A1, firmados y timbrados por Ingeniero Civil colegiado activo.
  
- f. Planos de Medidas de Seguridad: que indiquen el equipo principal y auxiliar de los sistemas de prevención y contingencia de incendios y de los sistemas de prevención, recuperación y tratamiento de emanaciones nocivas y derrames de petróleo y productos petroleros; en formato ICAITI A1, firmados y timbrados por Ingeniero Civil Industrial colegiado activo.
  
- g. Planos de Instalaciones Eléctricas: que indiquen las redes de suministro de energía eléctrica a las diversas áreas que conforman el proyecto de la terminal de almacenamiento o del depósito; en formato ICAITI A1, firmados y timbrados por Ingeniero Civil Electricista colegiado activo.

- h. Diagrama simplificado de la red de recepción, almacenaje y despacho del petróleo y/o productos petroleros que se pretenden almacenar; en formato ICAITI A1, firmado y timbrado por Ingeniero Industrial colegiado activo.
- i. Programa de desarrollo del proyecto por fases (diseño, adquisición de equipo y materiales, Construcción, pruebas de funcionamiento y etapas de puesta en servicio).
- j. Especificaciones técnicas y seguridad:
- La descripción de las especificaciones técnicas a que se sujetarán el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento.
  - Declaración de que los equipos, materiales, instalaciones y demás dispositivos a utilizarse en el proyecto cumplen con las especificaciones establecidas por las normas guatemaltecas obligatorias aplicables y que, a falta de dichas normas, satisfacen especificaciones técnicas internacionales aceptadas en la industria petrolera, como ANSI, API, ASME, ASTM y NFPA.
  - Descripción genérica de los métodos y procedimientos de seguridad que se utilizarán para la operación y el mantenimiento del proyecto de almacenamiento, indicando las pruebas que se efectuarán para verificar que las instalaciones cumplen las especificaciones técnicas contempladas en el inciso anterior j.2.

Debiéndose fijar la periodicidad para realizar dichas pruebas y la forma y los plazos para informar a la Dirección sobre los resultados obtenidos.

- La descripción de métodos y procedimientos de seguridad debe sustituirse al inicio de operaciones, por el Plan Integral de Seguridad que debe describir: el programa de mantenimiento preventivo y correctivo; análisis de riesgos; y, plan de contingencias.
- El solicitante debe justificar la elección de las especificaciones técnicas y los métodos y procedimientos de seguridad contemplados en los incisos anteriores j.1 y j.3., debiendo: manifestar que son suficientes y adecuados para garantizar la seguridad del proyecto; acreditar que generalmente se utilizan en la industria internacional para el almacenamiento de petróleo y productos petroleros; especificar sus fuentes, indicando si éstas se utilizarán en forma total o parcial y, en este último caso, justificar la omisión de las partes no incluidas; e, identificar las disposiciones legales o reglamentarias que hagan obligatoria su observancia y, cuando sean disposiciones extranjeras, presentar copia de las mismas.

ARTÍCULO 16. Trámite de licencia de terminal de almacenamiento y licencia de depósito. La solicitud debe presentarse ante la Dirección quien la cursará al Departamento de Transformación y Distribución, para que dentro de los diez días hábiles siguientes a su recepción, efectúe: el análisis técnico de la información y documentación que contiene la solicitud.

La inspección técnica del lugar donde se pretende construir la terminal de almacenamiento o el depósito.



El dictamen con las observaciones pertinentes para requerir el interesado que amplíe o modifique la información y documentación que contiene la solicitud, o bien, para autorizar o denegar la construcción de la terminal de almacenamiento o el depósito. La Dirección con base a ese dictamen y dentro de los diez días hábiles siguientes, emitirá la resolución correspondiente y la notificará al interesado.

Al finalizar la construcción de la terminal de almacenamiento o el depósito, el interesado debe informar a la Dirección; y dentro de los diez días hábiles siguientes, el Departamento de Transformación y Distribución inspeccionará, sobre lo construido y lo planificado.

Dirección con base a ese dictamen y dentro de los diez días hábiles siguientes, emitirá la resolución correspondiente y la notificará al interesado, con el propósito de otorgar la Licencia de Operación de Terminal de Almacenamiento de Petróleo y/o Productos Petroleros o la Licencia de Operación de Depósito de Petróleo y/o Productos Petroleros, para la Venta o para el Consumo Propio, o requerir al interesado que corrija las deficiencias detectadas en las instalaciones, previamente a otorgarle la respectiva Licencia de Operación que solicita.

### **5.3.2. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del Sector Público, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales, con

el fin de lograr un desarrollo transgeneracional, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.

## **6. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA PROPUESTA**

### **6.1. Evaluación de la propuesta**

La forma más conveniente de evaluar la propuesta es a través del costo por tonelada física pérdida durante los paros no programados o el costo de la varilla procesada defectuosa, si se reduce la probabilidad de paros de producción por mala calibración del molino, mantenimiento deficientes y se logra un mejor control durante el proceso la productividad aumentará como lo muestra la gráfica de comparación de productividad del 2010 comparado con el 2011.

### **6.2. Sistemas de evaluación para el control**

Se recomienda siempre llevar los formatos de listas de chequeo y en la medida ir mejorándolos para obtener información más precisa que ayuden a detectar con mayor facilidad cualquier anomalía durante el proceso y corregirla de forma inmediata.

### **6.3. Procedimientos necesarios para el mantenimiento del proceso de validación**

Se recomienda siempre un círculo de mejora continua para el proceso de validación, donde siempre se realiza una planificación, se ejecute, se verifique y se realicen siempre las correcciones que se detecten durante el proceso de validación.



## CONCLUSIONES

1. Respecto a la reducción de mermas generadas en el proceso se puede apreciar una reducción de mermas en el proceso si se hace la comparación en los meses de enero 2010 a abril 2010 versus enero 2011 a abril 2011 se muestra una reducción de mermas de 811,54 toneladas lo que representa un costo de \$18 300 dólares.
2. En lo que respecta a la seguridad del empleado se trabajó en capacitaciones denominadas trabajo seguro, donde se tocaron diversos temas como el bloqueo y etiquetado de maquinaria, trabajo en altura y espacios confinados.
3. La productividad en el uso de materia prima en promedio para el 2010 se mantuvo en promedio en un 93,74 por ciento para el 2011 con la implementación de la estandarización de calibración del molino en los primeros cuatro meses muestra una productividad promedio de 95,75 por ciento.
4. Para la realización de tablas de calibración se realizó un análisis estadístico en los días en los que la meta se alcanzaba y surgían el menor número de paros no programados por atascamiento en los diferentes pases del molino, se tomaron muestras en el proceso y se tomó como referencia la reducción de área en cada pase.

5. La mejora en los programas de seguridad industria se logró reforzando las cuadrillas de seguridad, señalización de rutas de evacuación e implementación de procedimientos de trabajo seguro tanto en el proceso de producción como para trabajos de mantenimiento.
6. Con la implementación de las tablas de calibración del molino para cada pase y medida a producir se redujo el tiempo en pruebas y paros no programados por mala calibración.
7. Con los planos de calibración para cada pase y cada medida se logró establecer el ancho y la altura ideal para obtener el área de reducción requerida, lo que garantizará que al llegar al pase final se tendrá el área necesaria para imprimir la corruga y el bigote, lo que reducirá el número de defectos proporcionados por el exceso de material en el último pase.
8. Los parámetros críticos serán controlados con tomas de muestras en el proceso en cada pase del molino de laminación para la revisión del área de reducción así como también toma de muestras en producto final para la verificación de los pesos.
9. Se realizaron pruebas de tensión deformación en el laboratorio de control de calidad las cuales demostraron que las varillas se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma.

## RECOMENDACIONES

1. Uso de la tesis para capacitación sobre proceso de producción de laminación en caliente de productos largos para los estudiantes de la carrera de ingeniería.
2. La planificación del proceso de validación es un paso esencial y primordial para mejorar principalmente los procesos de producción en industrias en general.
3. La comunicación entre el personal implicado es una herramienta importante durante la validación del proceso de producción.
4. El estado inicial del proceso a validar, los avances y el resultado final deben de ser publicados tanto para los altos mandos y el personal operativo.
5. Aplicar este proceso para aquellas áreas de producción donde se detecte mayor número de paros no programados, mayor generación de mermas, metas de producción no alcanzadas, entre otros factores que afecten la continuidad en el proceso de producción.





## BIBLIOGRAFÍA

1. DEVENPORT H. Thomas, *Innovación de procesos*. Madrid: Díaz de Santos, 1996. 344 p.
2. EVANS, James R. *Administración y control de calidad*. México: Cengage Learning, 2008. 800 p.
3. HANSEN, Ghare, et al *Control de calidad teoría y aplicación*, Madrid: Díaz de Santos, 1994. 568 p.
4. JURAN, J.M. *Manual de Control de Calidad*. Madrid: Reverte, 1990. 1509 p.
5. NAVARRO, Julián de la Horra Navarro. *Estadística Aplicada*. Madrid: Díaz de Santos 2003. 376 p.
6. RENDER, Barry, *Principios de administración de operaciones*, México: Pearson Educación, 2004. 306 p.
7. WALPOLE, Ronald. E.; Myers, Raymond H.; Myers, Sharon L.; *Probabilidad y estadística y para ingenieros*. 6ª ed México: Pearson Educación, 1999. 721 p.

