

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Reducción de desperdicios en una línea procesadora de
tubos y cañerías de acero”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Robert Nahim López Townsend

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

AGRADECIMIENTO

A mis padres por toda la dedicación apoyo y paciencia a lo largo de mi vida estudiantil. A mis compañeros y amigos por sus invaluable y sabios consejos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la persona que inspiró mi vida y que siempre esta conmigo donde quiera que el esté, mi abuelito.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Denise Rodríguez Z.
DIRECTORA DE TESIS

Dr. Kléber Barcia B.
VOCAL

Ing. Jorge Abad M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Robert López Townsend

RESUMEN

El presente estudio se realizará en una planta procesadora de acero comercial situada en la ciudad de Guayaquil, la misma que viene funcionando desde 1972, llegando a ser una de las primeras en su género, debido a que la calidad de sus productos reconocida por sus clientes a nivel nacional.

Después de un análisis preliminar de los niveles de producción y de desperdicios generados en cada una de las líneas de producción de la planta se pudo determinar como área para nuestro estudio a la línea de producción de tuberías y cañerías, debido a que representa aproximadamente el 29% del material procesado en la planta poner el valor aproximado en dólares, además presenta una pérdida generada por los desperdicios de aproximadamente 1% del total del material procesado.

Por esta razón, la tesis tiene como objetivo principal disminuir los desperdicios de material generados en el conformado de tuberías y cañerías en la planta procesadora de acero.

La tesis se desarrollará en dos etapas fundamentales, la primera esta compuesta por la descripción y análisis de la situación actual del sistema de control de materiales, identificando los problemas fundamentales de este sistema, como la diferencia de peso en los cierres de producción, la cantidad de merma generada y los niveles de producción.

La segunda parte de la tesis consistirá en el desarrollo y posterior implementación piloto de alternativas de solución para disminuir la cantidad de desperdicios catalogados como merma en la línea de conformado de tuberías y perfiles, usando los resultados de los análisis de la etapa anterior.

Con el estudio a efectuarse en la planta procesadora de acero se espera:

1. Tener un mejor control de todos los materiales utilizados en los procesos de conformado.
2. Disminuir la cantidad de desperdicios catalogados como merma en la producción de tuberías y perfiles.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE PLANOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Metodología.....	5
1.4 Estructura de la tesis	7
CAPÍTULO 2	
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	10
2.1 Historia de la Compañía	10
2.2 Descripción de principales productos	12

2.3 Participación en el mercado ecuatoriano.....	26
2.4 Descripción del proceso productivo	28
2.4.1 Corte de bobinas.-	29
2.4.2 Conformado de tubos	32
2.4.3 Reproceso de tubos.....	43
2.4.4 Despacho.-.....	55
2.5 Justificación del Problema	55

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL DE MATERIALES	59
3.1 Descripción del sistema de control de materiales aplicado	59
3.2 Análisis del proceso de control de materiales.....	82
3.2.1 Análisis Modular de Fallos y Efectos (AMFE)	82
3.3 Análisis de la información obtenida con la aplicación del sistema de control de materiales.....	89

CAPÍTULO 4

4. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	93
4.1 Determinación de alternativas de mejora para la reducción de material de segunda en el proceso de conformado de tubos y cañerías	93

4.1.1	Análisis Causa Efecto	94
4.1.2	Análisis de Pareto	96
4.2	Evaluación de alternativas de mejora	150
4.2.1	Análisis costo beneficio de alternativas de mejora	151
4.3	Elaboración de planes de acción piloto	166
4.4	Implementación piloto de planes de acción	168
4.5	Análisis de Resultados	175

CAPÍTULO 5

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
5.1	Conclusiones	176
5.2	Recomendaciones	180

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

AMFE: Análisis Modal de Fallas y Efectos
SCM: Sistema de Control de Materiales
HRB: Hardness Rockwell B
ASTM: American Society for Testing Materials
ISO: International Standards Organization
TERG: Tubo eléctrico Rígido Galvanizado
OP: Orden de Producción
NPR: Número de Prioridad de Riesgo
GMM: Grupo de Mejora de Merma
ULP: Unidad de Lanzamiento de Producto
RMP: Recepción de Materia Prima

SIMBOLOGIA

P: Valor presente del dinero

F: Valor futuro del dinero

i: Taza de interés

n: Números de periodos.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Metodología.....	6
Figura 2.1 Aceros laminados en caliente.....	13
Figura 2.2 Aceros laminados en frío.....	14
Figura 2.3 Aceros galvanizados.....	15
Figuras 2.4 Cañerías.....	18
Figura 2.5 Carpintería metálica.....	20
Figura 2.6 Carpintería metálica cerrada.....	21
Figura 2.7 Carpintería metálica abierta.....	22
Figura 2.8 Canales y correas.....	23
Figura 2.9 Ángulos y omegas.....	24
Figura 2.10 Planchas alisadas.....	25
Figura 2.11 Productos varios.....	26
Figura 2.12 Productos laminados.....	26
Figura 2.13 Participación de las empresas en el mercado Ecuatoriano.....	28
Figura 2.14 Corte de Bobinas.....	29
Figura 2.15 Desenrollador.....	30
Figura 2.16 Rodillos aplanadores.....	30
Figura 2.17 Cizalla Vertical.....	31
Figura 2.18 Cizalla Circular.....	32
Figura 2.19 Flujo de Proceso de Conformado de Tubos y Cañerías.....	34
Figura 2.20 Porta rollo.....	35
Figura 2.21 Acumuladores.....	37
Figura 2.22 Pinch Roll.....	38
Figura 2.23 Bancada Formadora.....	38
Figura 2.24 Bastidores y Cajas Laterales.....	39
Figura 2.25 Paso soldador.....	39
Figura 2.26 Virutero.....	40
Figura 2.27 Bancada Calibradora.....	41
Figura 2.28 Carro de corte.....	42
Figura 2.29 Dedimpler.....	45
Figura 2.30 Probador Hidrostático.....	46
Figura 2.31 Embalaje de Productos.....	47
Figura 2.32 Proceso de Galvanizado.....	48
Figura 2.33 Enderezador.....	51
Figura 2.34 Tronzador.....	52
Figura 2.35 Biseladora.....	52

Figura 2.36 Roscadoras	53
Figura 2.37 Distribución Porcentual de Producción	57
Figura 3.1 Sistema de Control de Materiales	60
Figura 3.2 Tiras picadas	66
Figura 3.3 Tiras doble capa	67
Figura 3.4 Tiras fuera de norma	69
Figura 3.5 Tiras abiertas	69
Figura 3.6 Tiras fuera de flecha	70
Figura 3.7 Tiras marcadas	71
Figura 3.8 Tiras con empate	72
Figura 3.9 Flujo de información - Conformado de tubos y cañerías Tubera 1	80
Figura 3.10 Flujo de Información – Conformado de TERG.....	81
Figura 3.11 Formato AMFE	84
Figura 3.12 Generación de Merma de Origen por Proveedor.....	91
Figura 4.1 Diagrama de Ishikawa – Calidad.org.....	95
Figura 4.2 Diagrama de Pareto de merma del área de tuberías.....	97
Figura 4.3 Diagrama de Ishikawa – Tiras abiertas.....	99
Figura 4.4 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falla de maquinaria	101
Figura 4.5 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Unión de punta y cola	102
Figura 4.6 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falla de materia prima	102
Figura 4.7 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falla de operador....	103
Figura 4.8 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falla de control de calidad	103
Figura 4.9 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falta de energía.....	104
Figura 4.10 Diagrama de Pareto – Tiras abiertas	105
Figura 4.11 Diagrama de Ishikawa – Viruta	107
Figura 4.12 Diagrama de Ishikawa de Viruta – Falla de scarfing.....	108
Figura 4.13 Diagrama de Ishikawa de Viruta – Falla de operador	108
Figura 4.14 Diagrama de Ishikawa – Tiras con empate.....	110
Figura 4.15 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Unión de punta y cola	111
Figura 4.16 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Falla de maquinaria.....	111
Figura 4.17 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Falla del operador	112
Figura 4.18 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Materia prima y suministros	112
Figura 4.19 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Corrosión de materia prima.....	113
Figura 4.20 Diagrama de Pareto – Tiras con empate	114
Figura 4.21 Diagrama de Ishikawa – Tiras por calibración	116

Figura 4.22	Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falta de procesos de control de calibración	117
Figura 4.23	Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falla por calibración manual.....	118
Figura 4.24	Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falla de material.....	118
Figura 4.25	Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falla de maquinaria.....	119
Figura 4.26	Diagrama de Ishikawa – Tiras por calibración	120
Figura 4.27	Diagrama de Ishikawa – Despunte de flejes.....	122
Figura 4.28	Diagrama de Ishikawa de Despunte de fleje – Falta de procesos anteriores.....	123
Figura 4.29	Diagrama de Ishikawa de Despunte de fleje– Falta de control del departamento de control de calidad.....	123
Figura 4.30	Diagrama de Ishikawa de Despunte de fleje – Falta de control del departamento de control de calidad.....	124
Figura 4.31	Diagrama de Ishikawa – Tiras dañadas por flejes defectuosos	125
Figura 4.32	Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta de control del Departamento de control de calidad.....	125
Figura 4.33	Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta en proceso de corte	126
Figura 4.34	Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta en cortadoras	126
Figura 4.35	Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Corrosión de la materia prima	127
Figura 4.36	Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta de materia prima	127
Figura 4.37	Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta de operador de cortadora	128

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag
Tabla 1: Tubos redondos, cuadrados y rectangulares	17
Tabla 2: Cañerías.....	19
Tabla 3: Ventas anuales de productos de acero.....	27
Tabla 4: Operaciones del área de reproceso	44
Tabla 5: Producción anual por área	56
Tabla 6: Porcentaje de merma por centro.....	57
Tabla 7: Criterios de evaluación del AMFE.....	86
Tabla 8: AMFE de proceso de conformado de tubos y cañerías	87
Tabla 9: Clasificación de los proveedores por generación de merma de origen	90
Tabla 10: Distribución de merma por atributos	92
Tabla 11: Clasificación de causas raíz - Tiras abiertas.....	105
Tabla 12: Clasificación de causas raíz - Tiras con empate.....	114
Tabla 13: Clasificación de causas raíz - Tiras por calibración	120
Tabla 14: Tabla de porcentajes de aportación de defectos	130
Tabla 15: Tabla de porcentajes de aportación de causas.....	130
Tabla 16: Frecuencia de daños por componentes - Tuberías.....	133
Tabla 17: Problemas característicos de pasos formadores y calibradores ..	133
Tabla 18: Costos del plan de mantenimiento	157
Tabla 19: Costos de instrumentos de medición	159
Tabla 20: Costos del plan de capacitación	160
Tabla 21: Flujo de gastos de plan de trabajo - Total.....	163
Tabla 22: Reducción de merma esperada	164
Tabla 23: Cálculo del Valor Presente de los gastos	165
Tabla 24: Cálculo de VAN y TIR	165
Tabla 25: Metas Master Plan	167

ÍNDICE DE PLANOS

Plano #1: Patrón de comprobación - Rodillo 13 scarfing Anexos

INTRODUCCIÒN

La inestabilidad de los mercados de acero a nivel mundial, la competencia, los altos costos de financiamiento son factores que obligan a nuestras empresas a buscar la forma de reducir los costos de producción, con el único objetivo de mantener o aumentar de ser posible las utilidades percibidas.

Una de las formas de lograr este objetivo es disminuir o eliminar los desperdicios generados durante los diferentes procesos de fabricación.

Es por esta razón que en este trabajo se implementó primero un Sistema de Control de Materiales, capaz de balancear, e identificar cada uno de los materiales que entran o salen de un proceso.

Con este control se logró clasificar y priorizar los desperdicios generados en el proceso identificado como crítico. Estos

desperdicios fueron analizados a través de un diagrama Causa – Efecto, el cuál nos ayudó a identificar el origen raíz de los mismos.

En base a este resultado y al obtenido del análisis AMFE del proceso identificado como crítico, se elaboró un grupo de alternativas de mejora que fueron analizadas económicamente por la Directiva.

La implementación piloto de estas propuestas logró mejoras importantes en los procesos y en a generación de desperdicios, las cuales son evidenciadas al final de este trabajo.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Actualmente una de las preocupaciones más grandes de las empresas es encontrar un método a través del cual pueda incrementar sus utilidades reduciendo sus costos. Es por esta razón que la empresa objeto del estudio encuentra la necesidad de mejorar sus líneas productivas, con el propósito de disminuir los desperdicios generados y así reducir los costos de producción.

Una de las razones fundamentales para que la empresa decidiera mejorar sus procesos, es la gran cantidad de desperdicios o material de segunda¹ y chatarra que se genera.

Por lo tanto, se plantearán propuestas de mejora para disminuir la cantidad de desperdicio generado en la línea de procesamiento de tubos y cañerías, que como se demostrará mas adelante, es la que presenta las mayores perdidas económicas relacionadas a la merma.

1.2 Objetivos

El objetivo general de la tesis es la reducción del material de segunda o chatarra a través de mejoras en el proceso

Entre los objetivos específicos de la tesis se encuentran:

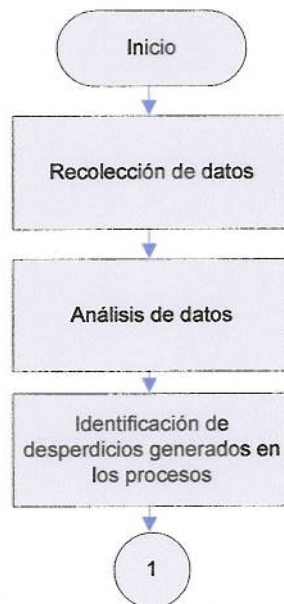
- a) Identificar todos los tipos de desperdicios generados en el proceso de conformado de tubos y cañerías.
- b) Aplicar un sistema de control de materiales para balancear el material que entra y sale a los procesos productivos

¹ Material de segunda: Producto final que no cumple con las normas de calidad usadas en la empresa

- c) Identificar las causas de la generación de tubos y cañerías de segunda y de chatarra.
- d) Plantear alternativas de mejora para la disminución de producto de segunda y chatarra.
- e) Realizar un breve análisis de los resultados para explicar los beneficios que se obtengan.

1.3 Metodología

La metodología a usar en el desarrollo de la tesis se describe en el siguiente diagrama de flujo



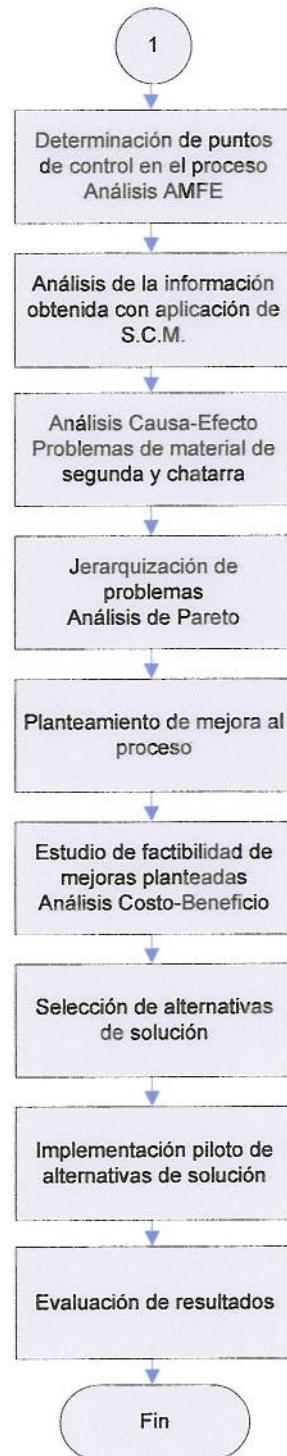


Figura 1.1 Metodología

1.4 Estructura de la tesis

Capítulo 2

Este capítulo contiene una breve historia de la compañía objeto de estudio, la descripción de todos sus productos, y la participación de los mismos en el mercado ecuatoriano.

Además el capítulo incluye la descripción de las operaciones que forman el proceso de conformado de tubos, desde el corte de las bobinas, hasta su despacho como producto terminado.

También se describe la razón por la cual el área seleccionada para realizar el estudio fue la línea de conformado de tubos y cañerías, considerando los problemas de generación de desperdicios en dicha línea.

Capítulo 3

El Sistema de Control de Materiales utilizado antes del análisis de operaciones en el proceso de conformado de tuberías es objeto de estudio en este capítulo. Se analizará los documentos de control generados durante el proceso con este sistema y a

través de un Análisis Modal de Fallos y Efectos se determinarán los puntos de control necesarios.

También se describe el Sistema de Control de Materiales aplicado en la compañía después del análisis de operaciones, incluyendo los procedimientos, instructivos y documentos de control.

Se detalla la metodología de implementación de este Sistema de Control de Materiales, y el análisis de la información obtenida con la aplicación del mismo.

Capítulo 4

Se definen en este capítulo las posibles oportunidades de mejora en el proceso con el objetivo de evitar la generación de producto de segunda y de chatarra, usando para esto el resultado de los análisis de la información generada por la aplicación del Sistema de Control de Materiales. Para lograr este objetivo se utilizará un análisis de Causa – Efecto para determinar los problemas raíz de cada uno de los defectos encontrados en el análisis de la aplicación del sistema, y un

análisis de Pareto para determinar y seleccionar los problemas que generan la mayor cantidad de defectos en el proceso.

En este capítulo se realiza un análisis Costo – Beneficio de las alternativas de solución planteadas a los problemas seleccionados en el capítulo anterior. Dicho análisis permitirá verificar la factibilidad de estas alternativas y efectuar una toma de decisiones acertada.

Además en este capítulo se describe la planificación realizada para la implementación de las alternativas de solución seleccionadas, así como la ejecución final de las mismas.

Por último en este capítulo se efectúa un análisis de los resultados obtenidos con las mejoras implementadas en la línea de producción de tubos y cañerías.

Capítulo 5

En este capítulo se realiza una revisión de los resultados generales del estudio, así como las recomendaciones efectuadas al mismo.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Historia de la Compañía

La empresa objeto de nuestro estudio fue fundada en Septiembre de 1972 con el objetivo de producir perfiles abiertos (canales y correas) al mercado local. En 1975 abre su primer local de distribución en la ciudad de Quito. Con el transcurso de los años, esta empresa fue expandiendo sus líneas de producción con la instalación de la primera máquina tubera en su planta en 1978.

En 1979 instala una planta de galvanizado con el fin de producir tuberías y cañerías galvanizadas.

Durante muchos años, se dedicó a la producción de productos de acero cuya materia prima son bobinas de acero laminadas en caliente, en frío o galvanizadas. Los clientes en su mayoría eran compañías dedicadas a comercializar productos de acero, las cuales se encargaban de distribuir a nivel nacional los productos.

En 1997, se realiza una fusión con una industria muy conocida del mismo género, convirtiéndose en una de las comercializadoras de acero más grandes del país. Desde ese entonces, esta empresa cuenta con puntos de venta propios en Cuenca, Ambato y Guayaquil, además se amplía físicamente el local que tenía desde 1975 en la ciudad de Quito.

En enero de 2000 abre un local en la ciudad de Manta. En febrero de 2002 completa su red de distribución con un local en Santo Domingo de los Colorados. En Julio de 2002 preocupados por innovar y mantenerse como el productor y comercializador de productos de acero más grande del país, crea un Centro de

Servicios cuyo objetivo es procesar acero en medidas y formas especiales de acuerdo a las necesidades de sus clientes.

Actualmente cuenta con una segunda planta frente a la principal, en estos nuevos galpones existe una máquina tubera capaz de fabricar productos con dimensiones superiores a las que se fabrican en la planta principal. Además esta planta cuenta con áreas de almacenamiento de tubos, perfiles, vigas y planchas nacionales e importadas.

Por su variedad de productos, la calidad de los mismos y el servicio que brindan sus centros de distribución, esta empresa se ha convertido en una de las principales productoras y comercializadora de productos de acero en el Ecuador.

2.2 Descripción de principales productos

La empresa utiliza para elaborar sus productos tres tipos de acero:

Aceros Laminados en Caliente



Figura 2.1 Aceros laminados en caliente

Son aceros de muy bajo contenido de carbono, con niveles que van desde el 0.1 % a 0.26%. Estos aceros son laminados en hornos a altas temperaturas, por lo cual se puede contar con esta materia prima en espesores que van desde los 1.5 mm. a los 50 mm.

El acero laminado en caliente se lo puede encontrar como acero laminado en caliente estructural y laminado en caliente comercial. La principal diferencia entre estos tipos de acero, es el porcentaje de elongación de los mismos, que para el acero laminado en caliente estructural es de 20% y para los laminados en caliente comercial es del 32%, es por eso que este último se usa generalmente en la elaboración de tubos y cañerías.

Aceros Laminados en Frío



Figura 2.2 Aceros laminados en frío

Este tipo de acero tiene un bajo contenido de carbono, y son concebidos mediante el proceso de laminado a través de rodillos a temperatura ambiente. Se los puede identificar muy fácilmente debido a su color característico, el plateado, y porque generalmente vienen recubiertos por una capa de aceite protector y una coraza metálica que evita la corrosión violenta de la materia prima debido a la pérdida de electrones durante la laminación. Los podemos encontrar generalmente en espesores que van desde los 0.35 mm. a 1.40 mm., y en casos especiales en espesores de 2 mm.

El acero laminado en frío usado para la elaboración de los productos en la empresa objeto de nuestro estudio es el acero comercial. Este acero tiene un porcentaje de elongación de aproximadamente 30%, el mismo que lo hace óptimo para la

elaboración de tubos mecánicos usados en la confección de muebles metálicos, electrodomésticos etc...

Aceros Galvanizados



Figura 2.3 Aceros galvanizados

Este tipo de acero presenta un bajo contenido de carbono, que va del 0.05% al 0.15%. Son láminas de acero recubiertas de zinc mediante un proceso de galvanizado en caliente. Es de fácil identificación al igual que el acero laminado en frío, debido a que presenta un color característico, blanco argentino, y de la misma manera se lo comercializa con un recubrimiento metálico para protegerlo de la oxidación.

Lo podemos encontrar en espesores que van desde los 0.35 mm. a los 1.40 mm. y en casos especiales en 2 mm.

Al igual que en el acero laminado en frío, el acero galvanizado usado para la elaboración de los productos dentro de la empresa es el acero comercial ya que presenta un gran porcentaje de elongación cercano al 26%, y una dureza intermedia de 60 HRB.

Principales Productos

Entre los principales productos elaborados con estos tipos de acero tenemos:

Tubos redondos, cuadrados, rectangulares

Son los productos de mayor rotación en la empresa con un 29% del total de la producción, se clasifican según su aplicación en tubos estructurales y mecánicos.

En los tubos estructurales, la calidad del acero empleado en estos productos, es la ASTM A 569, la cual se divide en dos tipos, el Tipo A, que cuenta con un porcentaje máximo de carbono del 0.10% y el Tipo B, con un porcentaje de carbono que va del 0.02 al 0.15%. Ambos tipos de acero pueden ser usados en la construcción de maquinarias, estructuras, vallas

publicitarias, maquinaria industrial, postes de alumbrado eléctrico entre otros.

Los tubos mecánicos redondos, cuadrados y rectangulares son usados en la fabricación de muebles metálicos, estanterías, partes y piezas de productos de línea blanca y cerrajería en general.

La calidad del acero empleado en estos productos, es la ASTM A 366, cuyas propiedades mecánicas indican que el porcentaje de elongación de este tipo de acero es del 30% y su dureza de 60 HRB. máx., lo cuál lo hace óptimo para la fabricación de muebles, línea blanca y demás productos antes mencionados.

La siguiente tabla muestra los espesores y las dimensiones máximas de estos productos.

Tabla 1

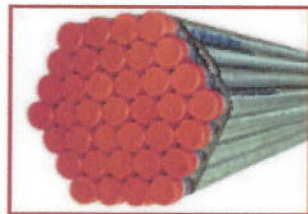
Producto	Longitud	Recubrimiento	Dimensiones	Espesor	Calidad
Tubo Mecánico Cuadrado	6 metros	Negro o Galvanizado	1/2" a 2"	0,6 a 1,5 mm.	ASTM A 366
Tubo Mecánico Rectangular	6 metros	Negro o Galvanizado	3/8" x 3/4" a 1 1/4" x 2"	0,75 a 1,5mm.	ASTM A 366
Tubo Mecánico Redondo	6 metros	Negro o Galvanizado	1/2" a 2 1/2"	0,60 a 1,5 mm.	ASTM A 366
Tubo Estructural Cuadrado	6 metros	Negro o Galvanizado	3/4" a 4"	1,5 a 4 mm.	ASTM A 569
Tubo Estructural Rectangular	6 metros	Negro o Galvanizado	3/4" x 1 1/2" a 2" x 6"	1,5 a 4 mm.	ASTM A 569 - ASTM A 36
Tubo Estructural Redondo	6 metros	Negro o Galvanizado	3/4" a 6"	1,5 a 6 mm.	ASTM A 569

Cañerías

Este tipo de producto se clasifica según su aplicación en:

- Cañería ASTM
- ISO I
- ISO II

Cañería ASTM



Cañería ISO I



Cañería ISO II



Figuras 2.4 Cañerías

La cañería ASTM e ISO I es utilizada en instalaciones industriales, en la conducción de fluidos a presión, en escapes de automóviles o en andamios, mientras que la serie ISO II, es utilizada en la fabricación de escopetas, andamios, muebles metálicos, juegos infantiles, torres, conducción de líquidos a presión, entre otros.

Estos productos se los puede encontrar con las siguientes características:

Tabla 2

Producto	Longitud	Recubrimiento	Dimensiones	Espesor	Calidad
Cañería Norma ISO R65 Serie I	6 metros	Negro o Galvanizado	1/2" a 2 1/2"	2,2 a 3 mm	ASTM A 569
Cañería Norma ASTM A53 Cédula 40	6 metros	Negro o Galvanizado	3/8" a 2"	2,31 a 3,91 mm	ASTM A 569
Cañería Norma ISO R65 Serie II	6 metros	Negro o Galvanizado	3/8" a 2 1/2"	1,8 a 3,2 mm	ASTM A 569

La diferencia básica entre estos tres tipos de normas bajo las cuales se fabrican las cañerías, son el diámetro exterior y el espesor nominal.

Por ejemplo, la cañería de 1/2" que bajo la **Norma ISO R 65 Serie I** tendría un diámetro exterior de 21.35 mm y un espesor nominal de 2.3, bajo la **Norma ISO R 65 Serie II** tendría un diámetro exterior de 21.2 mm y un espesor nominal de 2.0 mm. y bajo la norma **ASTM A 53 Cédula 40**, tendría un diámetro exterior de 21.3 mm y un espesor nominal de 2.77 mm.

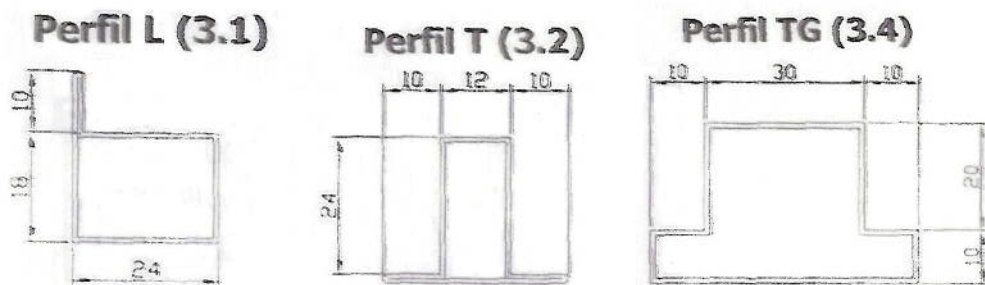
Carpintería metálica.-

La carpintería metálica se clasifica en dos tipos:

Carpintería Abierta**Carpintería Cerrada****Figura 2.5** Carpintería metálica

La carpintería metálica cerrada, es fabricada en las líneas procesadoras de tubos, en las mismas se elabora el tubo raíz (tubo redondo) y mediante un segundo proceso de conformado se le da la geometría deseada a los mismos.

Entre los productos que forman la línea de carpintería metálica cerrada podemos encontrar:



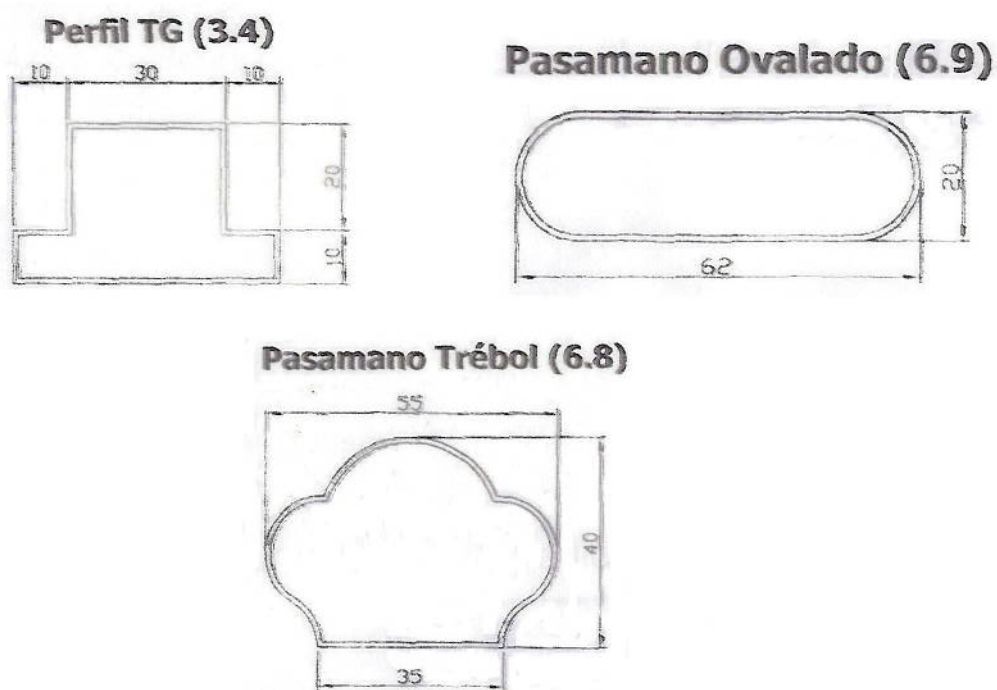


Figura 2.6 Carpintería metálica cerrada

Carpintería Metálica Abierta.-

Estos productos son elaborados en las máquinas perfiladoras.
Entre los principales productos que forman parte de esta línea,
podemos encontrar:

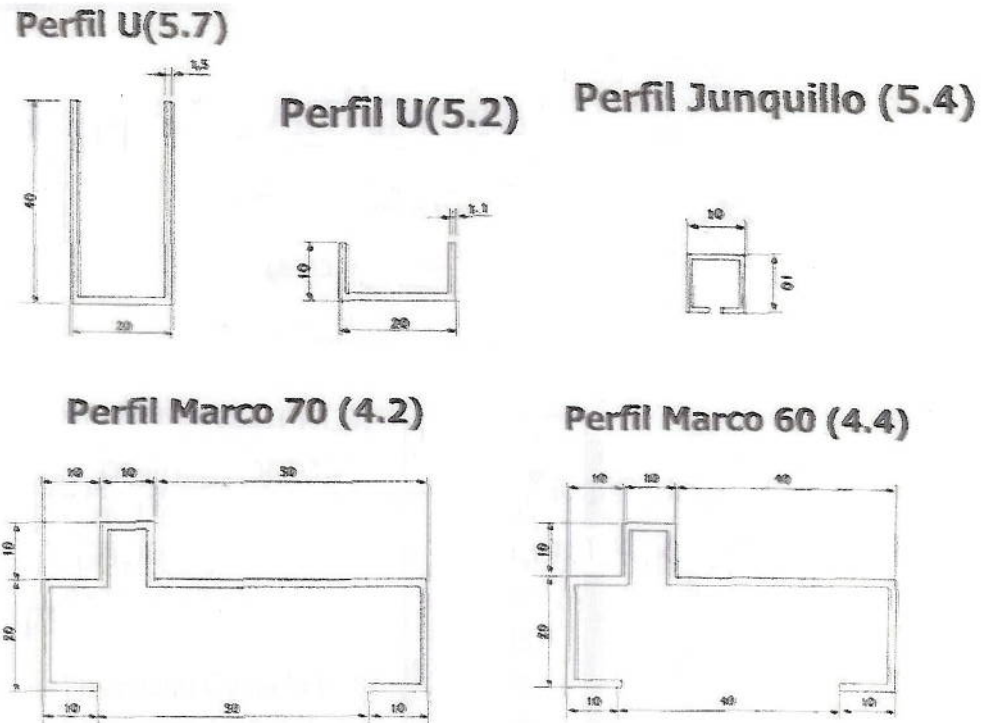


Figura 2.7 Carpintería metálica abierta

Todos los productos descritos son utilizados en la elaboración de puertas, ventanas y pasamanos de acero, por lo cual cuentan con una gran aceptación dentro de nuestro mercado.

Canales y Correas.-

Estos productos son utilizados en la construcción de columnas, vigas, losas, techados, y estructuras en general.

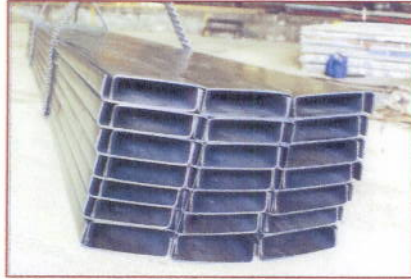
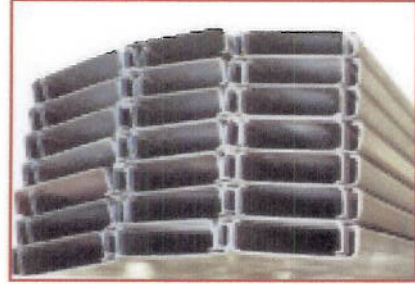
Canales**Correas**

Figura 2.8 Canales y correas

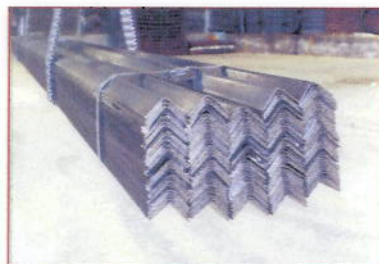
Estos perfiles son elaborados en acero laminado en caliente ASTM A-36. Para el caso de las canales, podemos encontrarlas en dimensiones que van desde los 50 x 25 mm. hasta los 300 x 100 mm.

Para el caso de las correas podemos encontrarlas en dimensiones que van desde los 60 x 30 x 10 mm. hasta los 300 x 30 x 35 mm. Los perfiles con dimensiones superiores son elaborados en la máquina plegadora de la planta de conformado de nuestra fabrica.

Ángulos y Omegas.-

Estos perfiles son elaborados en las máquinas perfiladoras de la planta de conformado, tienen usos diversos en la construcción y cerrajería en general. Los ángulos conformados son utilizados en la construcción de muebles y maquinarias en general. Mientras que las omegas son utilizadas en la construcción de losas alivianadas.

Ángulos Conformados



Omegas

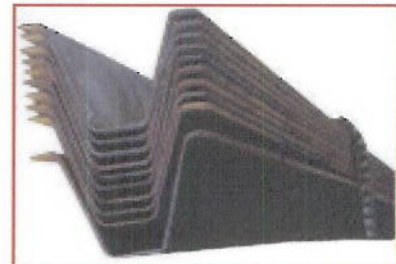


Figura 2.9 Ángulos y omegas

Planchas Alisadas

Estos productos son elaboradas por las máquinas alisadoras de la planta de conformado. Las planchas son alisadas

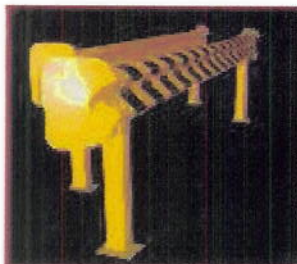
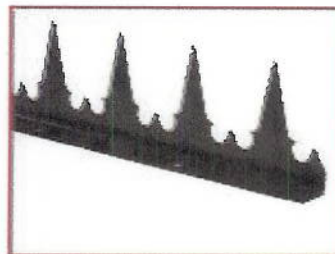
generalmente en sus dimensiones comerciales de 1220 x 2440 mm. ó 4 x 8 pies, o en las dimensiones requeridas por los clientes, sin superar los 2500 mm. de ancho.



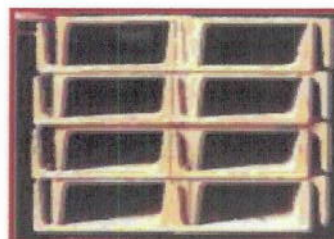
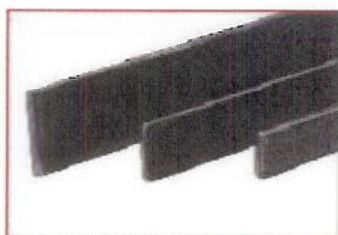
Figura 2.10 Planchas alisadas

Productos varios.-

La planta procesadora de acero ha elaborado diversos productos para la protección y señalización vial, así como para la protección del hogar como las guardavías, postes, y defensas de muro. Estos productos son elaborados en acero ASTM A-36 y pintados al horno. Este tipo de productos ha tenido gran aceptación dentro del mercado nacional e internacional, por lo que se ha empezado a exportar a países como Chile y Argentina.

Guardavías**Defensas de Muro****Figura 2.11** Productos varios

Además de los productos elaborados dentro de la planta de conformado de acero, la empresa comercializa diversos perfiles laminados importados como platinas, IPE, UPN, HEB entre otros.

**Figura 2.12** Productos laminados

2.3 Participación en el mercado ecuatoriano

Los productos de nuestra empresa procesadora de acero tienen un gran porcentaje de aceptación en el Ecuador, captando

aproximadamente el 23% del mercado ecuatoriano, siendo nuestros principales competidores Aceropaxi, Kubiec y Conduit; esto se debe principalmente a la calidad con la que cuentan los productos elaborados en la planta de conformado y al servicio pre y post venta de nuestra empresa.

La tabla detallada a continuación muestra los datos de Toneladas vendidas durante el periodo Enero – Diciembre del 2005, donde se puede apreciar claramente la ventaja de nuestra empresa sobre la competencia.

Tabla 3

Ventas Anuales (Ton.)	
INDUSTRIA PROCESADORA DE ACERO	42.693
DIPAC	16.112
CONDUIT	16.719
ACEROPAXI + NOVACERO	23.101
KUBIEC	4.773
TUGALT	7.587
VITROACERO + CERIOSA	9.797
FERROTORRE	3.802
SODIMET + TALME	5.567
OTROS	57.841

El siguiente gráfico muestra la distribución porcentual del mercado de los productos de acero en el Ecuador.

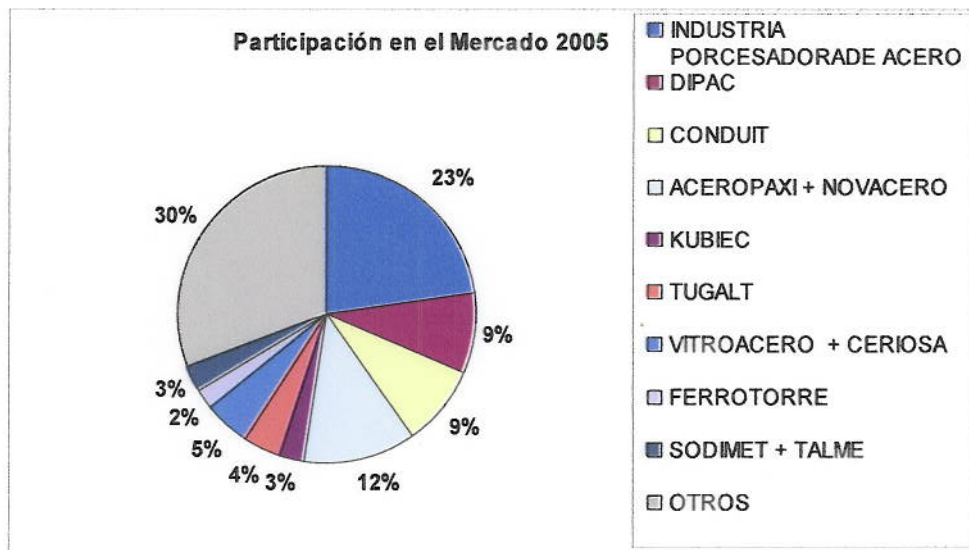


Figura 2.13 Participación de las empresas en el mercado Ecuatoriano.

2.4 Descripción del proceso productivo

A continuación se describirá una a una las operaciones que intervienen en el proceso de conformado de tubos y cañerías. Se describirá este proceso por que, como se demostrará más adelante en este capítulo, es el proceso que genera las mayores pérdidas para la empresa en lo que desperdicios en el proceso productivo se refiere.

El conformado de tubos y cañerías comienza con un proceso previo llamado corte de bobinas o producción de flejes.

2.4.1 Corte de bobinas.-

Esta operación consiste en la conversión de las bobinas a flejes, los mismos que se utilizan en la producción de tubos, cañerías, perfiles y planchas.



Figura 2.14 Corte de Bobinas

Esta operación se la realiza en las máquinas cortadoras ubicadas en la planta de conformado de la empresa.

El proceso comienza en los desenrolladores, que son tambores giratorios sobre los cuales se montan la bobinas a cortar. Estos tambores se expanden o se contraen e función del diámetro interno de la bobina.

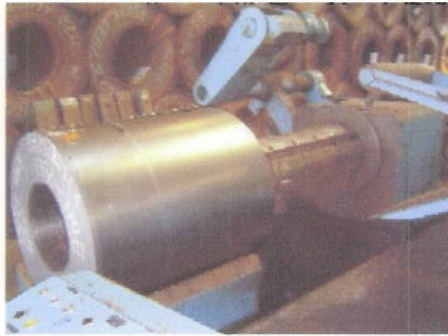


Figura 2.15 Desenrollador

Cuando la bobina es desenrollada, pasa a través de los rodillos aplanadores, estos son un conjunto de cilindros macizos, cuya función principal, como su nombre lo indica, es aplanar la lámina de acero desenrollada.



Figura 2.16 Rodillos aplanadores

Después esta lámina atraviesa una cizalla vertical, este paso en el proceso de corte garantiza la uniformidad de la punta y de la cola de la bobina.

Luego la lámina de acero pasa a través de unas guías laterales, las cuales tienen la función de mantener la dirección correcta de corte.



Figura 2.17 Cizalla Vertical

El siguiente paso es el corte en las cizallas circulares o slitters. Este componente está formado por dos ejes en los cuales se colocan las cuchillas circulares con los separadores. El armado de estas cuchillas depende del ancho del fleje o desarrollo que se desea obtener, el mismo que está en función del tipo de producto que se va a elaborar a partir de este fleje.

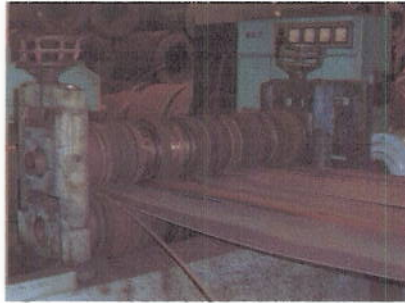
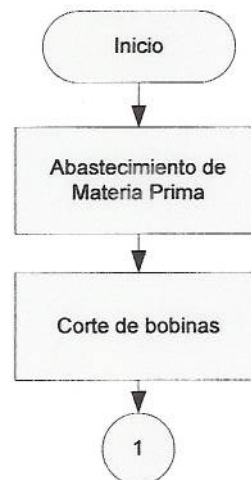


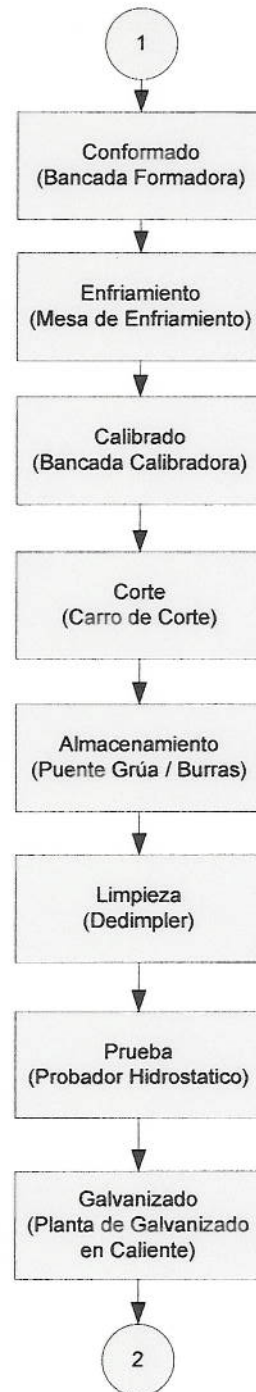
Figura 2.18 Cizalla Circular

Al final del proceso, los flejes son llevados hasta el área de almacenamiento temporal del centro en el cual van a ser procesados.

2.4.2 Conformado de tubos

El siguiente diagrama de flujo describe el proceso de conformado de los tubos y cañerías.





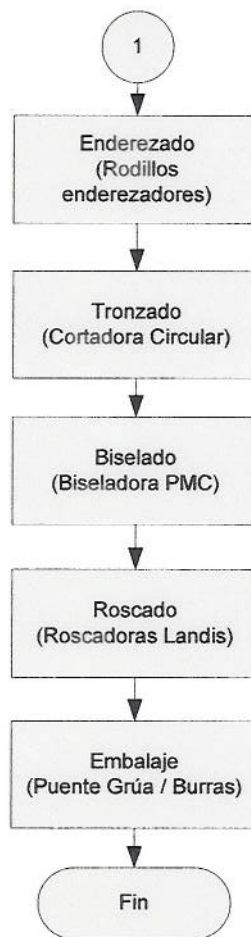


Figura 2.19 Flujo de Proceso de Conformado de Tubos y Cañerías

La operación de conformado de tubos y cañerías comienza con la selección de los flejes a utilizar en el proceso productivo. Estos flejes son seleccionados en función de las características de los productos a fabricar, como espesor, desarrollo y calidad.

Además es importante evaluar para la selección de los flejes, la cantidad de tubos o cañerías a procesar, ya que esto determinará el número y el peso de los flejes seleccionados.

Una vez seleccionados los flejes son colocados en los ejes de los desenrolladores de las tuberías.

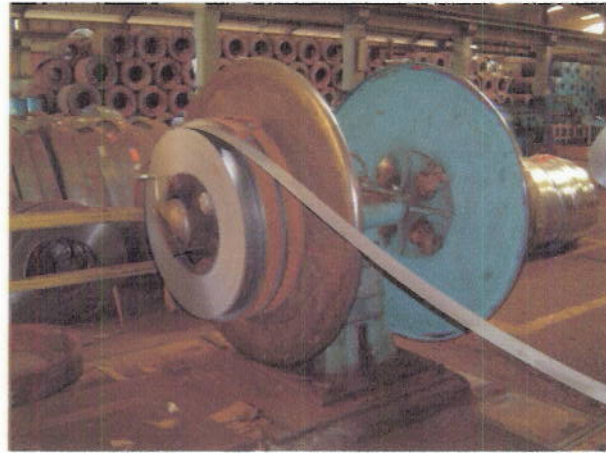


Figura 2.20 Porta rollo.

Los desenrolladores son dos tambores expandibles montados sobre una base giratoria. Estos tambores, al igual que en el caso de las cortadoras, se expanden en función del diámetro interno de los flejes a procesar.

Cada fleje desenrollado es unido al siguiente mediante un proceso que utiliza soldadura eléctrica, denominado unión de punta y cola, se lo llama así, porque consiste en la unión de la punta del fleje entrante y la cola del fleje saliente.

Este proceso se lo realiza en una mesa provista de una cizalla, que se utiliza para cortar la punta y la cola de los flejes entrante y saliente respectivamente. Este corte se lo lleva a cabo con el objetivo de emparejar la punta y cola de los flejes para obtener un proceso de soldado óptimo.

Además la mesa cuenta con dos mordazas que sirven para sostener la punta y cola de los flejes mientras se sueldan las mismas.

Luego del proceso de unión de punta y cola, los flejes desenrollados alimentan el acumulador giratorio, para el caso de la tubera 2 y los looper² para el caso de las tuberías 1 y 3.

Acumulador Giratorio



Looper

**Figura 2.21** Acumuladores.

Este proceso se realiza con el objetivo de disminuir las detenciones generadas por el reaprovisionamiento de flejes en el proceso productivo.

Una vez alimentados los acumuladores de flejes (circular o looper), el fleje por procesar pasa a través de un conjunto de rodillos llamados pinch roll. Estos rodillos cumplen la función de halar el fleje desde los acumuladores hacia la mesa de entrada de la bancada formadora.

² Looper: Acumulador compuesto por dos torres y un carro con movimiento longitudinal entre las mismas. Este carro acumula el fleje que entra al looper. La cantidad de material



Figura 2.22 Pinch Roll.

Luego de este paso, el fleje entra a la bancada formadora. La misma que está conformada por un conjunto de rodillos verticales llamados bastidores, y por unos horizontales llamadas cajas laterales.

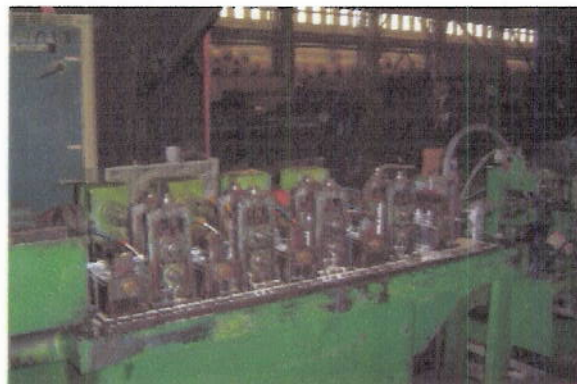


Figura 2.23 Bancada Formadora

acumulado depende del recorrido del carro.

Bastidores



Cajas Laterales

**Figura 2.24** Bastidores y Cajas Laterales.

En esta parte del proceso el fleje es conformado por cada paso formador, hasta llegar al paso soldador.

**Figura 2.25** Paso soldador.

En este paso se genera el proceso de cerrado y formado final del tubo. Para realizar este proceso se utilizan de 2 a 4 rodillos soldadores, dependiendo del centro productivo, y un soldador por inducción electromagnética de alta frecuencia. Este proceso

consiste en una corriente eléctrica que es transmitida al material por medio de una bobina de trabajo en frente al punto de soldado. En este tipo de soldado, la bobina no toca al tubo, pero la corriente es inducida al material a través de campos electromagnéticos que rodean al tubo.

El siguiente paso dentro de la bancada formadora es el scarfing. Este paso está compuesto de un bastidor que sostiene una cuchilla con un filo de forma circular. Esta cuchilla se utiliza para desprender de la superficie del tubo todo el material fundido durante el proceso de soldado del mismo.

La acción de esta cuchilla en la superficie del tubo genera un rollo fino de acero que es recogido en un cilindro giratorio llamado virutero.



Figura 2.26 Virutero.

Luego de este proceso el tubo ya formado pasa por una mesa de enfriamiento que utiliza aceite soluble, lo que permite un enfriamiento de los productos fabricados y a su vez evita la rápida corrosión de los mismos.

La siguiente operación se desarrolla en la bancada calibradora del centro productivo. La misma cuenta, al igual que la bancada formadora, de un conjunto de bastidores y cajas laterales, pero adicionalmente cuentan con dos o tres pasos según el centro productivo, estos son pasos los enderezadores y cabezas turcas. Estos pasos finales en la bancada calibradora son los que como su nombre lo indica calibran al producto en sus dimensiones finales.

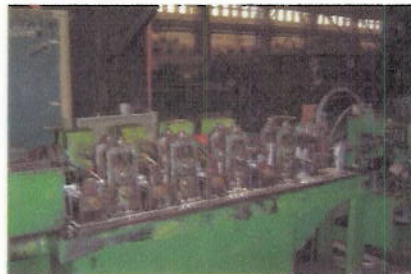


Figura 2.27 Bancada Calibradora.

Es importante anotar que todos los productos fabricados en las tuberías, como cañerías, EMT, TERG, carpintería, tubos

cuadrados y rectangulares se elaboran a partir de los tubos redondos. Como se mencionó en el párrafo anterior los tubos redondos son dimensionados en la bancada calibradora.

El tubo ya conformado en sus dimensiones finales pasa al carro de corte, sea este de disco sierra o de cuchilla vertical. El carro cuenta con unas guías de desplazamiento para el castillo de corte para el caso de los carros de corte de cuchillas verticales, y para el disco sierra para el caso de los carros de corte de disco.



Figura 2.28 Carro de corte.

Al final de la mesa de salida se encuentra una banderola que acciona el carro de corte mediante un mecanismo neumático. Esta banderola cuenta con una guía dispuesta a lo largo de la mesa de salida, lo que permite cambiar la longitud del tubo a cortar. Sin embargo no se pueden elaborar tubos mayores a 9

metros o menores a 3 metros por las distancias de la mesa de salida y del carro de corte respectivamente.

Los tubos cortados pasan a un almacenamiento previo al embalaje final para el caso de la tubera uno y dos, y un almacenamiento temporal previo al proceso de galvanizado para la tubera 3.

Luego de esto los tubos y cañerías son trasladados por medio de los puente grúa al área de Reproceso.

2.4.3 Reproceso de tubos

Las operaciones que incluyen el reproceso de los tubos se aplican solo a los productos elaborados en la tubera # 3. Estas operaciones son:

- Limpieza (Dedimpler)
- Prueba Hidrostática
- Galvanizado
- Enderezado

- Tronzado
- Biselado
- Roscado
- Embalaje de Reproceso

Estas operaciones se realizan en función del producto a elaborar.

La siguiente tabla muestra los productos elaborados en la tubera 3 y las operaciones de reproceso aplicadas a cada uno de estos productos.

Tabla 4

Procesos	Dedim pier	Probador Hidrostatico	Embalaje de Proceso	Galvanizado	Enderizado	Tronzado	Biselado	Roscado Landis I	Roscado Landis II	Embalaje de Galvanizado
Productos										
Tubos Eléctricos Rígidos TERG	1	-	2	3	sn	4	5	6*	6*	7
Tubo Eléctrico Liviano EMT	1	-	2	3	sn	4	-	-	-	5
Cañerías	1	2	3	4	sn	-	5	6*	6*	7
Tubos Redondos	1	-	2o	3o	4o	-	-	-	-	5o
Tubos Cuadrados	-	-	1o	2o	-	-	-	-	-	3o
Tubos Rectangulares	-	-	1o	2o	-	-	-	-	-	3o
Carpintería Metálica	-	-	1o	2o	-	-	-	-	-	3o

sn: Solo se aplica si es necesario

#o: Este proceso es opcional

6*: Se utiliza la Roscadora Landis I para tubos menores a 1 1/4", y la Landis II para cañerías mayores a 1 1/4"

Limpieza de Tubos y Cañerías (Dedimpler).-

Esta operación como se indica en la tabla se la realiza a los tubos redondos, cañerías, EMT y TERG. Consiste básicamente en la limpieza de las puntas del tubo mediante la utilización de dos plugs ubicados en los extremos de la máquina. Estos plugs que son conos metálicos, se insertan en las puntas y giran a gran velocidad para recuperar la forma circular perdida durante el corte de los tubos en el carro de corte a la salida de la tubera 3.



Figura 2.29 Dedimpler.

Prueba Hidrostática.-

Esta operación se la realiza a las cañerías conformadas en la tubera 3, consiste en la comprobación del cordón de soldadura mediante la utilización de aceite soluble presurizado. Este procedimiento se lo realiza introduciendo dos válvulas en los extremos de la cañería a probar, luego estas válvulas son abiertas insertando dentro de la cañería aceite soluble. Si existiere alguna fuga de aceite soluble en el cordón de soldadura o en cualquier punto en la superficie de la cañería, la misma es rechazada.



Figura 2.30 Probador Hidrostático.

Embalaje de Proceso.-

Esta operación se la realiza al final del proceso de conformado de todos los productos elaborados en las

tuberías 1 y 2, de acuerdo a la norma de embalaje interna de la compañía en estudio. (Anexo #1).

Para el caso de la tubería 3 los productos que son dirigidos a la bodega de almacenamiento de producto terminado son embalados de acuerdo a la norma interna mencionada en el párrafo anterior. Si los productos son dirigidos a galvanizado, son embalados en un número mayor de unidades por paquete, según la norma de embalaje de producción. (Anexo #1)

Embalaje de Producto
Terminado



Embalaje de Producto en
Proceso



Figura 2.31 Embalaje de Productos.

Galvanizado.-

Este proceso se lo realiza como se indica en la tabla # 2.4 a casi todos los productos elaborados en la planta de conformado de nuestra empresa. Consiste básicamente en obtener un recubrimiento protector del producto mediante la inmersión del mismo en zinc fundido. Para realizar esta operación, se somete a los productos a un proceso previo denominado preparación de material que está formado por la inmersión de los productos a galvanizar en cinco tinas que contienen:

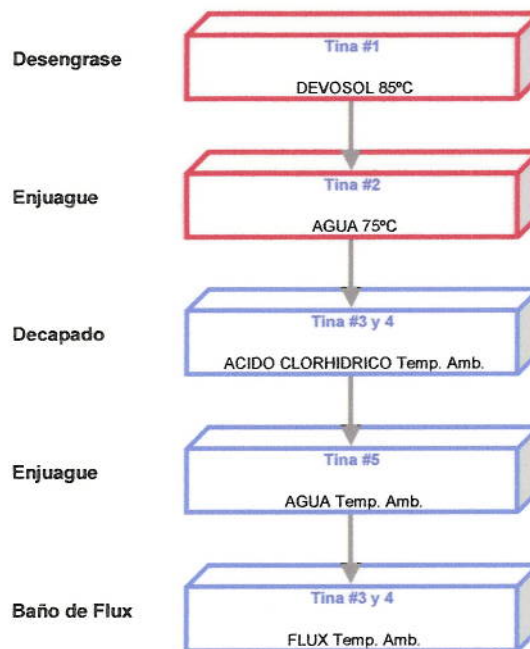


Figura 2.32 Proceso de Galvanizado.

Este paso en el proceso de galvanizado garantiza que el producto a recubrir esté en las condiciones óptimas, esto significa que la superficie este libre de aceite, pinturas o impurezas de cualquier tipo que perjudiquen la adherencia del zinc a la superficie del producto. Cuando se consigue esto, el producto es enviado a un horno de secado con la finalidad de evitar el contacto húmedo de la pieza con el zinc fundido durante la inmersión en la tina de recubrimiento.

Luego de que el producto pasa el horno de secado, se sumerge en una tina de zinc fundido a 465°C de temperatura. Los productos permanecen en la tina aproximadamente dos minutos, en movimiento continuo a través de un juego de espirales ubicada en el interior de la tina de zinc.

Los productos que salen de la tina de recubrimiento son enviados mediante un sistema de rodillos magnéticos y electromagnéticos a un extractor de vapor, o llamado comúnmente sopladora. Este paso consiste en dos válvulas que conducen vapor a una temperatura de

aproximadamente 150°C, este vapor conducido por estas válvulas tienen dos objetivos fundamentales:

- Disminuir la temperatura de los productos que salen de la tina de recubrimiento.
- Eliminar cualquier residuo de zinc que pueda formar estalactitas en el interior del producto galvanizado, debido a la solidificación del zinc.

Los productos que pasan por el extractor son enviados a una tina de enfriamiento que contiene agua a una temperatura aproximada de 75° C. Estos productos reposan en la tina 10 minutos, y luego son transportados hasta el área de reproceso.

Enderezado.-

Esta operación consiste en un conjunto de rodillos utilizados para enderezar las tiras deformadas por causa del galvanizado de las mismas o la limpieza de las puntas realizada en el dedimpler.

Esta operación se la realiza para recuperar las tiras solo si es necesario.



Figura 2.33 Enderezador

Tronzado.-

Esta operación consiste en el corte de los tubos eléctricos, rígidos o livianos conformados en la tubera 3, debido a que su longitud comercial es de 3 metros y la longitud mínima de corte de la tubera 3 es de 4 metros. Por esta razón los tubos eléctricos se los fabrica a seis metros para proceder a dividirlos en el área de reproceso.



Figura 2.34 Tronzador

Biselado.-

Esta operación es paso previo al proceso de roscado. Consiste en el corte de un chaflán en los extremos de las cañerías o de los tubos eléctricos rígidos necesario para poder roscar los mismos.



Figura 2.35 Biseladora

Roscado.-

En esta operación se roscan las cañerías y los tubos eléctricos rígidos procedentes de la biseladora. Esta operación se la realiza cumpliendo la norma interna para el roscado de tubos y cañerías.

Las operaciones de roscado se las puede realizar tanto en la Landis I, como en la Landis II, esto depende del diámetro de la cañería o TERG a roscar, si estos son menores a 1 ¼" se procesarán en la Landis I, si las dimensiones de las cañerías o TERG son mayores se procesarán en la roscadora Landis II.

Roscadora Landis I



Roscadora Landis II



Figura 2.36 Roscadoras

Despacho de tubos

El despacho de los tubos y cañerías conformados en la planta se divide en dos operaciones básicas, el embalaje de los productos, sean estos galvanizados o negros, y el despacho en sí.

Embalaje de Galvanizado.-

Esta es la última operación en el proceso de conformados de tubos y cañerías. Esta formado básicamente por tres etapas, colocación de tapas a las cañerías y TERG, enderezado manual de los productos, y embalaje final.

Embalaje de Producto Terminado.-

Esta operación consiste básicamente en el embalaje de los productos que son destinados a la venta, sean estos negros³ o galvanizados. Estos productos son embalados en

³ Productos negros: Son aquellos productos que no han sido elaborados con acero galvanizado o que no han sido sometidos a un proceso posterior de galvanizado por inmersión en caliente.

función de la norma interna de embalaje (Anexo # 1 Norma Interna de Embalaje)

2.4.4 Despacho.-

El despacho se lo realiza en los muelles de las diferentes bodegas existentes en la planta. Para esta operación se utilizan los puentes grúa o el montacargas existentes en la compañía. El mismo se lo realiza por paquetes en el caso de los tubos y cañerías de menos de 2" de diámetro, carpintería metálica y planchas de menos de 1.4 mm de espesor. Para los perfiles y las planchas de mayor espesor el despacho se lo realiza por unidad.

2.5 Justificación del Problema

La elaboración de los diferentes productos en la planta objeto de nuestro estudio, trae como resultado la generación de desperdicios, los cuales representan una gran pérdida económica para los dueños de la empresa.

Para cuantificar este valor, vamos a analizar la producción de cada una de las áreas de nuestra planta y la proporción de desperdicios generada en las mismas.

Nuestra planta se divide en función de los centros productivos en las siguientes áreas:

- Tuberas
- Perfiladoras
- Plegadora.
- Alisadoras
- Cortadoras

La siguiente tabla muestra la producción anual en toneladas de cada una de las áreas mencionadas

Tabla 5

Producción anual por Área	
Perfiladora	22986
Plegadora	1644
Tubera	15324
Alisadora	19955
Cortadora	3901
Total Producción	63810

El siguiente gráfico muestra la producción anual en porcentaje de cada una de las áreas de nuestra empresa.

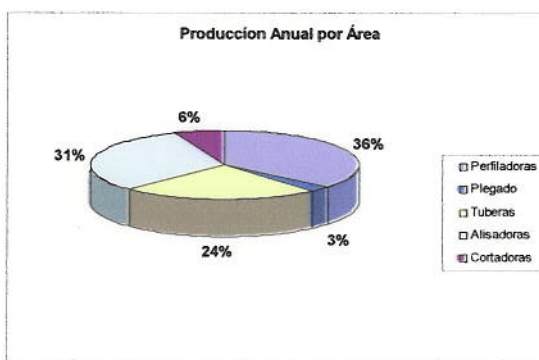


Figura 2.37 Distribución Porcentual de Producción

Como se observa en el gráfico anterior los tres centros con mayor porcentaje de producción son perfiladoras, alisadoras y tuberías, con 36%, 31% y 24% respectivamente.

La siguiente tabla nos muestra el porcentaje en kilogramos de desperdicio o merma generada en los tres centros de mayor impacto en nuestra empresa en función de la producción de mencionados centros.

Tabla 6

Centro	% Kg. Procesados	Ton. por máquina	Ton. Merma	% Acumulado
Perfiladora 1	9,42%	6010,902	262,9054953	3,21%
Perfiladora 2	19,10%	12187,71		
Perfiladora 3	7,51%	4792,131		
Tubera 1	5,10%	3254,31	364,106241	6,92%
Tubera 2	6,48%	4134,888		
Tubera 3	12,47%	7957,107		
Alisadora 1	18,25%	11645,325	192,8944395	1,95%
Alisadora 2	12,55%	8008,155		

Como lo muestra el cuadro anterior, a pesar de que el área conformada por las tres tuberías no es la que presenta el mayor porcentaje de producción, si es la que genera el mayor porcentaje de merma o desperdicios en la planta. Esta merma representa aproximadamente \$218.463,72 anuales de pérdida para la empresa.

Otro factor influyente en la selección del área de estudio es el precio por kilo de cada uno de los productos elaborados en la planta de conformado de la fábrica procesadora de acero.

Los precios por cada kilo de producto conformado en la tuberías es 25% mayor al precio de los productos conformados en las perfiladoras y estos a su vez un 10% mayor a los conformados en las alisadoras.

Con estos dos criterios de evaluación podemos concluir que el área formada por las tres tuberías es la que representa la mayor pérdida económica para la empresa en cuanto a generación de desperdicios de refiere, por lo tanto va a ser el área destinada a nuestro estudio.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL DE MATERIALES

3.1 Descripción del sistema de control de materiales aplicado

La finalidad de este sistema es definir claramente las actividades requeridas para controlar y registrar con la mayor exactitud posible el peso del material procesado y de los diferentes tipos de mermas que se generan durante el proceso.

El sistema de control de materiales está compuesto por una serie de formatos, que son llenados por los operadores durante las

operaciones que conforman los procesos productivos de la planta procesadora de acero.

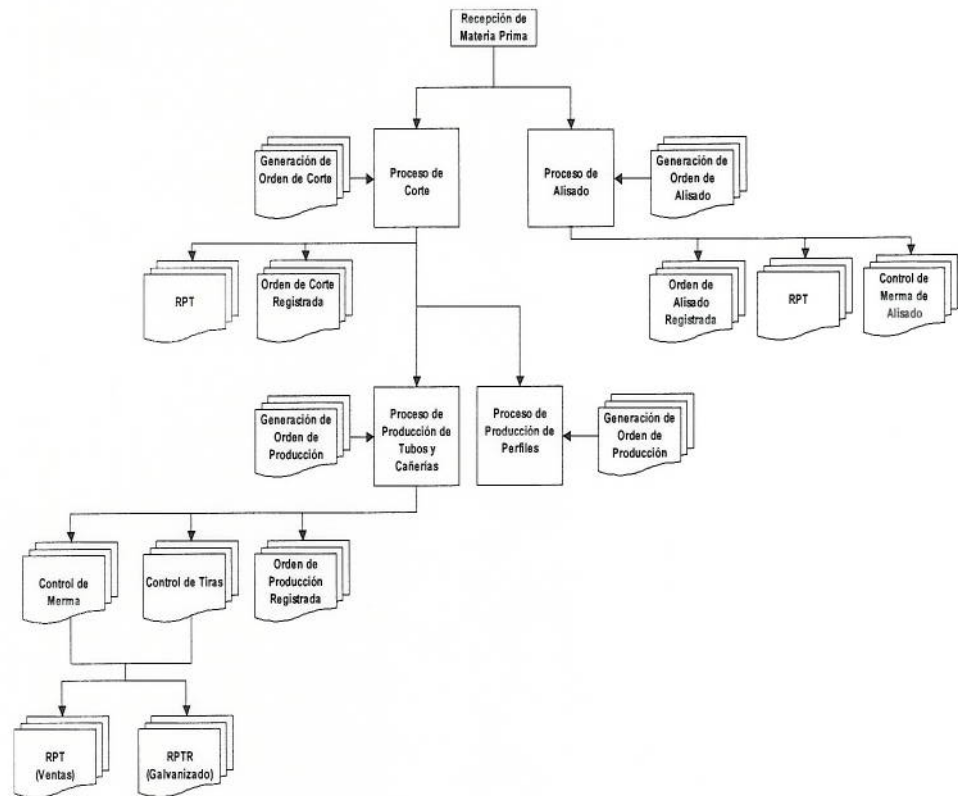


Figura 3.1 Sistema de Control de Materiales

La figura anterior nos indica de manera general, los diferentes documentos pertenecientes al Sistema de Control de Materiales y el momento en el que se generan durante las operaciones de conformado de la planta procesadora de acero.

El sistema de control de materiales para cada área, comienza por la creación de una orden, sea esta de corte, producción o alisado.

Una vez realizado el proceso, se registran los datos requeridos en cada una de los órdenes, mismos que son detallados en la descripción de cada uno de los documentos.

Con estos datos registrados en cada orden, se procede a realizar el cierre de la misma con el balance de material respectivo. Además de las órdenes, en cada operación se generan documentos adicionales que se describirán más adelante en este capítulo.

Entre los formatos pertenecientes al sistema de control de materiales se encuentran:

- Ordenes de Producción
- Ordenes de Alisado
- Ordenes de Corte
- Control de Tiras
- Control de Merma

- **Recepción de Producto Terminado**

A continuación se describirá brevemente cada uno de los formatos que forman parte del sistema de control de materiales.

Ordenes de Producción.-

Es un documento emitido por el Departamento de Programación y autorizado por el Gerente de Planta, utilizado para generar el proceso de producción de tuberías, cañerías o carpintería metálica en la planta de conformado de la empresa. Por medio de este documento se llevará el control de los flejes que se utilicen y sus respectivos pesos así como de la cantidad y kilos de producto final y mermas que se generen en el proceso

En este documento se especifican las características del producto a elaborar, como tipo de producto, espesor real, longitud, número de unidades y calidad.

Al cierre de la orden de producción se registra el número de tiras de primera, de segunda, así como la merma generada.

Para el caso de las tuberías las mermas que se generan en el proceso de conformado de tubos y cañerías son:

Viruta.-

Esta se genera durante el proceso desbarbado del tubo después del paso soldador, y se debe a la acumulación de material fundido en la línea de unión del tubo o cañería. La viruta que se genera como producto de esta operación tiene un forma de un gran hilo de acero de aproximadamente 0.7 mm. de espesor, que se recoge en un tambor giratorio llamado virutero.

Despunte de Flejes

Esta merma es parte del material de entrada (Flejes) que se corta por presentar ciertos defectos atribuidos al proveedor, antes de realizar la unión de punta y cola.

Entre los defectos más comunes que presentan estos despunte podemos encontrar:

⊕ **Flejes con filos doblados**

Este defecto es muy común en los flejes cortados en los extremos de las bobinas, en estos, los filos de los flejes se doblan hacia arriba o hacia abajo, esto causa problema en el conformado de los tubos ya que no permite que la unión por soldadura de alta frecuencia se lleve a cabo.

⊕ **Flejes picados**

Es un defecto que se presenta generalmente en la materia prima laminada en caliente, esta se produce por la corrosión del material durante el transporte desde el proveedor hasta la planta o durante almacenamiento del mismo.

⊕ **Flejes quebrados**

Este defecto al igual que el anterior es muy común en las bobinas laminadas en caliente. Este se presenta en forma de quiebres en la superficie del fleje o bobinas. Este defecto se genera

generalmente durante el proceso de laminación de las bobinas.

⊕ **Flejes con rebaba pegada.**

Este defecto se genera en las bobinas con diferencias en el ancho de las mismas. Se produce durante el corte con el slitter, especialmente en los extremos de la bobina, y se identifica con un exceso de material pegado a los filos del fleje cortado. Este material causa desgaste excesivo de la superficie de los rodillos durante el conformado de tubos y cañerías, por lo que este defecto se considera muy perjudicial para la empresa.

Despuntos de Punta y Cola

Esta merma consiste en una pequeña sección de fleje que se corta a 30° en la cola o en la punta del mismo, la longitud de este corte es de aproximadamente 5 cm. Este corte se lo realiza para emparejar la punta del fleje entrante con la cola del fleje saliente y se lo realiza en la unión de punta y cola

durante la alimentación de material a las tuberías y perfiladoras.

Tiras de Segunda de Origen

Este tipo de merma, al igual a la generada por las tiras de segunda de proceso, está formada por aquel producto terminado que no cumple las normas internas de calidad de la empresa. Este producto puede ser comercializado como producto de segunda a un precio mucho menor si cumple con las condiciones para esto, en caso contrario es desechado a los tanques de desperdicio para su venta posterior a ciertas Industrias dedicadas a la fundición del acero. Las tiras de segunda de origen son clasificadas como tales, cuando presentan defectos como:

⊕ Tiras picadas



Figura 3.2 Tiras picadas

Son tiras, tubos o cañerías, que fueron conformadas usando secciones de flejes picados, y que no pudieron ser separados mediante un despunte de fleje. Estas tiras son vendidas directamente como chatarra.

⊕ **Tiras Oxidadas**

Son tiras, elaboradas en material laminado en frío o galvanizado, que por efectos de un mal cuidado durante su almacenamiento, ha sufrido la oxidación de la superficie.

⊕ **Tiras con Doble Capa.**

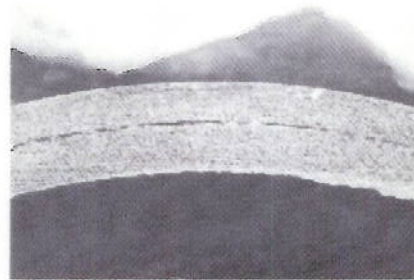


Figura 3.3 Tiras doble capa

Este defecto se genera durante el proceso de laminación del acero, es un tipo de discontinuidad

interna del acero que se manifiesta en capas o planos paralelos. Si un producto presenta este problema es vendido como material de segunda si el defecto no se presenta en la mayor parte de su extensión, caso contrario es direccionado al tanque de desperdicio para su venta como chatarra.

Tiras de Segunda de Proceso

Esta es la merma que ocasiona el mayor impacto en la economía de la empresa, ya que representa aproximadamente el 76% de los desperdicios generados en las tuberías. Al igual que las tiras de segunda de origen este producto puede ser comercializado como material de segunda o como chatarra.

Entre los defectos más comunes presentados en la producción de tubos y cañerías tenemos:

⊕ Tiras fuera de norma

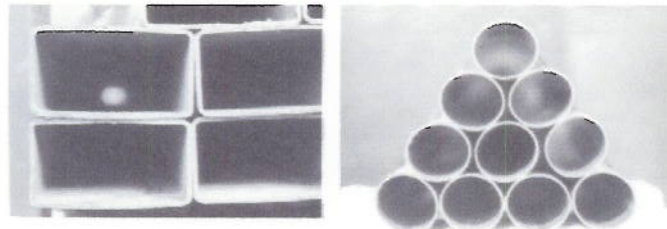


Figura 3.4 Tiras fuera de norma

Son tiras que no cumplen las dimensiones especificadas para cada producto en la norma de calidad interna de la empresa, o presentan defectos en la geometría de los mismos.

⊕ Tiras abiertas

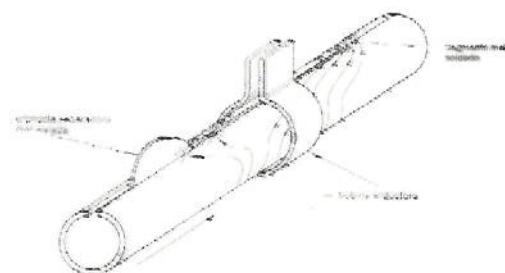


Figura 3.5 Tiras abiertas

Estas tiras son el resultado de problemas durante el proceso de soldado del tubo. Estos problemas

provocan un cordón defectuoso, el que se manifiesta en secciones del tubo abierto o sin soldar.

⊕ **Tiras cortas**

Son el resultado de problemas durante el proceso de corte de las tiras conformadas en las tuberías. Las mismas no cumplen con la longitud establecida en la orden de producción, por lo cuál son direccionadas al área de reproceso, si estas se pueden recuperar en otras longitudes o largos especiales, o vendidas como material de segunda, en caso de que no puedan ser recuperadas.

⊕ **Tiras fuera de flecha**



Figura 3.6 Tiras fuera de flecha

Estas tiras son aquellas que presentan una desviación de la línea de eje teórica del tubo como consecuencia del curvado del tubo o la cañería.

⊕ **Tiras marcadas**

Estas tiras presentan marcas en la superficie de las mismas causadas generalmente por algún tipo de defecto en la superficie de los rodillos,

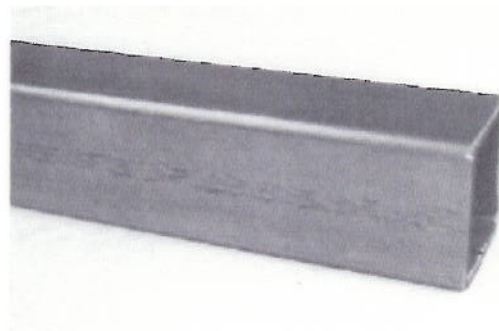


Figura 3.7 Tiras marcadas

⊕ **Tiras radios fuera de norma**

Este problema se presenta en la etapa de calibración del tubo y se presenta como un

aumento o disminución del radio en función de la norma interna de calidad.

⊕ **Tiras por empate**

Este defecto se genera en cada unión de flejes que se produce durante la alimentación de materia prima a las tuberías.



Figura 3.8 Tiras con empate

⊕ **Tiras por calibración**

Estas tiras se generan durante el proceso de calibración de las máquinas, luego del armado de las mismas. Estas tiras pueden tener diversos defectos como tiras abiertas, tiras cortas, fuera de flecha etc., pero las mismas dejan de ser tiras de calibración luego de que la primera tira que cumpla con la norma de calidad sea conformada.

Orden de Alisado.-

Al igual que la orden de producción, la orden de alisado es un documento emitido por el Departamento de Programación y autorizado por el Gerente de Planta, el mismo es utilizado para la generación del proceso de corte de planchas y rollos de acero en las máquinas alisadoras de la planta de conformado.

En este documento se indica el centro y las características del producto a alisar, como espesor real, dimensiones de las planchas o rollos a cortar, así como el número de unidades a producir.

Además en este documento se registran los datos de las bobinas procesadas para la elaboración de las planchas o los rollos de acero, como el pedido, identificador, y peso.

Al cierre de la orden de alisado se registra el número de planchas de primera calidad, de segunda calidad y la longitud de la chatarra generadas por bobina.

En este proceso se generan tres tipos de desperdicios o merma:

Despunte o Saldo de Cola

En aquel material de la punta de la bobina o de la cola de la bobina que se corta por no tener las dimensiones correctas o por que su longitud no alcanza para formar una unidad del producto procesado.

Planchas de Segunda de Origen

Son aquellas planchas que no cumplen con las normas internas de calidad por lo cual se consideran como desperdicio o merma. Todos los defectos de estas planchas son generados por problemas del material, por lo que se las atribuye al proveedor.

Entre estos defectos encontramos flejes o planchas con:

- Doble capa
- Oxidadas

- Con mancha negra
- Con mancha blanca
- Torcidas
- Onduladas, entre otros

Planchas de Segunda de Proceso

Son aquellas planchas que no cumplen las normas internas de calidad por problemas durante el proceso de alisado. Entre los defectos por los cuales se cataloga a una plancha como de segunda de proceso podemos encontrar planchas o flejes:

- Fuera de norma
- Ondulados por corte
- Marcados
- Quebrados por corte
- Quebrados por alisado, entre otros

Ordenes de Corte.-

Este documento se emite para generar el proceso de corte de las bobinas y producción de flejes, mismos cuyas dimensiones varían en función de los productos que se vayan a elaborar a partir de estos.

En este documento se especifica el centro destinado al procesamiento de las bobinas, en función del espesor y peso de la misma, debido a que los tres centros capaces de producir flejes están restringidos por estas dos características.

Además se debe registrar al final de la orden de corte, la cantidad en Kg. de desperdicio generada, como son los despuntes y el alambrón, así como el total en Kg. de los flejes generados a partir de la bobina.

Control de Tiras.

Este documento de control, sirve para el registro de la tiras de primera y de segunda generadas en una orden de

producción, en el mismo se registran los datos del producto, así como el número de paquetes embalados en la orden ,el número de tiras por paquete para dicho producto, y el saldo de tiras. Además se registra la cantidad de kilos de material de segunda de origen y de proceso generado en la orden de producción.

Control de Merma.-

Este documento de control sirve para registrar todas las tiras de segunda generadas en una orden de producción.

En el mismo se detallan todas los posibles atributos para que una tira sea catalogada como de segunda, y se las clasifica en tiras de segunda de proceso y tiras de segunda de origen.

Las tiras son pesadas y registradas por atributos al cierre de la orden de producción.

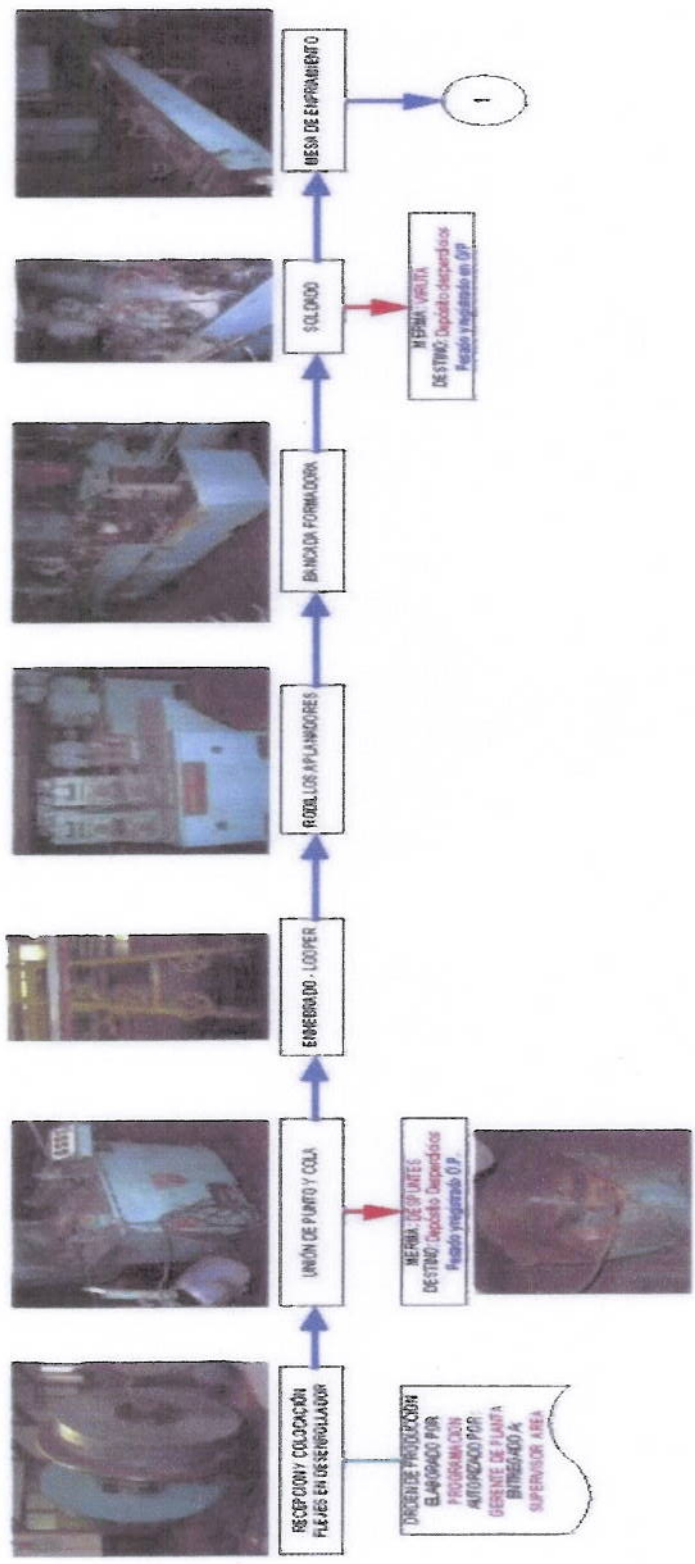
Recepción de Producto Terminado RPT.-

Este documento sirve para el registro diario de todo el material que es entregado al departamento de despacho. Este documento es generado por cada uno de los supervisores del área de producción de la empresa al final de la jornada de trabajo.

En este documento se registra la cantidad de tiras de primera por paquetes, el número de paquetes embalados, el saldo de tiras, y la cantidad en kilogramos de tiras de segunda de origen y proceso.

Diagrama de Generación de Merma

En el siguiente diagrama de flujo de información y desperdicios, se identifican los puntos en el proceso en el cual se generan los documentos pertenecientes al sistema de control de materiales, la merma de origen y proceso y en cuales puntos se realiza el registro de los mismos.



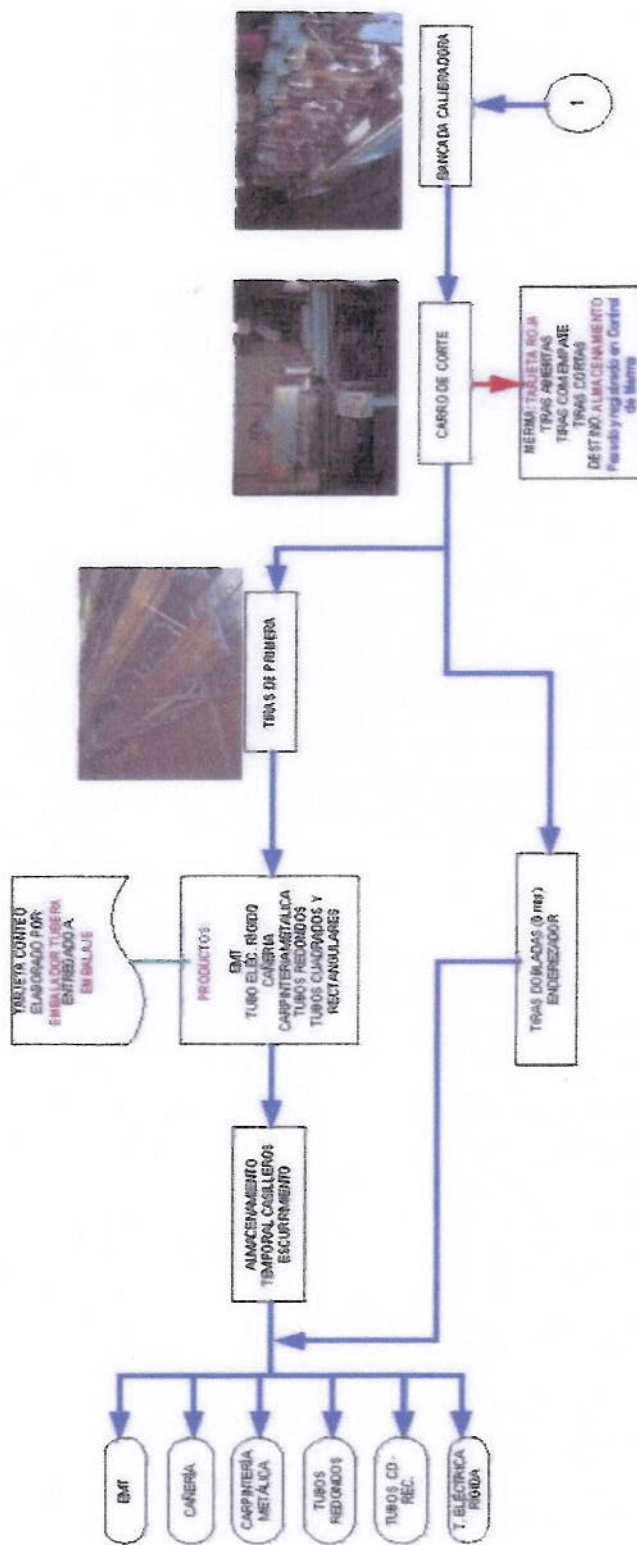


Figura 3.9 Flujo de información - Conformado de tubos y cañerías Tubería 1

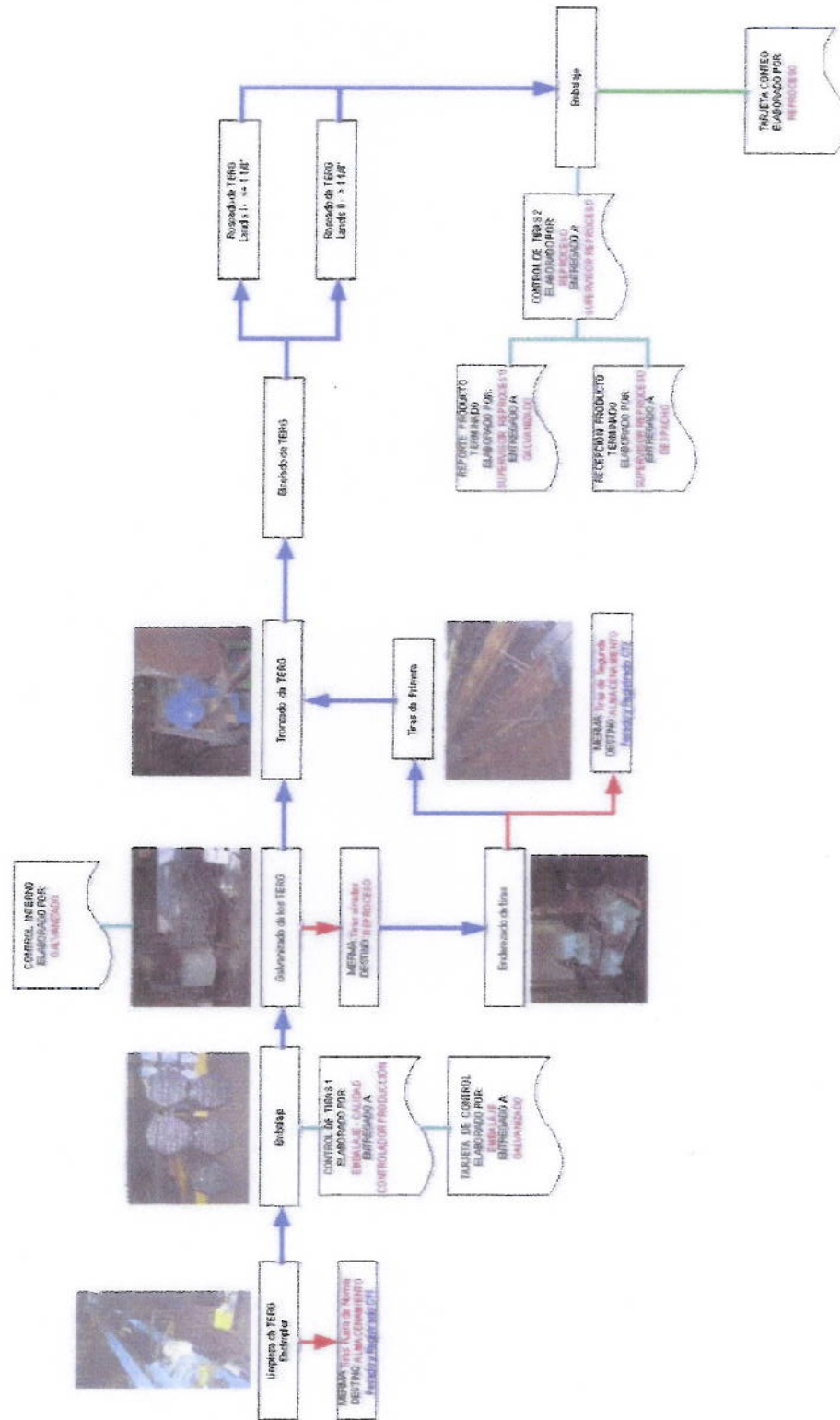


Figura 3.10 Flujo de Información - Conformado de TERS

El flujo anterior, perteneciente al área de reproceso de tubos y cañerías se identifica de igual manera, los puntos del proceso en la cual se genera la merma y el registro de los documentos del sistema de control de materiales.

3.2 Análisis del proceso de control de materiales

3.2.1 Análisis Modular de Fallos y Efectos (AMFE)

AMFE.-

Un AMFE de proceso, es una herramienta analítica utilizada en las empresas, cuyo principal objetivo es asegurar que todas las posibles fallas del proceso hayan sido identificadas. En otros términos, un AMFE es el análisis minucioso de cada uno de los pasos que conforman un proceso, con el fin de identificar cualquier falla que pudiera producirse en el mismo. Este análisis se basa principalmente en la experiencia de las personas que conforman el equipo AMFE, por lo que es necesario tomar en consideración este factor al momento de la selección de los integrantes.

Desarrollo de un AMFE de proceso

Un AMFE de proceso debe iniciar con un diagrama descriptivo del proceso, este flujo debe identificar las características del proceso asociadas con cada operación, y los clientes de cada uno de ellos. Hay que aclarar que la palabra cliente incluye a los clientes finales o consumidores, como a las operaciones que se abastecen con el producto en proceso de una operación anterior.

Durante el análisis del proceso se deben detectar las fallas potenciales de cada uno de las operaciones. Evaluar factores como la severidad, ocurrencia y detección de las fallas. Así mismo se deben analizar los efectos de las fallas de los productos en los clientes sean estos externos o internos y los controles existentes dentro del proceso. Cuando estas fallas potenciales son identificadas y evaluadas, se puede elaborar un plan de acción correctivo para reducir o eliminar de ser posible la ocurrencia de las mismas.

Para realizar este análisis existe en la actualidad muchos formatos tipo. En esta tesis se utilizará como base, el elaborado por el Sr. **Margarito Becerra Pérez de Daesa** en su informe

“Análisis del Modo y Efecto de Fallas Potenciales en el Proceso”, mismo que se muestra a continuación:

Descripción		Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF de Proceso)				AMEF Número		Resultados de las Acciones Tomadas								
		Responsable del proceso	Fecha de elaboración	Equipo de trabajo	Preparado por	Página	De	Acciones Tomadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR				
Año modelo / Vehículo (s)	Requerimientos del proceso / Funciones	Efectos Potenciales de la Falla	Severidad	Clasificación	Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo(s) de falla	Ocurrencia	Controles del Proceso Actuales	Detección	NPR	Acciones recomendadas	Responsable y fecha objetivo de cierre (Para la Acción Recomendada)	Acciones Tomadas	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR

Figura 3.11 Formato AMFE

Desarrollo de un AMFE de proceso en el conformado de tubos y cañerías

Objetivo:

El objetivo principal de este análisis en la línea de conformado de tubos y cañerías es encontrar los puntos críticos de proceso, que presentan los mayores problemas de generación de merma.

Equipo:

Para realizar un Análisis Modal de Fallas y Efectos AMFE, primero se conformó un grupo de trabajo integrado por 8 personas, y presidido por el Gerente de Planta. Este grupo está integrado por el supervisor del área de tuberías, el jefe y asistente del departamento de ingeniería, el jefe de mantenimiento, el jefe de despacho, el supervisor del área de reproceso y el jefe de aseguramiento de calidad.

Desarrollo:

Para la elaboración del AMFE se procedió a elaborar previamente un diagrama de flujo describiendo todas las operaciones que forman parte del proceso de conformado de

tubos y cañerías, diagrama descrito en el capítulo dos de esta tesis.

Para realizar los análisis y evaluaciones de las operaciones que forman en proceso de conformado de tubos y cañerías se procedió a establecer primero los criterios de evaluación para severidad, ocurrencia y detección.

Tabla 7

Criterios			
Severidad			
1	La merma generada es tolerable	0,001	0,05
2	La merma generada afecta en forma mínima	0,051	0,1
3	La merma generada afecta parcialmente	0,11	0,3
4	La merma generada afecta gravemente	0,31	0,8
5	La merma generada es intolerable	0,81	> 0,81

Ocurrencia			
1	Le defecto es esporádico	1	3
2	El defecto es poco frecuente	4	8
3	El defecto es frecuente	8	12
4	El defecto es muy frecuente	12	20
5	El defecto se presenta de manera continua	20	>20

Deteccion	
1	Se sabe con anterioridad que va a ocurrir
2	Generalmente se sabe cuando ocurrirá
3	A veces se sabe cuando ocurrirá
4	Casi nunca se sabe cuando ocurrirá
5	Nunca se sabe cuando ocurrirá

Posteriormente se procedió a analizar cada una de las operaciones que forman parte del conformado de tubos y cañerías. Estas operaciones se realizaron tomando en cuenta los

critérios de evaluación establecidos en la tabla 3.1 de este capítulo.

Tabla 8

Proceso	Causa	Efecto	Severidad	Ocurrencia	Controles Actuales	Detección	NPR
Conformado de Tubos y Cañerías	Problemas con el abastecimiento de materia prima	Generación de Merma de Origen	3	5	Control de Calidad por muestreo de bobinas	2	30
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en proceso de corte de bobinas	Generación de Merma de Proceso o/y Origen	1	3	Control visual del operador	3	9
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en bancada formadora	Generación de merma de proceso	5	5	Control visual del operador Control de calidad del producto (muestreo)	5	125
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en mesa de enfriamiento	Generación de merma de proceso	0	0	Ninguno	5	0
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en bancada calibradora	Generación de merma de proceso	5	5	Control visual del operador Control de calidad del producto (muestreo)	5	125
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en carro de corte	Generación de Merma de Proceso	1	4	Control visual del operador	4	16
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en almacenamiento de producto terminado	Generación de Merma de Proceso	2	4	Ninguno	5	40
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en dedimpler	Generación de Merma de Proceso	1	1	Control visual del operador	3	3
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en probador hidrostático	Generación de Merma de Proceso	1	1	Ninguna	4	4

Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en galvanizado	Generación de Merma de Proceso	0	0	Control visual del operador	3	0
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en enderezador	Generación de Merma de Proceso	1	1	Control visual del operador	4	4
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en tronzadora	Generación de Merma de Proceso	0	0	Control visual del operador	3	0
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en Biseladora	Generación de Merma de Proceso	0	0	Control visual del operador	3	0
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla de roscadora	Generación de Merma de Proceso	0	0	Control visual del operador	3	0
Conformado de Tubos y Cañerías	Falla en embalaje de despacho	Generación de Merma de Proceso	0	0	Ninguno	5	0

Resultados del Análisis AMFE

Del análisis AMFE descrito en la tabla anterior, el grupo de trabajo encargado de dicho análisis pudo determinar, que dentro del proceso de conformado de tubos y cañerías las operaciones que obtuvieron un mayor **NPR**, esto quiere decir, que las operaciones en las que se necesita prestar mayor atención, por ser las que mayor cantidad de pérdidas le generaría a la empresa son

- Operación de conformado en la bancada formadora
- Operación de conformado en la bancada calibradora
- Almacenamiento de producto en proceso
- Abastecimiento de materia prima

- Operación de Corte de tubos y cañerías

Con estos resultados podemos concluir que los futuros análisis, y posteriores planes de acción que se realicen en el proceso de conformado de tubos y cañerías para reducir el porcentaje de merma generado, debe centrarse en estas **5 operaciones** debido a que son las más representativas para la empresa.

3.3 Análisis de la información obtenida con la aplicación del sistema de control de materiales

A partir del análisis de la información recopilada en los documentos pertenecientes al sistema de control de materiales podemos evaluar la merma de **Origen y Proceso** del sistema.

Al total de merma generada en el área de tuberías podemos dividirla en:

Merma de Origen: 36.41 Tons. Anuales

Merma de Proceso: 327.69 Tons. Anuales

Para evaluar la merma de origen se analizó la información de las Órdenes de Corte y de Producción de tubos y cañerías. Este análisis se efectuó en función del identificador de materia prima. Este identificador denominado pedido interno de compra, nos ayuda a obtener la información completa del material que ingresa al sistema como por ejemplo:

- País Proveedor
- Molino Proveedor
- Fecha de Importación, etc...

Con esta información se clasificó a los proveedores en función de la cantidad de merma generada, obteniendo como resultado la siguiente tabla:

Tabla 9

Procedencia	Molino	Proveedor	% de Merma
Ucrania	Ilych Iron Steel Works	Duferco	76.1
Rusia	Servestal	Duferco	18
Venezuela	Siderurgica del Orinoco	Sidor	3.2
Kazakhstan	Ispat Karmet	Duferco	2.6

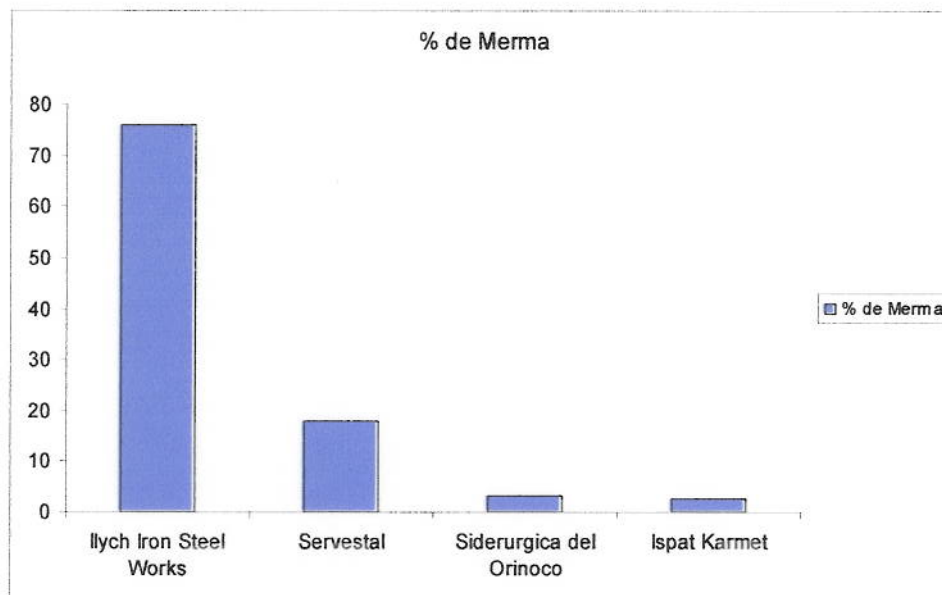


Figura 3.12 Generación de Merma de Origen por Proveedor

Según la tabla detallada anteriormente, se puede concluir que los pedidos, en los que se presenta el mayor porcentaje de merma son los de los molinos Ilych Iron Steel Works y Servestal, de Ucrania y Rusia respectivamente. Cabe notar que ambos molinos pertenecen a la empresa procesadora de acero Duferco, la cual provee en su mayor parte de acero laminado en caliente y antideslizante a nuestra empresa.

Además del análisis de la información de los documentos del Sistema de Control de Materiales, se pudo clasificar los principales defectos encontrados en las tuberías.

Tabla 10

Suma de KILOS		
DEFECTO	% merma	% Acum.
Tiras con Empate	29,76%	29,76%
Viruta	20,93%	50,69%
Tiras Abiertas	13,52%	64,21%
Tiras por Calibración	6,38%	70,59%
Despunte Fleje	6,34%	76,93%
Tiras Dañadas por Flejes Defectuosos (P.)	5,84%	82,78%
Tiras Abiertas por Punta y Cola	4,53%	87,30%
Tiras Dañadas por Flejes Defectuosos (C.)	2,25%	89,55%
Despunte Punta y Cola	1,95%	91,50%
Tiras Abiertas por Enhebrado	1,53%	93,03%
Tiras Golpedas	1,47%	94,50%
Tiras Fuera de Flecha	1,36%	95,86%
Tiras por Calibración (fin de campaña)	1,19%	97,04%
Tiras Cortas	0,95%	97,99%
Tiras Mala Limpieza	0,44%	98,43%
Tiras Torcidas	0,43%	98,86%
Tiras Picadas	0,33%	99,19%
Tiras con puntos de soldadura	0,29%	99,48%
Tiras Doble Capa	0,28%	99,75%
Tiras mal desbardado	0,10%	99,86%
Tiras Oxidadas	0,08%	99,93%
Tiras por Pruebas de Calidad	0,04%	99,97%
Tiras manchadas	0,02%	99,99%
Tiras Abiertas por Arranque	0,01%	100,00%
Total general		

Basándonos en la información obtenida de los documentos del Sistema de Control de Materiales, podremos en el siguiente capítulo, realizar un análisis de la misma, usando para esto herramientas como el grafico de Pareto y un diagrama Causa – Efecto, herramientas que nos servirán para determinar aquellos puntos dentro del proceso de conformado de tubos y cañerías en los que debemos centrar nuestros esfuerzos.

CAPÍTULO 4

4. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

4.1 Determinación de alternativas de mejora para la reducción de material de segunda en el proceso de conformado de tubos y cañerías

Para determinar alternativas de mejora con el objetivo de reducir la merma generada en el proceso de conformado de tubos y cañerías, se analizarán los resultados del capítulo anterior.

Basándose en los mismos se procederá a realizar un análisis de Pareto para determinar aquellos defectos que contribuyen en un mayor porcentaje al total de la merma generada en el proceso.

Además se podrá realizar un análisis Causa – Efecto, que nos permitirá conocer las causas primarias de los principales defectos, determinados en el gráfico de Pareto.

4.1.1 Análisis Causa Efecto

“Un diagrama Causa Efecto, es la representación gráfica de varios elementos que pueden contribuir a un problema”² Este diagrama que fue desarrollado por el Dr. Ishikawa, es una herramienta muy utilizada en el análisis de procesos, ya que nos brinda la posibilidad de conocer a través de un análisis efectuado por un grupo de expertos, las probables causas de un problema específico.

² www.calidad.org/s/causa.pdf.

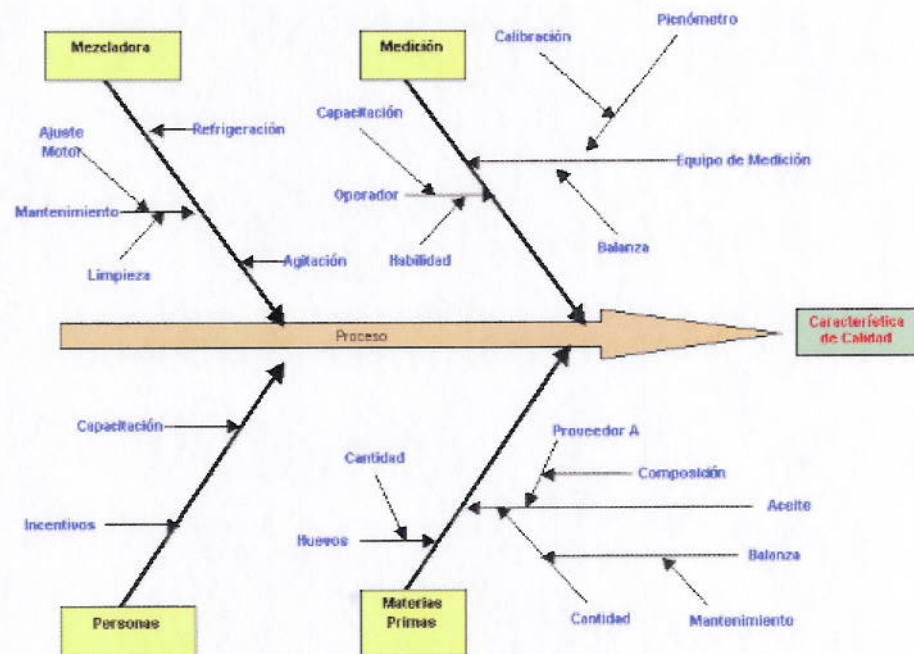


Figura 4.1 Diagrama de Ishikawa – Calidad.org

Como se muestra en el gráfico, los problemas son analizados con el fin de determinar las posibles causas primarias del mismo. Una vez determinadas estas causas, se procede a analizar las mismas con el fin de obtener las causas raíz. Esto quiere decir que se analiza cada resultado hasta obtener la causa principal del problema. Cabe recalcar que este análisis debe realizarlo un equipo conformado por personas expertas en el proceso y el problema analizado.

4.1.2 Análisis de Pareto

El diagrama de Pareto, es una gráfica en la cuál se clasifican datos en forma descendente según la importancia de los mismos.

Se basa en la teoría del 80/20. Esto quiere decir que un grupo pequeño de datos, 20%, representa el 80% de los problemas. Este 20% causante de estos problemas es conocido como **“pocos vitales”**, mientras que el 80% de datos restantes causante de apenas el 20% de los problemas es conocido como **“muchos triviales”**

Esta clasificación brindada por este diagrama es utilizada generalmente, para determinar los principales puntos causantes de los problemas dentro de un proceso u organización. De esta manera un grupo de mejora podrá dedicar su atención a resolver estos principales problemas ya que estos son lo más representativos para la situación analizada.

Para elaborar el diagrama de Pareto para la clasificación de la merma se utilizó los datos de la tabla 3.4 “Clasificación de la

merma por atributo". Con la misma se elaboró el siguiente gráfico que nos muestra los principales defectos que cubren el 82.78% de la merma generada en el área de tuberías.

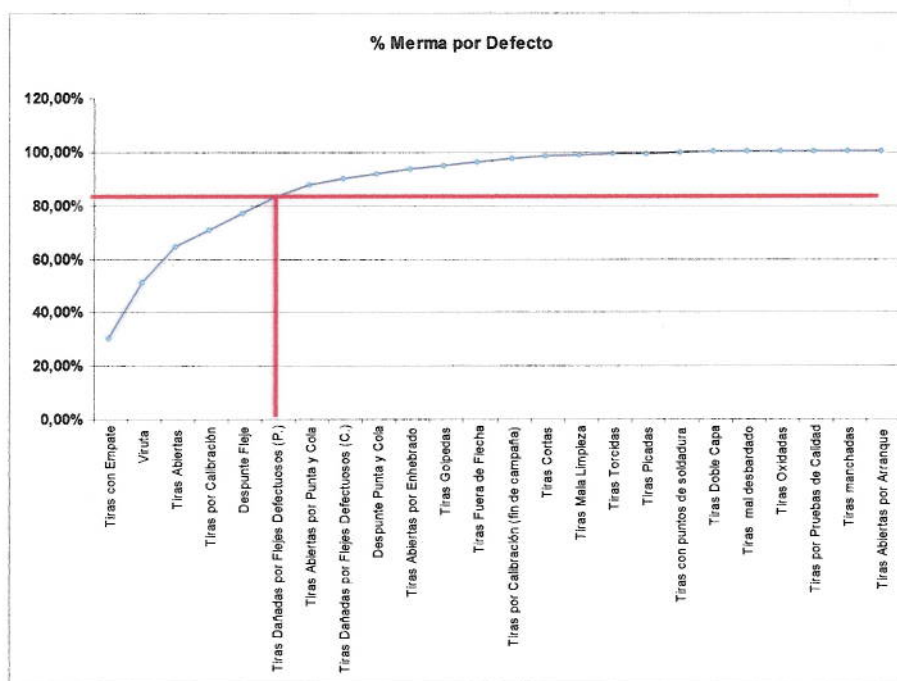


Figura 4.2 Diagrama de Pareto de merma del área de tuberías

Con este gráfico podemos determinar que, los principales defectos que originan el 82.78% de la merma son:

- Tiras con empate
- Viruta
- Tiras abiertas
- Tiras por calibración

- Despunte de fleje
- Tiras dañadas por flejes defectuosos

Estos defectos van a ser analizados con un diagrama Causa – Efecto para determinar la causa raíz de cada uno.

Desarrollo

Para el desarrollo de el diagrama Causa – Efecto, se seleccionó un grupo de personas involucradas en el proceso de conformado de tubos cañerías de forma directa e indirecta.

El grupo está dirigido por el gerente de planta, y conformado además por los tres operadores principales de las tuberías, el supervisor de área, el jefe y el asistente de ingeniería, el jefe de mantenimiento y el jefe del departamento de maestranza.

Los defectos analizados, fueron los determinados como pocos vitales en el diagrama de pareto efectuado al inicio de este capítulo.

El primer defecto analizado en función de las 6 M's fue: "Tiras abiertas". Luego del análisis efectuado por el grupo se obtuvo el siguiente resultado:

Análisis causa – efecto de "Tiras abiertas"

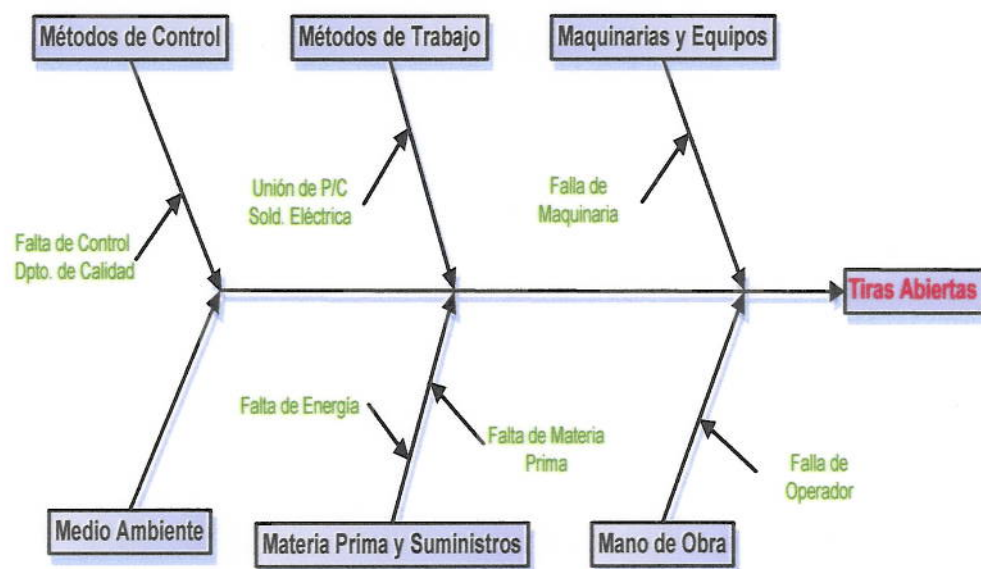


Figura 4.3 Diagrama de Ishikawa – Tiras abiertas

La figura anterior nos muestra las causas de los 6 factores analizados para el primer defecto. Ahora como nos indica el procedimiento del diagrama causa – efecto, se seguirá analizando cada una de estas causas hasta encontrar la causa

raíz, que por facilidad de comprensión se realizará en las tablas descritas a continuación.

Los siguientes gráficos nos muestra el resultado de cada análisis

Métodos de Trabajo: Análisis de unión de punta y cola con soldadura eléctrica

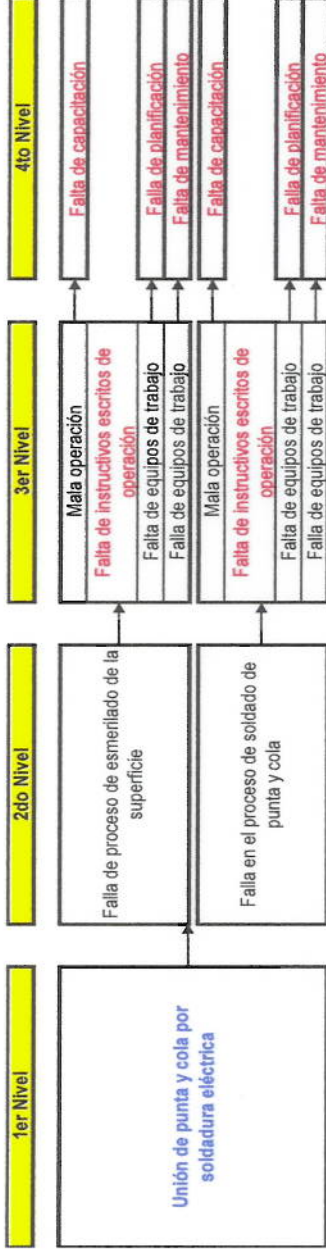


Figura 4.5 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Unión de punta y cola

Materia Prima y Suministros: Análisis de falta de materia prima



Figura 4.6 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falta de materia prima

Mano de Obra: Análisis de falla del operador

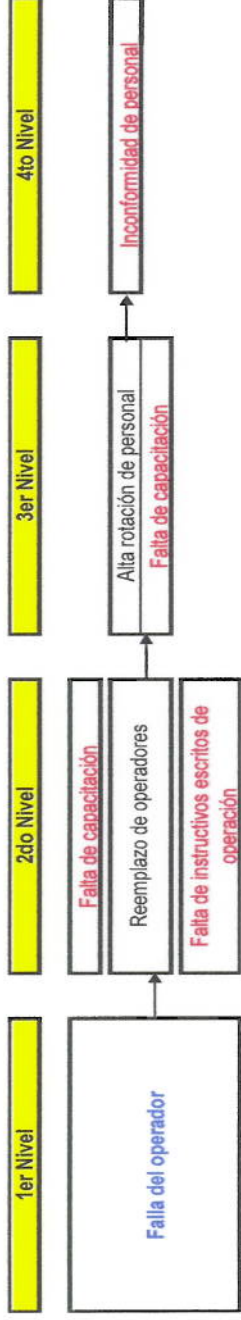


Figura 4.7 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falta de operador

Métodos de Control: Análisis de falta de control del departamento de control de calidad

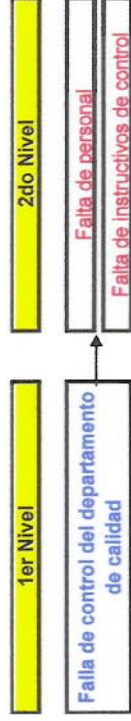


Figura 4.8 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falta de control de calidad

Materia Prima y Suministros: Análisis de falta de energía eléctrica

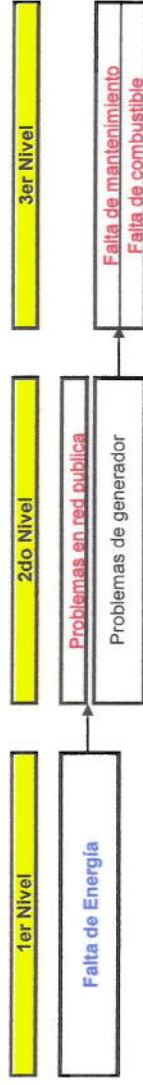


Figura 4.9 Diagrama de Ishikawa de Tiras abiertas – Falta de energía

Luego del análisis de este defecto podemos agrupar las principales causas en:

Tabla 11

Causas Raíz		%	Acumulado
Falta de capacitación	21	29%	29%
Falta de mantenimiento	19	26%	56%
Problemas de calidad del material	12	17%	72%
Falta de planificación	7	10%	82%
Falta de instructivos escritos de operación	6	8%	90%
Falta de control de indicadores	2	3%	93%
Falta de equipos y suministros	2	3%	96%
Problemas de personal	2	3%	99%
Falla en redes publicas	1	1%	100%

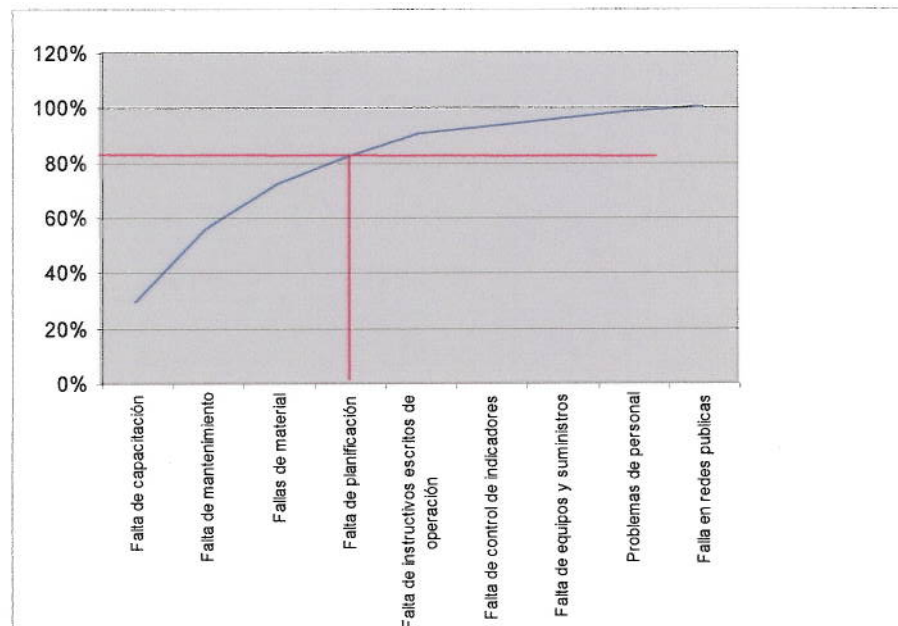


Figura 4.10 Diagrama de Pareto – Tiras abiertas

Como se puede observar claramente en el gráfico anterior las 4 causas principales para la generación de tiras abiertas en el proceso de conformado de tubos y cañerías son: falta de capacitación, falta de mantenimiento, fallas de material y falta de planificación.

Estas 4 causas determinadas en el análisis de causa - efecto servirán para la elaboración de un plan de acción que se explicará más adelante en este capítulo.

Análisis causa – efecto de “Viruta”

La viruta como se describió en el capítulo 3, es un tipo de merma implícita en el proceso. Esta merma se genera debido al tipo de proceso de soldado de alta frecuencia y el desbardado posterior, que se utiliza en el conformado de tubos y cañerías.

Para el análisis causa – efecto de la generación de viruta se tomarán en cuenta las posibles causas que pudieran producir un exceso o un problema durante el desbardado de tubos o cañerías.

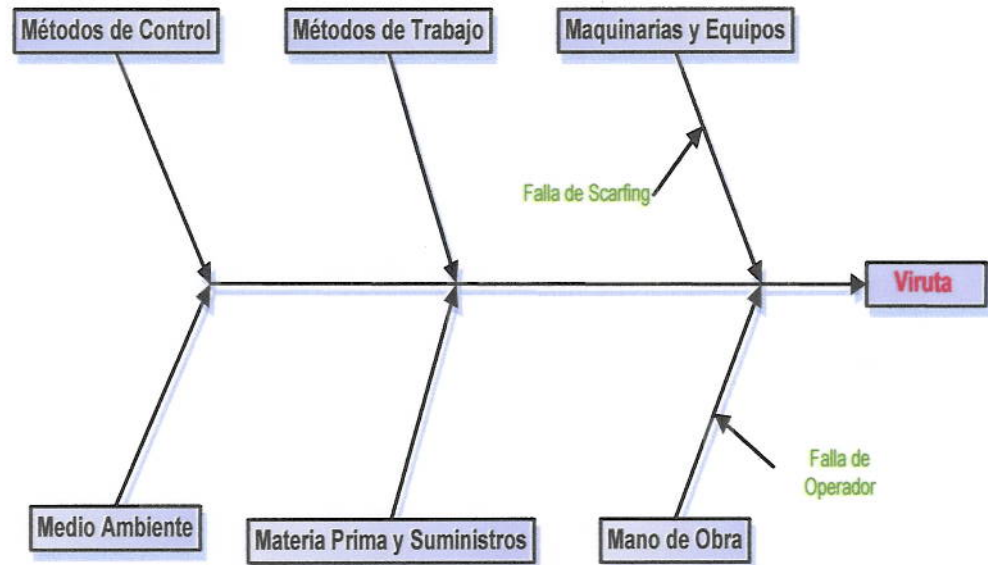


Figura 4.11 Diagrama de Ishikawa – Viruta

Después de un análisis preeliminar se pudo determinar que las posibles causas para una generación excesiva de viruta, podrían ser:

- Falla del operador
- Falla del scarfing

Los siguientes gráficos, nos muestra las causas consideradas como raíz para el problema indicado.

Maquinarias y Equipos: Análisis de falla de scarfing

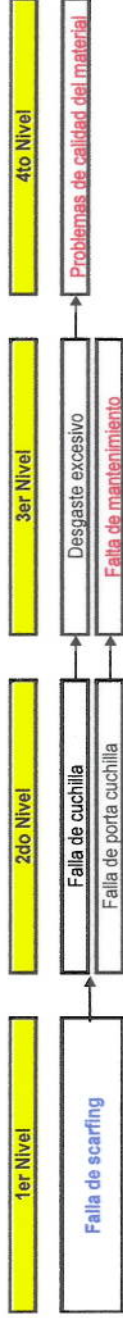


Figura 4.12 Diagrama de Ishikawa de Viruta – Falta de scarfing

Mano de Obra: Análisis de falla del operador

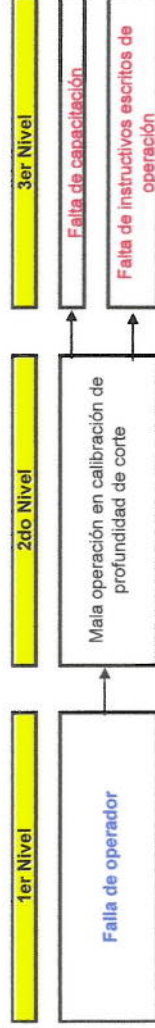


Figura 4.13 Diagrama de Ishikawa de Viruta – Falta de operador

Como lo demuestran las figuras anteriores, el análisis de causa efecto de la generación de viruta, arroja como resultado que las causas consideradas como raíz en la generación del problema son:

- Falla de material
- Falta de mantenimiento
- Falta de capacitación
- Falta de instructivos escritos de operación

Análisis causa – efecto de “Tiras con empate”

Al igual que en el análisis causa – efecto de la generación de merma, para las tiras con empate se considerarán los factores que inciden en la generación excesiva de este tipo de defecto.

Como se mencionó en el capítulo tres, las tiras con empate se generan cada vez que se realiza la unión de los flejes. La longitud de la tira con empate varía dependiendo de la facilidad de regulación del carro de corte y la habilidad del operador.

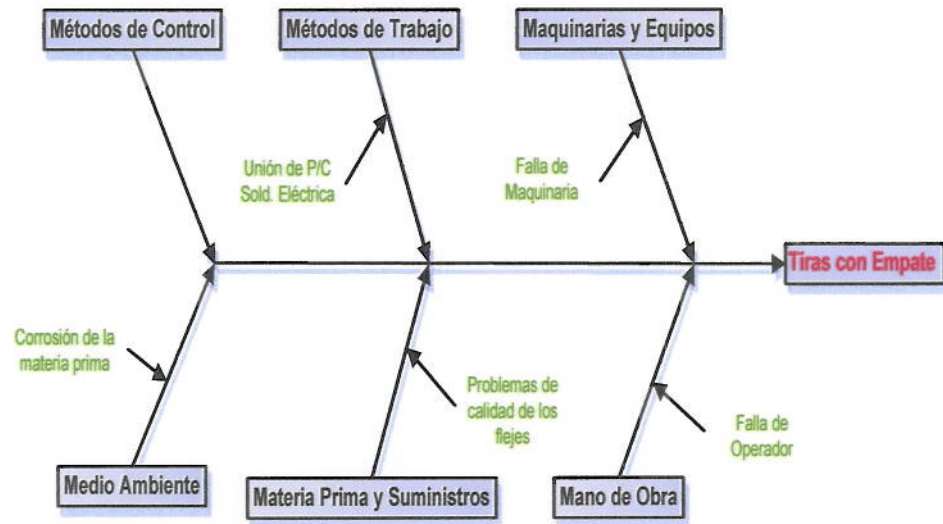


Figura 4.14 Diagrama de Ishikawa – Tiras con empate

Luego del análisis preliminar se encontraron cinco posibles causas para la generación excesiva de tiras con empate, las cuales se analizarán para encontrar las causas raíz del problema.

Las siguientes tablas nos muestran los resultados de los análisis de las causas encontradas.

Métodos de Trabajo: Análisis de unión de punta y cola con soldadura eléctrica.

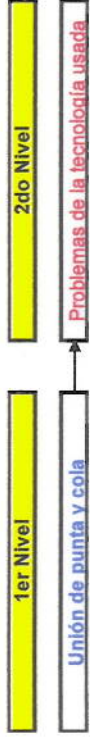


Figura 4.15 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Unión de punta y cola

Maquinarias y Equipos: Análisis de falla se maquinarias.

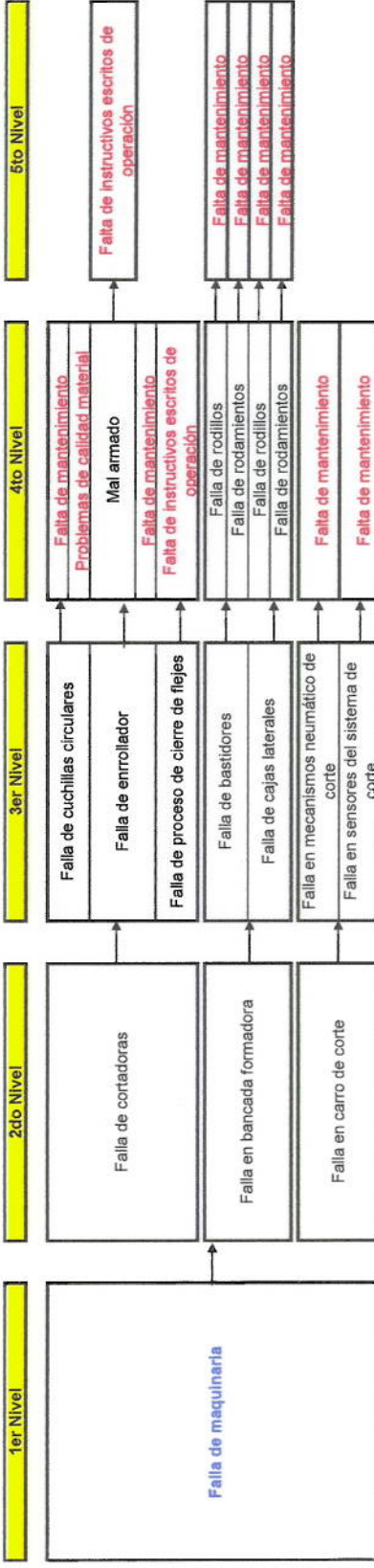


Figura 4.16 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Falla de maquinaria

Mano de Obra: Análisis de falla del operador.



Figura 4.17 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Falta del operador

Materia Prima y Suministros: Análisis de problemas de calidad de los flejes.

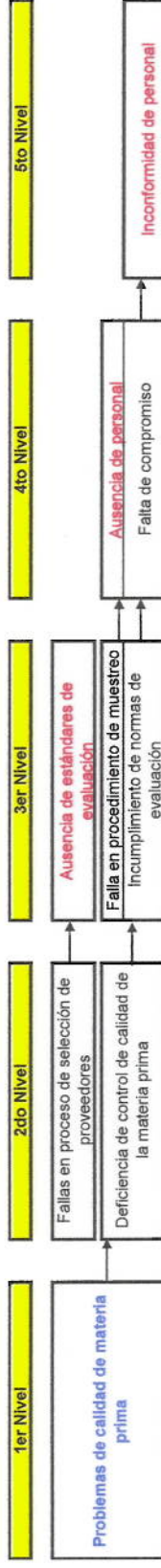


Figura 4.18 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Materia prima y suministros

Medio Ambiente: Análisis de corrosión de materia prima.

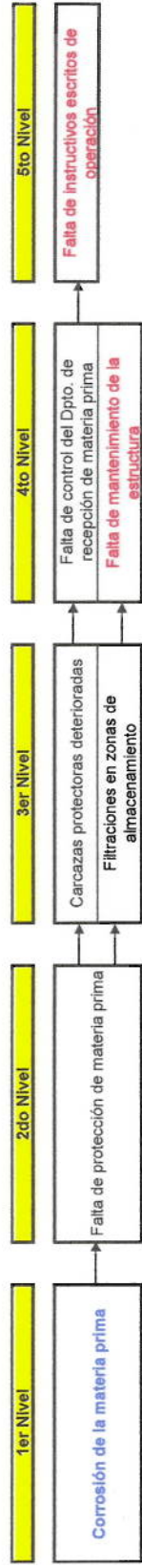


Figura 4.19 Diagrama de Ishikawa de Tiras con empate – Corrosión de materia prima

Luego del análisis causa – efecto de los factores que generan de manera excesiva la cantidad en kilos de tiras con empate, podemos agrupar las determinadas como causas raíz en:

Tabla 12

Causas Raíz		%	Acumulado
Falta de mantenimiento	8	42%	42%
Falta de instructivos escritos de operación	4	21%	63%
Tecnología usada	1	5%	68%
Problemas de material	1	5%	74%
Inconformidad de personal	1	5%	79%
Falta de mantenimiento de la estructura	1	5%	84%
Falta de capacitación	1	5%	89%
Ausencia de personal	1	5%	95%
Ausencia de estándares de evaluación	1	5%	100%

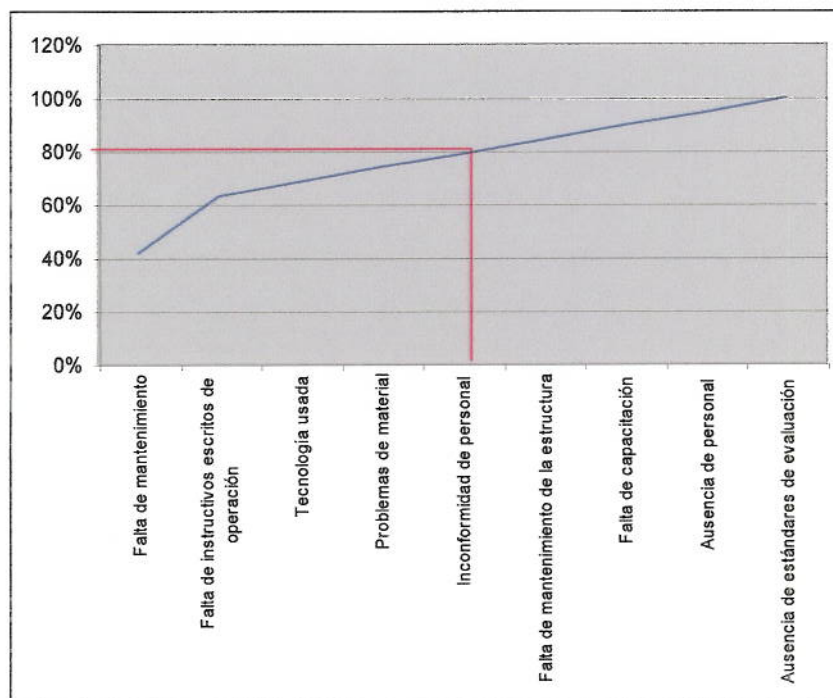


Figura 4.20 Diagrama de Pareto – Tiras con empate

Como de muestra en la figura anterior, las causas principales de la generación excesiva de tiras con empate son:

- Falta de mantenimiento
- Falta de instructivos escritos de operación

Otras causas consideradas como importantes de considerar durante la elaboración de un plan de acción son:

- Tecnología usada
- Problemas de material
- Inconformidad del personal

Análisis causa – efecto de “Tiras por calibración”

Este tipo de defecto al igual que los dos anteriores, se considera implícito dentro del proceso de producción. La calibración, una operación realizada después del armado de cada línea, consiste en un conjunto de acciones realizada por el operador y los ayudantes con el fin de ajustar la línea montada en la máquina, para obtener una tira (tubo o cañería) de primera calidad. Esto

quiere decir ajustar la línea hasta obtener un producto que cumpla con las normas de calidad usadas en la compañía.

Al ser un tipo de defecto que se genera siempre que existe un cambio de línea, se analizarán aquellos factores que incidan en la generación excesiva del mismo.

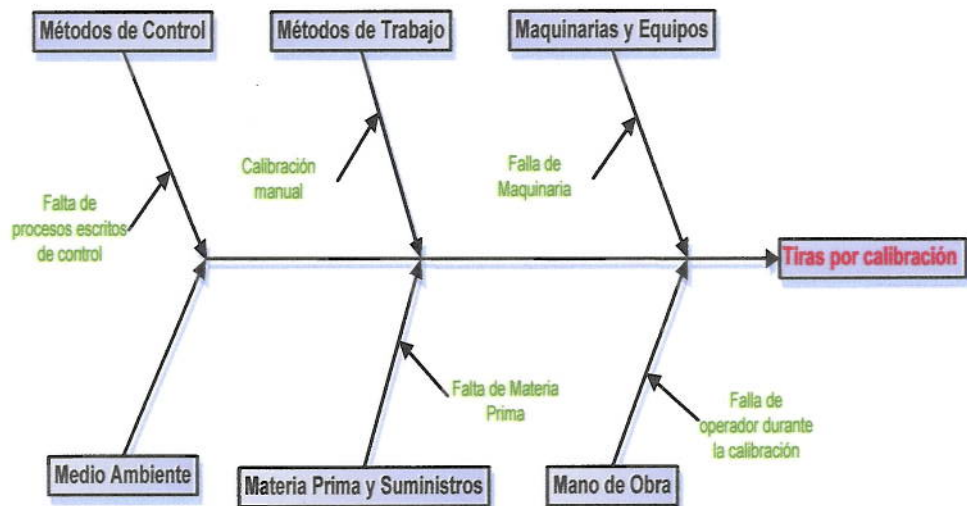


Figura 4.21 Diagrama de Ishikawa – Tiras por calibración

Luego de un análisis preliminar en función de las 6M's, se pudo determinar cuatro causas para la generación de tiras por calibración. Estas causas son:

- Falta de procesos de control durante la calibración
- Problemas por calibración manual

- Problemas de maquinaria
- Falla en materia prima

Estas causas determinadas en el análisis preeliminar serán analizadas nuevamente hasta obtener las causas raíz para el problema estudiado.

Métodos de Control: Análisis de falta de procesos de control de calibración

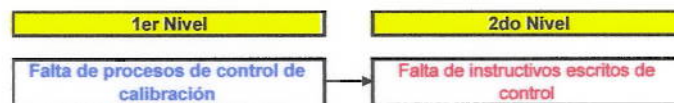


Figura 4.22 Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falta de procesos de control de calibración

Métodos de Trabajo: Análisis de falla por calibración manual

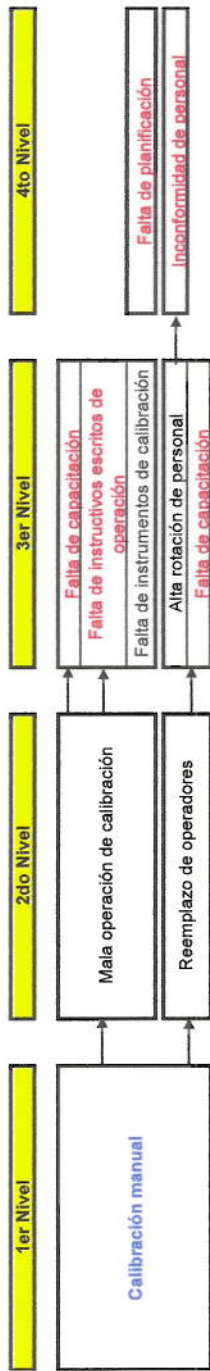


Figura 4.23 Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falla por calibración manual

Materias Primas y Suministros: Análisis de falla de material

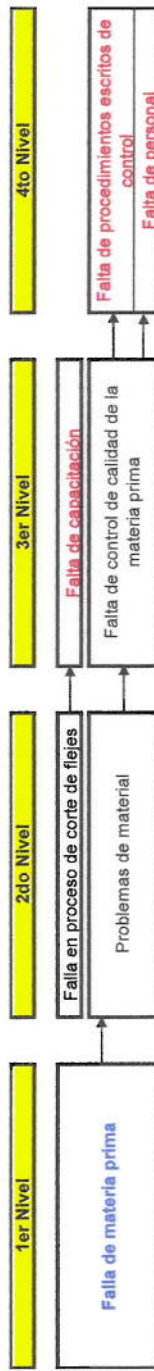


Figura 4.24 Diagrama de Ishikawa de Tiras por calibración – Falla de material

Luego del análisis de las causas preeliminares que provocan una generación excesiva de las tiras por calibración podemos concluir que las causas determinadas como raíz son:

Tabla 13

Causas Raíz		%	Acumulado
Falta de capacitación	20	36%	36%
Falla de material	12	22%	58%
Falta / falla de mantenimiento	11	20%	78%
Falta de planificación	5	9%	87%
Falta de instructivos escritos de control / operación	3	5%	93%
Falta de personal	1	2%	95%
Inconformidad de personal	1	2%	96%
Falta de indicadores de control	1	2%	98%
Falta de separadores	1	2%	100%

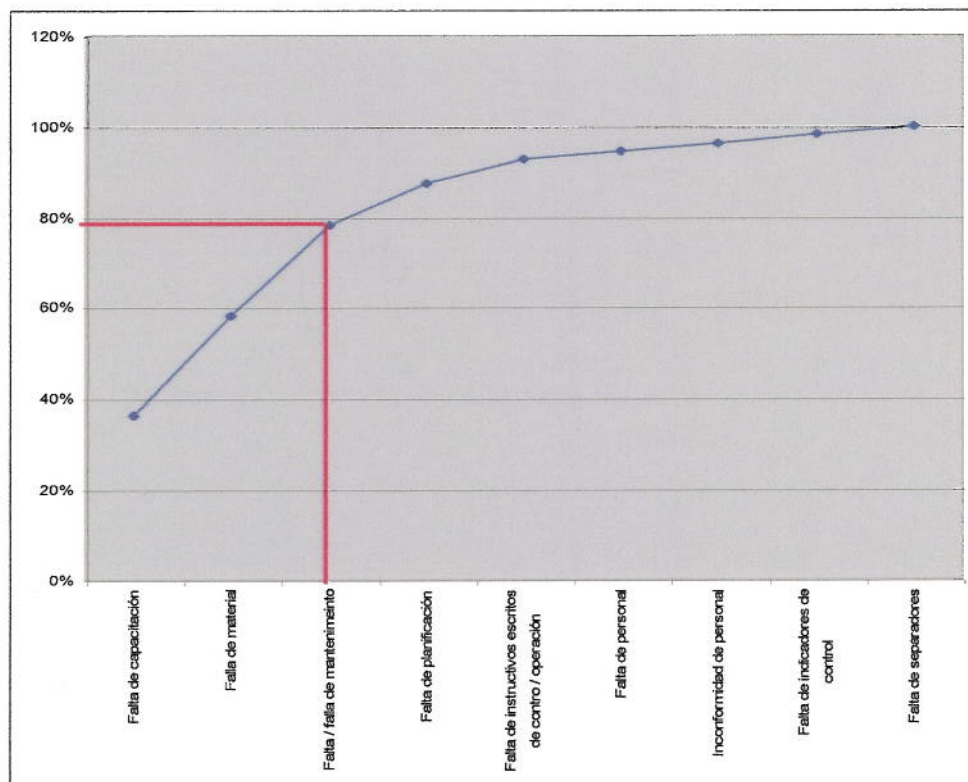


Figura 4.26 Diagrama de Ishikawa – Tiras por calibración

Como lo muestra la figura anterior las tres principales causas para la generación excesiva de tiras por calibración son:

- Falta de capacitación
- Falla de material
- Falta de mantenimiento

Análisis causa – efecto de “Despunte de Flejes”

Este tipo de defecto se genera como se detalló en el capítulo tres, por problemas de materia prima o en el proceso anterior al conformado de tubos y cañerías.

Al igual que en los casos anteriores un análisis preliminar de este defecto nos arroja el siguiente resultado:

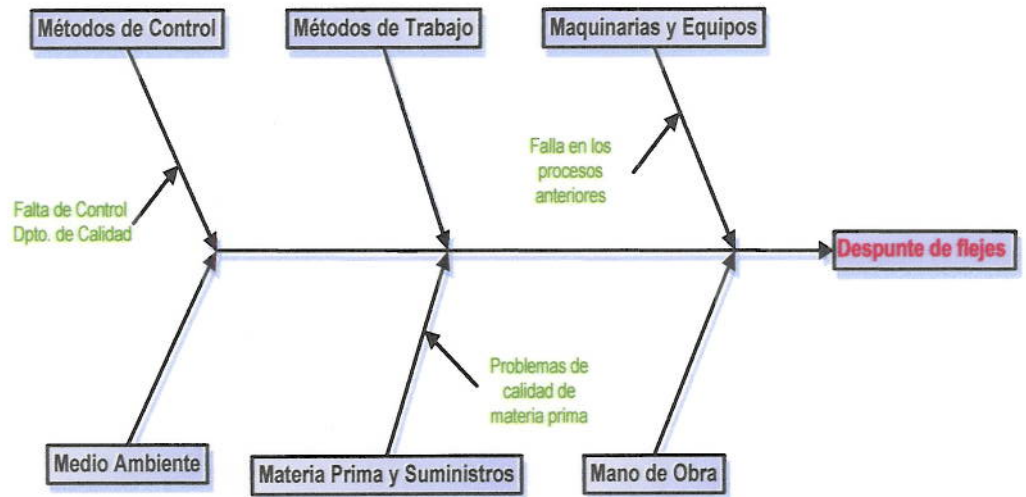


Figura 4.27 Diagrama de Ishikawa – Despunte de flejes

- Falta de control del departamento de Control de Calidad
- Falta en procesos anteriores
- Falta de material

Estas causas determinadas en el análisis preliminar de los despunte de fleje, serán estudiadas nuevamente para encontrar las causas raíz del defecto en cuestión. Los siguientes gráficos nos muestran los resultados de estos análisis.

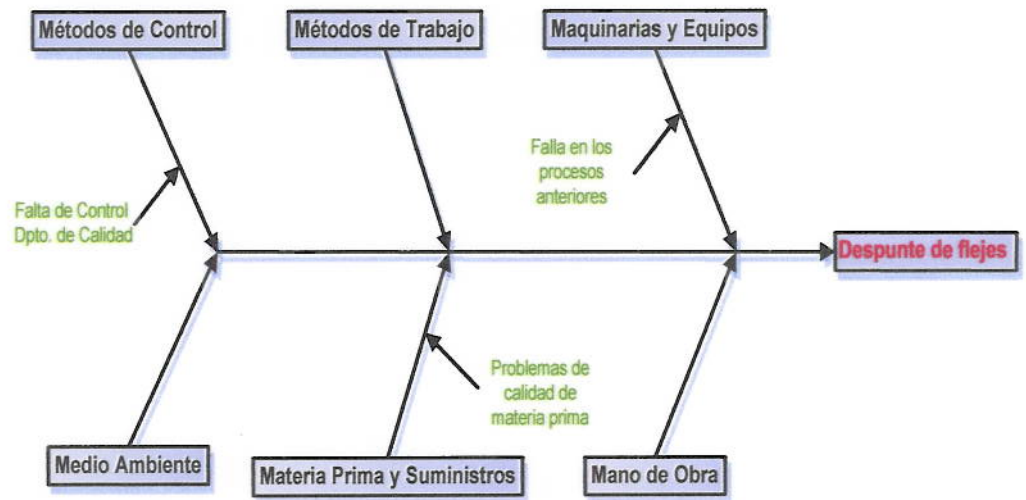


Figura 4.27 Diagrama de Ishikawa – Despunte de flejes

- Falta de control del departamento de Control de Calidad
- Falta en procesos anteriores
- Falta de material

Estas causas determinadas en el análisis preliminar de los despunte de fleje, serán estudiadas nuevamente para encontrar las causas raíz del defecto en cuestión. Los siguientes gráficos nos muestran los resultados de estos análisis.

Métodos de trabajo: Análisis de falla de procesos anteriores.

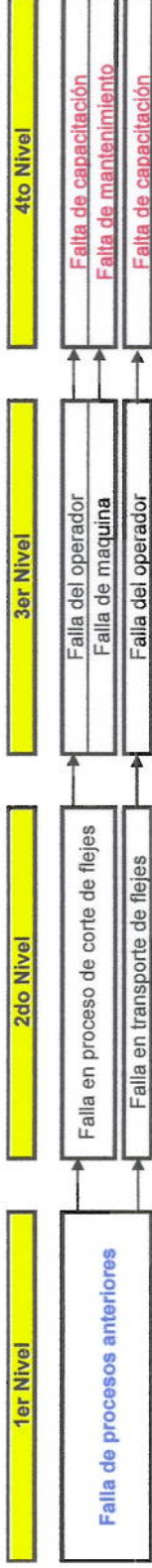


Figura 4.28 Diagrama de Ishikawa de Despuntos de fleje – Falta de procesos anteriores

Métodos de control: Análisis de falla de control del departamento de control de calidad.

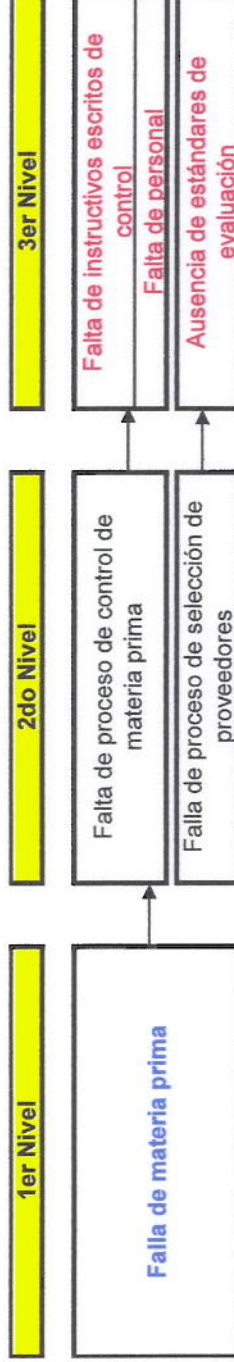


Figura 4.29 Diagrama de Ishikawa de Despuntos de fleje– Falta de control del departamento de control de calidad

Métodos de control: Análisis de falla de control del departamento de control de calidad.

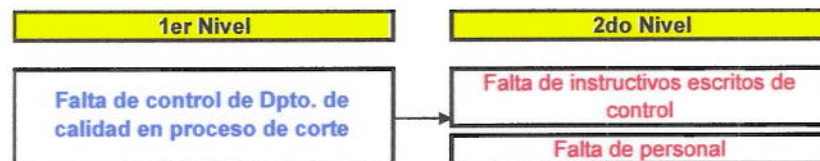


Figura 4.30 Diagrama de Ishikawa de Despuntos de fleje – Falta de control del departamento de control de calidad

Podemos concluir que las causas raíz de la generación de despuntes de flejes son:

- Falta de instructivos escritos de control
- Falta de capacitación

Análisis causa – efecto de “Tiras dañadas por flejes defectuosos”

Este defecto se genera en durante el conformado inicial de los tubos y cañerías (bancada formadora), y es ocasionado por cualquier tipo de defecto en los flejes que ingresan al proceso.

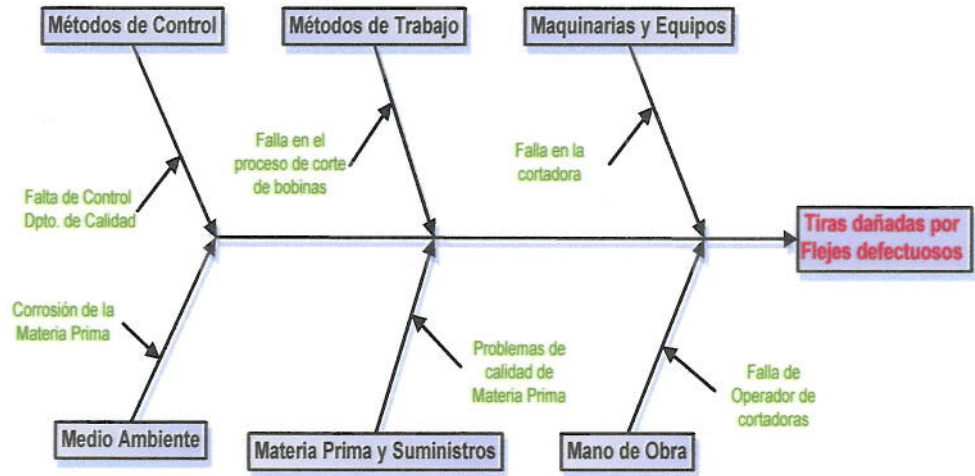


Figura 4.31 Diagrama de Ishikawa – Tiras dañadas por flejes defectuosos

Métodos de control: Análisis de falta de control del departamento de control de calidad.

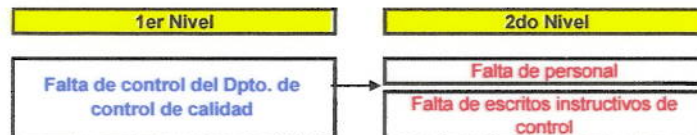


Figura 4.32 Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos –
Falta de control del Departamento de control de calidad

Métodos de trabajo: Análisis de falla en procesos de corte

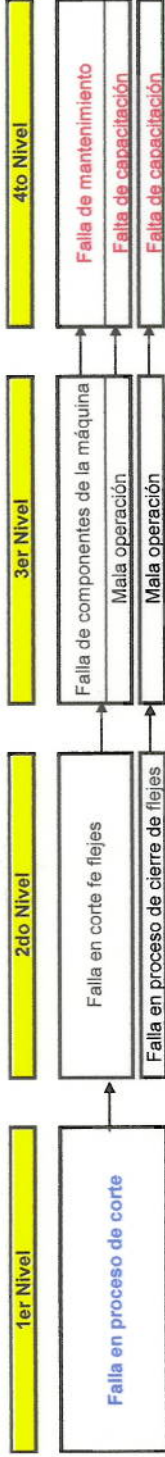


Figura 4.33 Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falla en proceso de corte

Maquinarias y Equipos: Análisis de falla en cortadoras

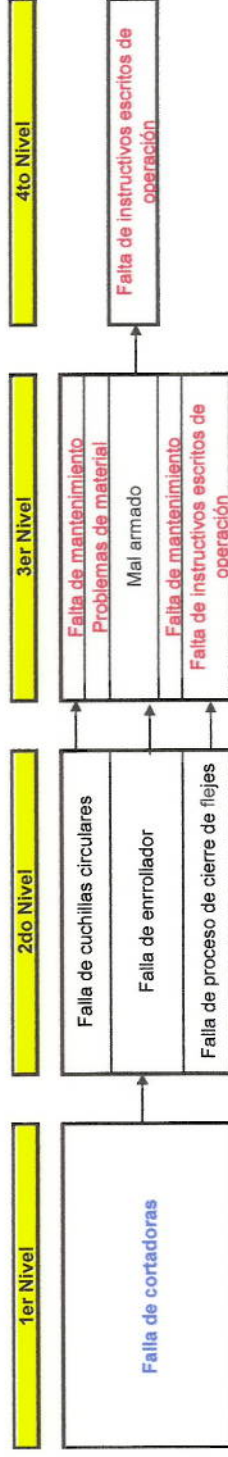


Figura 4.34 Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falla en cortadoras

Medio Ambiente: Análisis de corrosión de la materia prima

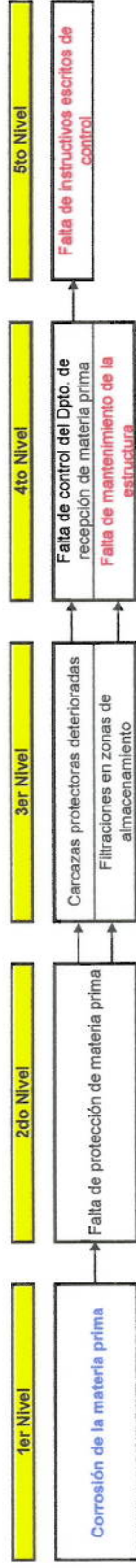


Figura 4.35 Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Corrosión de la materia prima

Materia Prima y Suministros: Análisis de corrosión de la materia prima

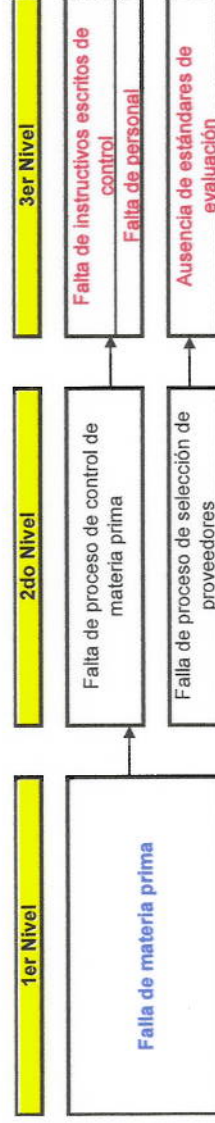


Figura 4.36 Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta de materia prima

Mano de Obra: Análisis de corrosión de la materia prima

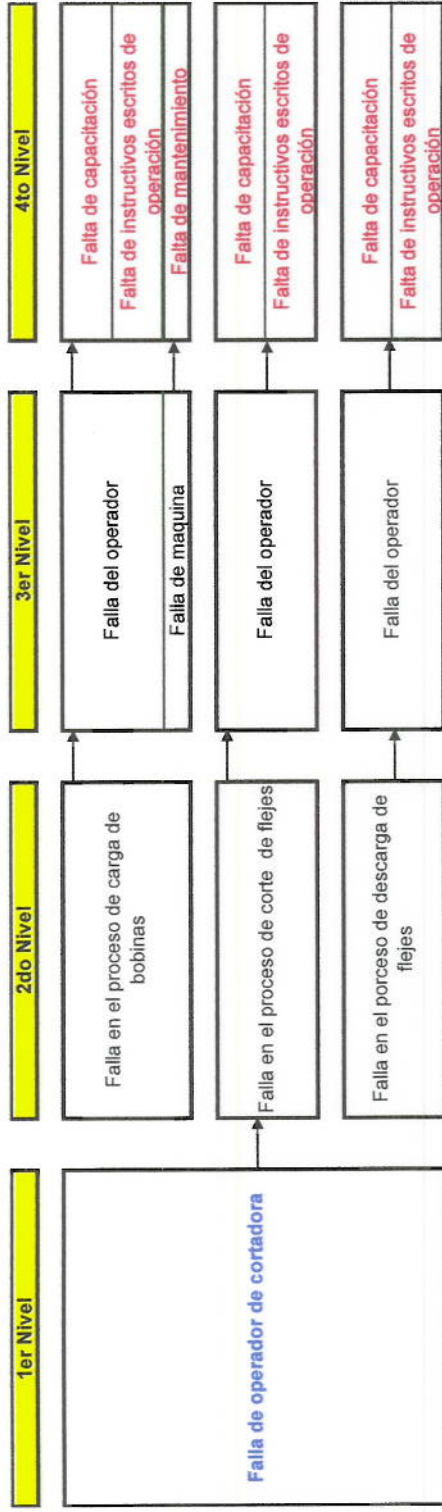


Figura 4.37 Diagrama de Ishikawa de Tiras dañadas por flejes defectuosos – Falta de operador de cortadora

Del estudio de las causas determinadas en el análisis preliminar podemos concluir que las principales causas raíz para la generación de tiras dañadas por flejes defectuosos son:

- Falta de instructivos escritos de operación
- Fallas de mantenimiento

Para elaborar un plan de trabajo es necesario realizar un gráfico de Pareto, usando la frecuencia de las causas raíz encontradas en los análisis de causa – efecto anteriores y el porcentaje de merma que representan cada uno de los defectos estudiados.

Para determinar el porcentaje de aportación al total de merma de cada uno de los defectos generados, se analizó la tabla 3.4 del capítulo anterior. Se utilizó como base de este análisis el total de merma formado por los 6 defectos analizados, esto es el 82.78% de la merma total.

En base a estos datos se pudo obtener que el 82.78% analizado esta formado por:

Tabla 14

Defectos	% de Merma
Tiras con Empate	35,95%
Viruta	25,29%
Tiras Abiertas	16,33%
Tiras por Calibración	7,71%
Despunte Fleje	7,66%
Tiras Dañadas por Flejes Defectuosos (P.)	7,06%

Para obtener el gráfico de Pareto se ponderó la frecuencia de las causas obtenidas en el análisis causa – efecto de los problemas estudiados con los datos de la tabla anterior, obteniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 15

Suma de % Total		
Defecto	Total	Acumulado
Falta / falla de mantenimiento	29%	29%
Falta de capacitación	23%	52%
Falta de instructivos escritos de operación	14%	66%
Problemas de material	14%	80%
Falta de planificación	6%	86%
Falta de personal	4%	90%
Falta de estándares de evaluación	2%	92%
Inconformidad de personal	2%	94%
Falta de mantenimiento de la estructura	2%	95%
Falta de equipos y suministros	2%	97%
Tecnología usada	1%	98%
Falla de control de indicadores	1%	99%
Falla en redes públicas	1%	100%

Como podemos observar en el gráfico anterior, existen 4 causas que generan el 80% de los problemas estudiados. Esto quiere decir que el plan de trabajo que se propondrá en este capítulo,

debe estar basado en solucionar estos cuatro problemas principales.

Planteamiento de mejoras

Para conseguir el objetivo de disminuir la generación de merma planteado al inicio de esta tesis, se elaborará un plan de trabajo basado en las cuatro causas determinadas como raíz en el análisis causa – efecto del punto anterior. Estos planes de trabajo estarán conformados por alternativas de mejora, mismas que serán evaluadas económicamente para verificar su factibilidad.

Plan de trabajo: Falta / falla de mantenimiento

Para disminuir la merma relacionada a la falla o falta de mantenimiento determinada en el estudio anterior, se diseñó un plan de trabajo que incluye a todas las máquinas que intervienen en forma directa o indirecta en el proceso de conformado de tubos, según los resultados del análisis AMFE del capítulo anterior.

Este plan incluye:

- Bancada formadora de tuberías
- Bancada calibradora de tuberías
- Puentes grúas
- Cortadoras

Este plan de trabajo, se fundamenta en una recopilación de datos de los componentes de cada máquina y su frecuencia de mantenimiento, basado en las órdenes de trabajo de los últimos dos años.

Con estos datos se obtuvo la siguiente tabla, que resume los componentes de los centros analizados que presentan la mayor cantidad de problemas.

Bancada Formadora y Calibradora

Tabla 16

Defectos por componentes	%
Falla en pasos formadores	21,00%
Falla en pasos calibradores	20,56%
Falla en cabeza turca	13,00%
Falla en carro de corte	9,56%
Falla en sistema de soluble	8,00%
Falla en motores	6,58%
Falla en rodillos enderezadores	5,40%
Falla en soldador de alta frecuencia	5,00%
Falla en pistola metalizadoras	5,00%
Falla em sistema neumático	3,20%
Falla en mesa de salida	2,70%

De estos componentes, los pasos formadores, calibradores, enderezadores y cabeza turca presentan los mismos problemas característicos en:

Tabla 17

Rodillos	48%
Caja de cambios	4%
Cajas reductoras	8%
Bastidores y cajas	21%
Rodamientos	10%
Cardanes	7%
Otros componentes	2%

Con esta información se elaboró un cronograma de mantenimiento que incluye la revisión periódica de los componentes que presentan una mayor frecuencia de daños en los centros analizados (Anexo #2).

Además el plan de mantenimiento propone también las siguientes alternativas:

Rectificación de líneas de rodillos

- **Rectificación de líneas**

Esta rectificación incluye **todos los rodillos de la línea**, esto implica un rectificando de los formadores, calibradores, enderezadores y cabeza turca. Es importante anotar que la rectificación de los rodillos debe asegurar que se mantengan las proporciones iniciales de cada uno de los mismos, es decir que se mantenga la relación del diámetro de cama⁵ entre rodillos y los radios de trabajo. Además se debe tener en cuenta que cuando se realiza un rectificando parcial de una línea, como se ha venido realizando hasta ahora se generan problemas durante el calibrado de la línea, debido a que la relación de alturas de trabajo no se mantiene. Es por eso la importancia de realizar siempre un rectificando total.

⁵ Diámetro de cama: Diámetro del rodillo en el cual se produce el contacto con el fleje procesado.

En la empresa existen actualmente 36 líneas de productos usadas en el conformado de tubos y cañerías. De estas líneas, las que más se rectifican son aquellas utilizadas con mayor frecuencia en el proceso productivo. Entre las que podemos mencionar:

- Tubo redondo ½"
- EMT ½"
- Tubo cuadrado 25 x 25
- EMT ¾"
- Tubo rectangular 20 x 40
- Tubo cuadrado 40 x 40
- Tubo redondo 5/8"

Cabe mencionar además que los mayorías de los rodillos tienen un tiempo de uso de aproximadamente 4 años. Y además los rodillos pueden ser rectificadas en un promedio de 8 a 10 veces a lo largo de su vida útil. Con estos datos podemos concluir que una línea puede ser rectificada en promedio cada 5 meses.

Este proceso puede ser realizado por el taller de maestranza de la compañía o por un proveedor externo. La decisión dependerá exclusivamente de la capacidad y la carga de trabajo del taller de maestranza de la compañía.

Otra acotación importante es la creación del plan de rectificado basado en la programación mensual de las tuberías. Hasta ahora los rodillos se rectificaban cuando se realizaba la inspección de líneas antes del armado. Es decir cuando los rodillos iban a ser usados. Por esta razón se debe crear un programa de mantenimiento de rodillos basado en inspecciones de fin de corrida, es decir inspeccionar cada uno de los rodillos de una línea al final de la corrida de producción. De esta manera se puede detectar los posibles problemas o defectos en los rodillos y/o componentes solucionándolos si afectan al programa mensual de producción.

- **Construcción de bastidores y cajas laterales**

Esta construcción incluye el mecanizado de la estructura principal del bastidor y/o de caja lateral, dados y ejes de bastidores. Al igual que el rectificado de los rodillos, estas

operaciones pueden ser realizadas en el taller de maestranza de la compañía o por un proveedor externo.

El objetivo fundamental de la construcción de estos elementos mecánicos es el poder reemplazarlos de ser necesario, durante las inspecciones que se realizan dentro del plan de mantenimiento establecido en el anexo #2. El cambio oportuno de estos equipos evitará problemas durante el proceso de armado y calibración de la máquina, así como también evitará detenciones inesperadas en el proceso. Con este tipos de medidas preventivas se logrará disminuir la merma ocasionada por averías en las máquinas y adicionalmente disminuir el costo de las detenciones no programadas en el proceso.

- **Mantenimiento preventivo de motores y cajas reductoras y de cambios**

El mantenimiento incluye además del cronograma y de la mano de obra utilizada en el mismo, del aprovisionamiento de los repuestos y suministros necesarios para dicho

trabajo. Este rubro que será analizado más adelante, incluye la compra de repuestos y herramientas de manera trimestral para llevar a cabo este plan.

- **Mantenimiento preventivo de cardanes y rodamientos**

Al igual que la propuesta anterior, este mantenimiento requiere el suministro de repuestos necesarios para el correcto funcionamiento de los elementos. Este mantenimiento está también incluido en el anexo #2.

- **Mantenimiento de carro de corte**

Entre los elementos más sensibles pertenecientes al carro de corte podemos mencionar a la matriz, rieles y a las cuchillas o punzones de corte.

Los rieles del carro de corte, que son regletas de bronce, son las que sufren el mayor desgaste en su superficie debido al trabajo que estas realizan. La falta de lubricación y la acumulación de viruta contribuyen al desgaste excesivo de los mismos. Las cuchillas y punzones sufren desgaste durante el corte de tubos y cañerías. El rectificado correcto y

oportuno garantiza la durabilidad de las cuchillas y un buen corte de los tubos o cañerías.

El punto mas sensible de las matrices son los porta velas, estos son dos elementos de bronce dentro de los cuales se mueven dos ejes de acero que desplazan hacia arriba o hacia abajo la parte superior del castillo.

La propuesta de mejora incluye la construcción de las matrices, y rieles, que son los que sufren mayor desgaste. Así como la importación de un lote de cuchillas de corte. Además se debe incluir en el plan de mantenimiento del anexo #2 la revisión periódica de los elementos de corte para evitar el deterioro excesivo de los mismos. Cabe anotar que, todos estos mantenimientos preventivos requieren de la existencia de repuestos en bodega, situación que en la actualidad no se da. Por lo que es necesario antes de comenzar con los planes de mantenimiento en cada una de las máquinas, adquirir el stock de repuestos necesario para realizar esta labor.

Puentes Grúa

Al igual que en el punto anterior, para los puentes grúa, se analizó cada uno de los componentes, y la frecuencia con la que se presentan daños en los mismos.

Se pudo determinar que los principales componentes en los que se presentan daños son:

- Polipasto
- Sistema de movimiento longitudinal.

La revisión periódica de estos componentes fue incluida en el cronograma de mantenimiento (Anexo #2). Además al igual que en el caso de las tuberías se solicitó al departamento de compras la actualización del stock de repuestos para los puentes grúa.

Además se procederá a alinear y nivelar las rieles laterales a través de las cuales se mueven los puentes grúa ya que la desviación que estas presentan producen un sobre esfuerzo en las ruedas de las vigas testeras o sistema de movimiento longitudinal provocando el excesivo desgaste de las mismas.

Cortadoras

Entre los componentes considerados como neurálgicos en las cortadoras podemos mencionar:

- Cuchillas de corte
- Tambor enrollador
- Sistema motriz del slitter

Tanto el tambor enrollador como el slitter son incluidos en el cronograma de revisión periódica del anexo #2.

- **Rectificado de las cuchillas de corte**

Las cuchillas de corte deben ser rectificadas periódicamente. Este proceso de rectificado puede ser realizado por el taller de maestranza de la compañía o por un proveedor externo.

Las cuchillas se deben rectificar cada dos meses por recomendación del fabricante, para de esta manera asegurar un buen corte y evitar la presencia de cualquier tipo de material en los filos de los flejes cortados.

Plan de trabajo: Falta de capacitación

Para disminuir la merma generada relacionada a esta causa se planteó la capacitación de los grupos de trabajo que intervienen en el conformado de tubos y cañerías, entendiéndose como un grupo de trabajo al formado por el operador principal y los ayudantes.

La capacitación será dividida en los siguientes temas considerados como importantes por el grupo de análisis de causa – efecto:

- **Operación de armado y calibración de líneas**

Esta capacitación incluye a todas las operaciones que se deben realizar en el armado de líneas de las tuberías. Desde la comprobación de los rodillos usando los patrones elaborados por el departamento de maestría, verificación de los separadores, rodamientos y dados, de las cajas laterales y bastidores.

El plan de capacitación de los grupos de trabajo con respecto a la calibración de las tuberías, se basará en la experiencia de los líderes de grupo y del análisis de los tipos de merma generada por problemas en la calibración que efectúe el Grupo de Mejora de Merma o GMM (propuesta de círculos de calidad detallada más adelante es este capítulo).

- **Autocontrol de las operaciones**

Uno de los problemas detectados durante el análisis causa – efecto fue la falta de personal, especialmente de inspectores de calidad, por esta razón se capacitará a los operadores para que ellos puedan controlar el proceso de conformado de tubos y cañerías en función de las normas de calidad internas usadas en la compañía.

Esta capacitación comprende, el conocimiento de normas en cuanto a dimensiones y tolerancias por producto. Además incluye una instrucción completa sobre el uso de instrumentos de medición como el micrómetro, calibrador, goniómetro, entre otros.

- **Control de calidad en la recepción de material**

La recepción de material es un punto importante dentro del proceso de conformado de tubos y cañerías. Actualmente se realiza una verificación del 3% de las bobinas que llegan de los diferentes molinos. Durante la inspección se revisan las diferentes características de las bobinas que ingresan a puerto o a la compañía, los valores tomados en espesor, ancho, y peso son ponderados con el total del pedido. Solo si la desviación supera el 3% se realiza un reclamo a la compañía de seguro ya que por el tipo de material y el tiempo de reaprovisionamiento no se puede rechazar el lote.

Como se demostró anteriormente los molinos de Ilych Iron Steel Works y Servestál son los que presentan el mayor porcentaje de defectos, por lo que se recomienda un control más estricto del material procedente de estos molinos. Según el análisis se recomienda un control del lote completo y realizar una comparación bobina con bobina, es decir comparar los datos tomados con los registrados en el packing list. Y realizar las gestiones respectivas en el caso de que las diferencias superen el 3% establecido como desviación máxima admisible.

Es por esta razón que la verificación de las características de este, en función de los requerimientos de la producción, es tema principal de la capacitación de los integrantes del departamento encargado de esta labor. Esta capacitación incluye el manejo de instrumentos de medición y el conocimiento de las normas de calidad usadas en la compañía.

Además esta labor requiere de la contratación de una persona encargada del control estadístico de los pedidos de material recibidos en planta y en el puerto. Es importante la correcta selección de la persona encargada de esta labor debido a que de ella dependerá realizar un uso adecuado de las cláusulas de respaldo establecidas en los contratos con la compañía de seguros.

- **Mantenimiento de líneas y cuchillas de corte**

El estado de los rodillos, rodamientos y cuchillas de corte de cada una de las líneas esta a cargo del departamento de ULP (unidad de lanzamiento de producto). El correcto funcionamiento de estos componentes durante la operación de conformado de tubos y cañerías ayudará a que no se

genere merma por alguna falla de estos componentes. Por este motivo que, la capacitación de los integrantes del departamento de ULP para la verificación y mantenimiento de rodillos, rodamientos y cuchillas de corte, es muy importante. Esta capacitación incluye también el manejo de instrumentos de medición y los cálculos de dimensiones de los rodillos.

En cuanto a la capacitación esta será brindada por un miembro del departamento de Ingeniería. Este se encargará de abarcar las normas de calidad internas de la compañía, además de la creación de los formatos respectivos para el registro de información durante los controles. La capacitación con respecto al uso y cuidado de los instrumentos de medición estará a cargo de los proveedores que brindarán este servicio adicional.

Plan de trabajo: Falta de instructivos escritos de operación

Como lo demostró el análisis causa – efecto, uno de los grandes problemas que contribuyen a la generación de merma durante el conformado de tubos y cañerías, es la falta de instructivos

escritos de control y de operación. Este problema se da, debido a que las operaciones desarrolladas en la planta se basan principalmente en la experiencia del ejecutante, sea este el operador de la máquina, ayudante o inspector de calidad.

Por esta razón el levantamiento de instructivos escritos de control y de operación es muy importante, ya que se busca como objetivo fundamental estandarizar todas las operaciones que forman parte del conformado de tubos y cañerías en la planta.

Este levantamiento de instructivos de control se efectuará junto al departamento de ingeniería. Departamento que fue designado por el grupo de análisis, como responsable de la coordinación y desarrollo de los proyectos de mejora.

Plan de trabajo: Falla de material

Como se demostró anteriormente, los problemas que presentan los materiales en el momento del conformado de tubos y cañerías, es una de las principales causas de la generación de merma. Por esta razón se realizará una evaluación de los proveedores, considerado aspectos importantes como:

- **Dimensiones reales**

Esto incluye ancho, peso y espesor real de las bobinas que se reciben en la planta de conformado.

- **Calidad del material**

La calidad del material es un factor muy importante de considerar en el momento de la recepción. Esta labor debe ser realizada por el departamento de RMP (recepción de materia prima).

Cambio de Tecnología

Una de las alternativas de mejora planteada es la de comprar una máquina tubera nueva, que reemplace la #3, la cual evite el proceso posterior al corte de corrección de la geometría perdida, realizado en el dedimpler.

Además la compra de la nueva tubera permitiría alcanzar velocidades mayores de producción de por lo menos 150 metros por minuto, ya que en la actualidad estas están en promedio en 64 metros por minuto.

Los posibles países proveedores de máquinas tuberías son Alemania y Estados Unidos, los cuales cuentan con tecnología de punta en el conformado en frío del acero.

Además la compra de la nueva tubería incluye la compra o fabricación de nuevas líneas de rodillos. El número de líneas compradas o fabricadas dependerá de la capacidad de la nueva máquina en cuanto a alturas de los bastidores y ejes, separación entre bastidores y cajas laterales y cabeza turca.

GMM

Otra recomendación importante es la creación del Grupo de Mejora de Merma o GMM. Este grupo que es básicamente la formación de círculos de calidad se basa en el análisis de los defectos encontrados y registrados en los controles de merma de cada máquina. El objetivo fundamental del grupo es analizar la información recopilada de manera que se puedan plantear tareas de mejora de manera específica, adicionando las mismas a los planes de trabajo establecidos en esta tesis.

Círculos de calidad

Un círculo de calidad se define como un grupo de empleados que realizan tareas similares o relacionadas y que se reúnen con cierta frecuencia, para identificar las causas de los problemas de sus trabajos y proponer soluciones de mejora a la alta directiva⁶.

Estos grupos generalmente están formados por 4 o 5 personas que se reúnen periódicamente, frecuentemente con intervalos de una semana. Los círculos de calidad están liderados por un experto en el proceso, pero las decisiones son tomadas en base a un consenso. El objetivo fundamental de estos círculos de calidad es mejorar la calidad de los productos y/o servicios a través de la mejora continua de los procesos.

4.2 Evaluación de alternativas de mejora

Para la evaluación de las alternativas de mejora propuestas en el punto anterior, se realizará un análisis económico considerando la inversión inicial y los beneficios que se obtendrán. De esta manera se podrá realizar una toma de decisiones con respecto a las alternativas de mejora de manera acertada.

4.2.1 Análisis costo beneficio de alternativas de mejora

Según la Sociedad Latinoamericana para la Calidad, un análisis costo beneficio se define como *“El proceso de colocar cifras en dólares en los diferentes costos y beneficios de una actividad”* . Este análisis nos ayuda a determinar el impacto financiero real de la actividad que se quiera realizar.

Plan de mantenimiento

Para evaluar económicamente el plan de mantenimiento se determinará los costos de cada una de las recomendaciones realizadas en este capítulo.

Rectificación de líneas

Las líneas usadas en las tuberías tienen aproximadamente 52 rodillos, incluyendo los verticales, laterales, soldadores, enderezadores y los de la cabeza turca.

⁶ <http://www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/no%203/qc.htm>

Para rectificar cada rodillo se utilizan aproximadamente 4 horas – hombre. Este rectificado como se mencionó anteriormente puede ser realizado de manera interna o externa.

En la empresa el costo de la hora hombre de un operador de un torno es de \$ 1.07. Además el costo de hora máquina considerando la depreciación, consumibles, energía eléctrica, y utilaje es de \$ 4.07. Esto quiere decir que para rectificar una línea completa de una tubera se necesita aproximadamente 208 horas hombre máquina, incurriendo en un costo de \$ 1069.12.

El costo de rectificar los rodillos en el mercado local es de \$ 1872 con un precio de hora hombre máquina de \$9.0. (Anexo #3)

Como se nota el precio de la rectificación de los rodillos a nivel interno es mucho menor al costo del mismo rectificado a nivel del mercado local.

Otro factor determinante en el rectificado de los rodillos es la capacidad de cada taller.

Dentro de la compañía la capacidad de rectificado es de 2 líneas completas mensuales. Los talleres externos no tienen capacidades limitadas ya que existen 4 talleres aprobados como **Proveedores A** que pueden ofrecer el servicio de rectificado de rodillos. (Anexo #3)

Para nuestro caso, el número de rectificados completos de rodillos es de 8 anuales.

En función de los factores analizados se determinó como más rentable la opción de realizar el rectificado de las líneas de forma interna. Y solo en caso de que un mes demande del rectificado de un número mayor de líneas, realizarlo de manera externa.

Para efectos del análisis económico se estableció como monto total de rectificado \$ 8552.96 anuales.

Construcción de bastidores, dados, cajas y ejes

Junto al departamento de Mantenimiento se determinó la construcción de elementos mecánicos para el stock de tuberías, los cuales como se explicó en la descripción de las alternativas

de mejora se reemplazarán de ser necesario durante las inspecciones programadas.

Entre los elementos mecánicos determinados como necesarios en la tuberías están:

Bastidores (2 juegos), 8 Dados (4 superiores y 4 inferiores), 4 Ejes (2 inferiores y 2 superiores), Cajas reductoras (2 juegos).

El monto total de la construcción de los elementos mecánicos es de \$ 4600. (Anexo #3)

Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento incluye

- Compra de repuestos
- Mano de obra

El plan de compra de repuestos determinado por la gerencia establece un monto de \$2000 en repuestos mecánicos y \$1500 en repuestos eléctricos los cuales son determinados, cotizados y gestionados por el departamento de Mantenimiento de manera

trimestral. La compra de los mismos la realiza el departamento de Compras.

Estos repuestos incluyen elementos tanto para las tuberías, cortadoras y puentes grúa que intervienen en el proceso de conformado de los tubos y cañerías.

El costo del mantenimiento operativo que se va a realizar en las máquinas determinadas en el Anexo #2, es de \$20912

Fabricación y compra de matriz, rieles, punzones y cuchillas de corte

Como se detalló anteriormente se debe mandar a construir a nivel local las matrices y regletas de corte para cada tubería con sus respectivas mordazas. Además se necesita importar de Brasil las cuchillas y punzones para los carros de corte, El monto total de esta alternativa es de \$ 9900 el primer año, y \$5950 desde el 2do año al 4to año, que es el tiempo estimado de vida útil de una matriz de corte.

Rectificado de cuchillas

El costo incurrido para realizar el rectificado de las cuchillas es de \$77.10. En la empresa existen dos juegos de cuchillas para cada cortadora por lo que en total suman 6 juegos de cuchillas que deben rectificarse trimestralmente en promedio a un costo total de \$462.6

Alineación y nivelación de los puentes grúa

Se procederá a través de la contratación de un proveedor a la alineación y nivelación de los rieles, que incluye la reparación o reemplazo de ser necesario de los rieles de las vigas testeras. El costo inicial de la reparación es de \$10000, luego se hará una inspección semestral de los rieles totalizando \$2000 anuales.

Compra de placas de tambores

Se recomendó utilizar placas de refuerzo para los tambores enrolladores de las cortadoras para mejorar el proceso y la capacidad de carga de los mismos. El costo de las placas, elaboración y montaje es de \$ 560. Este trabajo será elaborado

por un taller externo debido a la falta de una máquina roladora en las instalaciones de la fábrica. La placa debe ser reemplazada cada dos años, periodo considerado como vida útil de la misma.

Totalizando los costos del plan de mantenimiento obtenemos como flujo de gastos para los cuatro primeros años:

Tabla 18

Detalle	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año
Mantenimiento operativo	\$ 20.912	\$ 20.912	\$ 20.912	\$ 20.912
Rectificado de rodillos	\$ 8.553	\$ 8.553	\$ 8.553	\$ 8.553
Construcción de elementos mecánicos	\$ 4.600	\$ 0	\$ 4.600	\$ 0
Compra de matrices, regletas, punzones	\$ 9.900	\$ 5.950	\$ 5.950	\$ 5.950
Rectificado de cuchillas	\$ 1.850	\$ 1.850	\$ 1.850	\$ 1.850
Alineación y nivelación de rieles	\$ 10.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
Placa de refuerzo de desenrollador	\$ 560	\$ 0	\$ 560	\$ 0
	\$ 56.375	\$ 39.265	\$ 44.425	\$ 39.265

Plan de capacitación

Operación de armado y calibración

Dentro de este costo se incluye la elaboración de los patrones de comprobación de rodillos, además de la adquisición de los instrumentos de medición para las lanas, radios y separadores.

El costo de elaboración de los patrones de comprobación de los rodillos, arandelas y láminas es de \$1203 mensuales. Lo que totaliza \$ 14433 al año. Cabe indicar que los patrones se elaborarán con una frecuencia de dos años. Tiempo en el cual el desgaste que sufren durante su uso ya no permite el correcto calibrado de los rodillos. Además para la elaboración de los patrones se utilizará aproximadamente 38 Kg. de bronce resistente a la corrosión lo que totaliza un costo de \$ 624.

Los costos de capacitación sobre el uso, cuidado y mantenimiento de los instrumentos de medición no se incluye en este punto debido a que la oferta de los proveedores incluye la capacitación sobre estos temas.

Autocontrol de operaciones

En esta propuesta se debe contabilizar únicamente el costo incurrido en la elaboración de los formatos de autocontrol usados en las operaciones. Este costo mensual de los formatos utilizados es de \$ 6., por lo tanto el costo anual es de \$ 72.

El costo incurrido en la capacitación sobre las normas usadas en la compañía para la elaboración de los diferentes productos durante los cuatro meses de capacitación programada es de \$ 320, capacitación que como se detalló anteriormente estará a cargo del asistente del departamento de Ingeniería.

Control de calidad en la recepción de la materia prima

Al igual que en autocontrol de las operaciones los costos incurridos en este punto del plan general de capacitación se divide en:

La adquisición de instrumentos de medición, que suma un monto total de \$ 4283.47. Los instrumentos adquiridos para todas las áreas involucradas en el conformado de tubos y cañerías son:

Tabla 19

Instrumentos	P/U	Cantd.	Total
Micrometro de exteriores mitutoyo 25 - 50 mm	108,84	8	870,72
Calibrador de laminas 0,05 - 1mm	38,52	5	192,6
Calibrador digital mitutoyo 12"	143,64	6	861,84
Goniometro mitutoyo	467,34	3	1402,02
Calibrador de rosca	30,8	2	61,6
Calibrador de radios 3,5 - 7mm	39,27	3	117,81
Escuadra de precisión con bisel	108	3	324
Micrometro de interior 5 - 30 mm	150,96	3	452,88
		Total	4283,47

El otro costo incurrido es el de capacitación de los operadores de recepción de materia prima y del departamento de control de calidad. Estos costos no son contabilizados aquí debido a que se los incluye en los costos de capacitación del punto anterior.

Capacitación de ULP

Este rubro comprende a la capacitación con respecto al manejo, cuidado y mantenimiento de rodillos y todo el utilaje utilizado durante le conformado de tubos y cañería así como sus sub procesos.

Esta capacitación será realizada por un miembro del departamento de ingeniería por 4 meses a un costo total de \$360.

Totalizando los costos del plan de capacitación obtenemos como flujo de gastos para los cuatro primeros años:

Tabla 20

Detalle	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año
Elaboración de patrones	\$ 15.057	\$ 0	\$ 15.057	\$ 0
Formatos de autocontrol	\$ 72	\$ 72	\$ 72	\$ 72
Capacitación sobre normas	\$ 360	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Capacitación ULP	\$ 360	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Capacitación instrumentos de medición	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Compra de instrumentos de medición	\$ 4.283	\$ 0	\$ 0	\$ 4.283
	\$ 20.132	\$ 72	\$ 15.129	\$ 4.355

Plan de falta de instructivos escritos de operación

Elaboración de instructivos de operación

Este costo incluye la elaboración de los instructivos de armado, calibración y operación de cortadoras, tuberías y puentes grúas. Como se menciona en la descripción de los planes de mejora, los instructivos de operación los realizará un asistente del departamento de Ingeniería junto a los supervisores y operadores principales de cada área. El tiempo establecido para el desarrollo de los instructivos de operación es de 6 meses. Esto representa un costo de \$650 mensuales, y un total del proyecto de \$3900.

Plan Falla de materiales

Muestro y control estadístico de la materia prima

Este plan de trabajo incluye la contratación de un practicante que pueda muestrear junto al recepcionista de materia prima de la empresa el material recibido. Esta persona debe elaborar los informes de recepción respectivos por lote y por proveedor. El

costo incurrido en la contratación de esta persona es de \$400 mensuales, totalizando \$4800 anuales.

Cambio de Tecnología

La compra de una nueva máquina tubera para el conformado de tubos y cañerías a una mayor velocidad y con una reducción de la merma causada por los defectos que presentan las máquinas antiguas puede ser muy beneficioso para la empresa.

Una inversión de este tipo está bordeando los \$ 1200000 de inversión inicial. Costo que incluye la compra y la nacionalización de la tubera. Adicionalmente a esto hay que contabilizar los costos de la instalación de la máquina y sus componentes, la compra de un stock de repuestos, elaboración de las líneas de rodillos alternas, lo que nos da un total de inversión de \$1'800.000.

La propuesta de la compra e instalación de máquina tubera traería muchos beneficios a la empresa que se verían reflejados a largo plazo. Lastimosamente el monto de la inversión supera lo establecido y autorizado por la directiva para los proyectos.

El total de propuestas de mejora aceptadas por la gerencia y aprobadas por la Directiva nos da el siguiente flujo de gastos para los siguientes 4 años:

Tabla 21

Detalle	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año
Plan de Mantenimiento	\$ 56.375	\$ 39.265	\$ 44.425	\$ 39.265
Plan de Capacitación	\$ 20.132	\$ 72	\$ 15.129	\$ 4.355
Instructivos escritos de control	\$ 3.900	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Control estadístico de proveedores	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800
	\$ 85.207	\$ 44.137	\$ 64.354	\$ 48.420

Beneficios

Los beneficios esperados por la gerencia al implementar las alternativas de mejora son:

Reducción de la merma de origen y proceso.

Dentro de los planes de mejora de procesos de la empresa se determinó la reducción de la merma total generada en el área de tuberías de un 6.92 % a 2.8 %. Esto representa una reducción de acuerdo a lo mostrado en la siguiente tabla

Tabla 22

	Kg	%	Merma (\$)	Ahorro
Merma Actual	364106,241	6,92%	\$ 291.284,99	\$ 0,00
Merma 1er año	292021,624	5,55%	\$ 233.617,30	\$ 57.667,69
Merma 2do año	219937,007	4,18%	\$ 175.949,61	\$ 115.335,39
Merma 3er año	147326,225	2,80%	\$ 117.860,98	\$ 173.424,01
Merma 4er año (% mantenido)	147326,225	2,80%	\$ 117.860,98	\$ 173.424,01
				\$ 519.851,11

Evaluación Costo Beneficio

Con los datos detallados en el punto anterior se debe evaluar la real factibilidad de realizar las inversiones propuestas.

Para determinar la factibilidad de las alternativas planteadas y aprobadas por la Gerencia General se debe calcular el Valor Actual Neto de la Inversión y la Tasa Interna de Retorno de la misma (VAN y TIR). Para realizar este cálculo se utilizará el siguiente formato suministrado por www.plandenegocios.com. Para este efecto se usamos la tasa de interés para inversiones del mercado que llega al 3%. Además se debe calcular según el requerimiento de este formato el valor actual de los gastos, es decir transformar en tiempo presente todos los egresos que se realizarán durante el periodo de implementación de la inversión.

Para el cálculo del valor actual de los egresos usamos la siguiente fórmula:

$$P = F(1+i)^{-n}$$

Donde P representa al valor presente de los egresos, F el valor futuro, i , el interés vigente y n , el número de periodos. Con esta fórmula obtenemos que el valor presente de la inversión como lo muestra la siguiente tabla es de \$233029.

Tabla 23

Tasa Vigente	3%	Valor Actual
Inversion inicial	\$ 85.207	\$ 85.207
Primer año	\$ 44.137	\$ 42.851
Segundo año	\$ 64.354	\$ 60.660
Tercer año	\$ 48.420	\$ 44.311
		\$ 233.029

Con el valor presente de la inversión obtenemos el VAN y el TIR de todo el flujo de ingresos y egresos obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 24

Cálculo del VAN y el TIR						
VAN	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Importe de la INVERSIÓN	233.029					
Cash Flow previsto	-233.029	57.668	115.335	173.424	173.424	
Tasa de descuento (tipo de interés)	3,0%					
Valor Actual Neto - VAN	237.345,8					
Tasa Interna de Rentabilidad - TIR	34,0%					

Como lo muestra claramente la tabla el TIR supera considerablemente la tasa de interés de inversiones vigente en el mercado. Con lo que podemos concluir que la implementación es completamente factible.

4.3 Elaboración de planes de acción piloto

Para la implementación de las alternativas de mejora aprobada por la gerencia y la directiva se elaboró un plan piloto que se incluirá en el Master Plan general.

Master Plan

El Master Plan es un programa de trabajo de cuatro años que abarca todas las áreas de la empresa, mismas para las cuales se establecieron indicadores y metas individuales. Entre las principales áreas en las que el master plan interviene podemos encontrar:

Producción

Objetivo: Aumento de la producción.

Detenciones inesperadas

Objetivo: Reducción de tiempos muertos por detenciones inesperadas.

Preparación de máquina

Objetivo: Reducción de los tiempos de set up de cada máquina.

Merma

Objetivo: Reducción de la merma de proceso y origen generada.

Riegos

Objetivo: Reducción de la tasa de riesgos de la planta.

Objetivo: Reducción del número de accidentes y días perdidos.

Para el análisis de merma como se mencionó anteriormente el Master Plan estableció las siguientes metas anuales.

Tabla 25

Área de tuberías	Porcentaje
Situación actual (2006)	6.92%
Año 2007	5.55%
Año 2008	4.18%
Año 2009	2.8%

Como se detalla en el cuadro anterior, la directiva junto al grupo de análisis de merma determinó una reducción del 1.37% de la merma anual.

4.4 Implementación piloto de planes de acción

Para el análisis de los resultados se estableció un periodo de prueba de 6 meses. Durante el mismo se evaluará el resultado general de los planes propuestos. Para esto se elaboró un cronograma de trabajo descrito a continuación.

Cronograma de trabajo

Plan de mantenimiento

El mantenimiento operativo como se detalla en el Anexo #2, se realizará cada semana, quince o treinta días dependiendo del componente y del centro. Este mantenimiento se efectuará bajo la supervisión de un mecánico del departamento de mantenimiento y en cada centro laborará el grupo de mantenimiento correspondiente. Para el caso de las tuberías estos grupos estarán formados por el operador de máquina y el ayudante A. Para los puentes y las cortadoras solo los operadores estarán a cargo del mantenimiento.

Además de estas personas que forman el grupo de mantenimiento operativo, el coordinador de mantenimiento y el ayudante de bodega están encargados de la cotización y almacenamiento de los repuestos y herramientas respectivamente. Otra persona que interviene en este mantenimiento es el jefe del departamento de compras, el cuál junto al coordinador de mantenimiento establece de manera trimestral las cantidades de insumos, repuestos y los diversos tipos de herramientas necesarias para realizar el programa de forma eficiente.

Rectificado de cuchillas y rodillos

El rectificado de cuchilla y rodillos se realizará de forma trimestral como se mencionó en la descripción de esta alternativa. Se comenzará con la línea de 5/8" que es la más comercial y en la que se han presentado los mayores problemas durante la calibración.

Construcción de elementos mecánicos

Se decidió construir en un principio la matriz de corte de la tubera #3, y las regletas con la matriz de corte de la tubera #2. Se tomó esta decisión debido a que son las que presentan el mayor desgaste.

Además se programó la construcción de los ejes de las tuberías, 2 de la bancada formadora y 2 de la calibradora. Además debe construir la estructura de los bastidores con los dados, 2 juegos exteriores y 2 interiores, así como el sin fin de avance y los dados de las cajas laterales.

Placa de tambor

Para la cortadora #1 se programó la compra, rolado e instalación de placas que se colocarán en el tambor expansor. Esta mejora del porta bobinas permitirá procesar bobinas de mayor diámetro interior, que es la característica de la materia prima que está llegando de los diferentes molinos actualmente. Esto representa flejes para las tuberías de mayor longitud reduciendo de esta

mera el número de empates por corrida y como consecuencia la merma generada por esta causa durante la producción.

Plan de capacitación

Como se detalló anteriormente la capacitación se dividirá en:

- Capacitación sobre el uso de las normas internas de calidad para la elaboración de los productos. Este programa pondrá énfasis en las dimensiones de los diferentes productos y sus respectivas tolerancias, así como en como reconocer los defectos que se pudieren presentar durante una corrida de producción. Además se mostrará los probables defectos que puede presentar el material antes de ser procesado, tanto en el corte o elaboración de flejes como en la recepción de materia prima.
- Otro punto a tratar en la capacitación es el uso, mantenimiento, comprobación del estado y reparación de la matricería utilizada en el conformado de tubos y

cañerías, así como de las cuchillas de corte, matrices o castillos, cuchillas, bobinas, impiders entre otros.

Estos dos temas estarán a cargo de los ayudantes del departamento de Ingeniería, los mismos que tendrán que capacitar a los respectivos grupos, el **A** formado por los operadores y sus respectivos ayudantes de las tuberías, cortadoras y puentes grúa, así como el encargado del control estadístico de los proveedores de materia prima y el recepcionista de bobinas, y el grupo **B**, formado por los miembros del departamento de ULP y los dos torneros más calificados.

El programa de capacitación de estos temas se desarrollará en la sala de sesiones de producción para el grupo A y en las instalaciones del taller de maestría para el grupo B. Estas sesiones de aprendizaje se llevarán a cabo los días jueves y viernes de 3:00 pm a 5:00 pm.

- El correcto uso de los diferentes instrumentos de medición como los calibradores, micrómetros, goniómetros, y galgas de radios, hilos y espesores será otro de los temas incluidos en el programa de capacitación. Estas charlas

serán dictadas durante un mes a los trabajadores de las áreas que intervienen en el conformado de tubos y cañerías por el proveedor de los instrumentos de medición.

Plan de elaboración de instructivos escritos de operación

Este plan desarrollado por el asistente principal del departamento de Ingeniería se compone básicamente del levantamiento de información sobre preparación, y operación de máquinas así como el manejo de materiales en la planta.

El instructivo de preparación incluye todas las actividades involucradas en el armado y la calibración de las máquinas, como la revisión de rodillos y rodamientos, armado de los impellers, cañerías y bobinas, montaje de matrices de corten entre otras. El de operación esta conformado por las operaciones involucradas en la producción de los tubos y cañerías, incluyendo la descripción de cada uno de los controles de cada componente, las velocidades, temperaturas, y voltajes de trabajo. Esta información se levantará junto a cada uno de los operadores de las máquinas y será corroborada por los mecánicos y los

documentos existentes de las casas constructoras de las máquinas y sus componentes.

El proyecto completo durará seis meses, tiempo en el cuál se deberá elaborar los instructivos señalados para cada máquina. Luego de la elaboración de estos instructivos se debe elaborar un plan de capacitación de los mismos con el objetivo de estandarizar las operaciones descritas en cada uno.

Plan de Grupo de Mejora de Merma

Este plan como se describió en el punto anterior, no es más que la aplicación de los círculos de calidad. Este Grupo de Mejora de Merma o GMM esta a cargo del análisis de la merma generada en las distintas corridas de producción. EL objetivo principal de este análisis es elaborar un plan de acción que permita atacar las causas de la merma, de tal manera que se pueda eliminar o reducir su generación.

Las sesiones de GME estarán a cargo del asistente principal del departamento de Ingeniería, junto al supervisor del área, el jefe de calidad y el coordinador de mantenimiento. Las tareas generadas de estas reuniones se planificarán y ejecutarán junto al Jefe de Producción, Jefe de Mantenimiento, y Jefe de Maestranza.

4.5 Análisis de Resultados

La reducción de la merma generada en el proceso de conformado de tubos y cañerías luego de la implementación piloto de las alternativas de mejora fue de 2.7%, el cual representa una reducción de las pérdidas por merma de \$113.651.66. Con esto la empresa actualmente reporta un nivel de merma del 4.22% que está cerca de la esperado como nivel de merma para el año 2008.

Estos datos fueron analizados por el directorio, el cual mostró su conformidad y aprobación de la implementación total de las alternativas de mejora durante los siguientes 3 años y 6 meses de duración del Master Plan.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Como se demostró anteriormente la implementación de las alternativas de mejora dio como resultado la reducción considerable de la merma generada en el proceso de conformado de tubos y cañerías.

2. En cuanto al plan de mantenimiento se refiere, podemos decir que la ejecución del programa operativo dio como resultado adicional la disminución de los tiempos muertos o detenciones inesperadas provocados por las fallas en los diferentes centros.

3. La reducción de estos tiempos, luego del segundo mes de implementación piloto en el área de tuberías, animó a la alta Gerencia a coordinar junto al departamento de Mantenimiento y Producción la creación, planificación e implementación del programa de mantenimiento operativo en toda la planta. Después de 5 meses de implementación de este programa la reducción de los tiempos muertos generó un aumento en la producción global en la planta de 5850 Ton, a 7800 Ton. Este valor global de producción se logró sin aumentar el número de horas hombre y disminuyendo las horas de sobre tiempo de los sábados de toda la planta, reemplazándolas por las de mantenimiento operativo de los trabajadores designados.

4. El plan de mantenimiento operativo brindo un beneficio adicional, el conocimiento de cada centro por parte de su grupo de trabajo, es decir que cada operador y ayudante conoce su máquina, su funcionamiento y como realizar reparaciones menores, lo que permitió que los mecánicos pudieran direccionar las horas de trabajo a reparaciones mayores e instalación de nuevos equipos y mejora de los existentes.

5. La merma de origen de 32041.34 Kilos que representaba el 8.8% de la merma total, se redujo después del programa de control de proveedores hasta tener luego de la implementación del programa piloto un total de 19302 Kilos de merma lo que representa una reducción del 39.75% de este rubro.

6. Otro resultado de la implementación de este programa es la posibilidad que tiene la Gerencia General de proceder con los reclamos de manera formal a la aseguradora encargada de la materia prima, por problemas con las características como

peso, sobre o bajo espesor, o problemas de calidad como oxidación, superficies manchadas, onduladas o quebradas, laminas picadas entre otras. El valor de los reclamos efectuados no puede ser determinado en esta tesis debido a que los valores se manejan de forma confidencial en la Gerencia General.

7. Al igual que la merma de origen, la merma de proceso se redujo en un 38.9% después de la implementación piloto de los planes elaborados, lo que representa una reducción de 129325.23 Kilos.

8. El plan de autocontrol de los procesos permitió que los propios operadores puedan detectar, analizar y realizar las correcciones respectivas en los procesos cuando se presenta algún tipo de defecto durante una corrida de producción, para asegurar de esta manera que los productos elaborados cumplan con las normas de calidad internas usadas en la empresa.

9. A pesar de que los planes implementados como el de mantenimiento o el de capacitación son programas que se llevan a cabo casi en todas las empresas, en la nuestra tuvieron bastante éxito en la consecución y superación de las metas esperadas por la Gerencia General y la Directiva.

10. Es importante acotar que el éxito de los planes implementados se basó principalmente en el compromiso adquirido por los trabajadores, y el nivel de mando medio. Los objetivos planteados por la administración de producción fueron comprendidos y compartidos con todo el personal operativo dando como resultado todo lo descrito anteriormente.

5.2 Recomendaciones

1. A pesar de que el plan de capacitación se ejecutó en un 100%, se pudo concluir que debido al alto porcentaje de rotación del personal de planta en la empresa, especialmente de los ayudantes de centros provoca la falta de ciertos

conocimientos. Por lo que se sugiere crear un sistema de capacitación continua para todo el personal que ingresa a laborar en la planta de conformado.

2. Además se debe determinar las causas que originan la alta rotación del personal de planta, para poder ejecutar planes de acción en pro de crear un mejor ambiente de trabajo que estimule el buen desempeño de los operadores y su permanencia como trabajadores de la compañía.

3. Solo el control de la merma y de sus orígenes creó en los trabajadores un sentido de responsabilidad sobre los procesos que ejecutan. Es importante la estimulación de este sentido de responsabilidad estableciendo estándares de operación que puedan ser calificados de forma mensual y recompensada a través de bonos o incentivos de producción.

4. Como se mencionó en el punto anterior el plan de mantenimiento permitió a cada operador conocer su máquina,

por lo que se recomienda usar esta situación para elaborar un plan de capacitación mecánica para permitir que cada trabajador pueda realizar reparaciones de mayor complejidad sin tener que esperar la supervisión de un mecánico, disminuyendo de esta manera el tiempo muerto generado por este motivo.

BIBLIOGRAFIA

1. COMITÉ DE CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS SIDERURGICÁS;
Álbum de defectos de productos siderúrgicos; arte VI; Tubos de acero soldados longitudinalmente; Spainfo S.A.; España 1990.
2. GESTIOPOLIS; Diagrama Causa Efecto, Pareto y Flujogramas;
www.gestipolis.com/recursos4/docs/ger/diagraca/htm.
3. GESTIOPOLIS; Diagrama de Pareto;
[www.gestipolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto
.htm](http://www.gestipolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm).
4. HODSON WILLIAM; Maynard – Manual del Ingeniero Industrial;
Cuarta Edición; Mc Graw Hill; México 1996.

5. IPAC S.A. – DEPARTAMENTO TECNICO; Catálogo de Productos; Ecuador 2004.
6. IPAC S.A. – DEPARTAMENTO TECNICO; Manual de Aceros; Primera Edición; Ecuador 2002.
7. IPAC S. A. – GERENCIA GENERAL; Resumen Ejecutivo; Ecuador 2001.
8. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA; Análisis Modal de Fallas y Efectos; http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_679.htm
9. PLAN DE NEGOCIOS; www.plandenegocios.com; 2006.
10. PORTUS GOVINDEN LICOYÁN; Matemáticas financieras; Cuarta Edición, Mc Graw – Hill.
11. RADA ROSA; ARQ; Apuntes de Calidad. Ecuador 2001.

12. SAPAG CHAIN NASSIR – SAPAG CHAIN REINALDO; Preparación y Evaluación de Proyectos; Cuarta Edición; Mc Graw Hill – Interamérica; Chile 2002.

13. SOCIEDAD LATINOAMERICANA PARA LA CALIDAD; Análisis Costo Beneficio; Apuntes varios.

14. UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO – FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA. www.eie.fceia.unr.edu.ar

APENDICES

Anexo # 1

Norma Interna de Embalaje

Generalidades

La presente norma es de carácter interno y establece básicamente los criterios que se deben tener para el almacenaje del producto terminado

Alcance

La presente norma abarca tanto material de tubería, perfilera, planchas y flejes que pasan a bodegas de despacho y galvanizado.

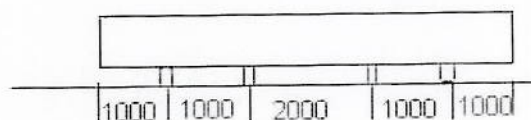
Tuberías

Laminado en frío

Disposición: no se deberá formar rumas superiores a 2.5 metros , excepto en el caso de productos de espesores 0.6 mm , en este caso la altura máxima no debe ser mayor de 2 metros

Separadores: Para separar paquetes se deberá usar únicamente maderos de los que deberán distribuirse a lo largo de la fila según el siguiente grafico.

Figura #1



Enzunchado: Se deberá usar 6 zunchos según la distribución presentada en figura # 2

Figura #2

200	1100	1100	1200	1100	1100	200

Protección: Cada paquete almacenado deberá ir debidamente protegido con plástico transparente y sellado con cinta para empaque, esto evitara su rápida oxidación

Laminados en caliente.

Separación: Para separar paquetes se deberá usar única y exclusivamente retazos de correas y /o omegas, los que se distribuirán a lo largo de la tira según figura # 1

Enzunchado: Se deberá usar seis zunchos para los paquetes que van para bodega de ventas .Mínimo 10 zunchos para paquetes que van para el área de galvanizado, pues estos paquetes poseen alturas de más de 50 cm y por experiencia cuando existen menos sunchos, estos tienden a romperse y desbaratar rumas pudiendo causar daño a los trabajadores

Planchas

Las planchas deberán embalsarse según la siguiente tabla.

Embalaje de planchas				
Medidas mm	Espesores mm	pallet	# zunchos	observaciones
1220*2440	0.35 hasta 0.7	Con pallet	4	Recomendable forrado
1220*2440	0.8 hasta 1.4	Sin pallet	4	Recomendable forrado
654*1308	0,75	Sin pallet	3	Recomendable forrado
920*1807	0.75 hasta 0.9	Sin pallet	4	Recomendable forrado
1000*2000	Igual que standar	Con pallet	4	Recomendable forrado

Se recomienda el material forrado con papel impermeabilizante de las bobinas para evitar la oxidación de las primeras planchas y además de los filos de las mismas

Flejes de venta

Los flejes de venta deben ir con dos zunchos y forrados con plástico todos los que sean de material laminado en frío

Cantidad de tiras por paquetes

Correas y canales unidades por paquetes			
Medidas mm	Unidades	Distribución	Máquina
50*25	270	((9*2)*15)	Perfiladoras IPAC y MED
60*30*10	200	((10*2)*10)	Perfiladoras IPAC y MED
80*40*15	96	((6*2)*8)	Perfiladoras IPAC y

Correas y canales unidades por paquetes			
			BRADBURY
100*50*15	70	((5*2)*7)	Perfiladoras IPAC y BRADBURY
125*50*15	56	((4*2)7)	Perfiladoras IPAC y BRADBURY
150*50*15	42	((3*2)*7)	Perfiladoras IPAC y BRADBURY
200*50*15	42	((3*2))*7)	Perfiladoras IPAC
Omegas 35*50*20	50	((5*2)*5)	Perfiladoras IPAC
Angulos	170		Perfiladoras IPAC y MED

Carpinterías metálicas unidades por paquetes			
Descripción	unidades	Distribución	Máquinas
L d c 3.1	64	8*8	Tubera 1 KU
Tdc 3.2	64	8*8	Tubera 1 KU
T G 3.4	30	6*5	Tubera 2 KU
Perfil U 20*40 5.7	40	((5*2)*4)	Perfiladora MED
MTC 3.5	40	((5*2)*4)	Tubera 2 KU
Trebol 6.9	37	((4*9)+1)	Tubera 2 KU
Ovalado 6.8	36	4*9	Tubera 2 KU
Marco 70 4.2	48	((3*2)*8)	Perfiladora MED
Marco 60 4.4	48	((3*2)*8)	Perfiladora MED
Marco 80	48	((3*2)*8)	Perfiladora MED
Perfil 20*10 5.2	200	((10*2)*10)	Perfiladora MED
Junquillo 5.4	100	10*10	Perfiladora MED

Tubos cuadrado unidades por paquetes			
Medidas mm	Unidades	Distribución	Máquinas
12*12	150	15*10	Tubera 1 KU
15*15	150	15*10	Tubera 1 KU
20*20	100	10*10	Tubera 1 KU,2 KU,1 K MIL
25*25	64	8*8	Tubera 1 KU,2 KU,1 K MIL
30*30	56	7*8	Tubera 1 KU,2 KU,1 K MIL
38*38	49	7*7	Tubera 2 KU
50*50	20	5*4	Tubera 2 KU
60*60	20	5*4	Tubera BRADBURY
75*75	30	6*5	Tubera BRADBURY
80*80	49	7*7	Tubera BRADBURY
100*100	20	5*4	Tubera BRADBURY

Tubos rectangulares unidades por paquetes			
Medidas mm	Unidades	Distribución	Máquinas
20*10	152	8*19	Tubera 2 KU,1 KU
25*12	105	7*15	Tubera 2 KU ,1 KU
25*15	105	7*15	Tubera 2 KU
30*20	50	5*10	Tubera 2 KU
35*25	50	5*10	Tubera 2 KU
40*20	50	5*10	Tubera 2 KU,1 K MIL
50*25	40	5*8	Tubera 2 KU
50*30	40	5*8	Tubera 2 KU
60*40	28	4*7	Tubera 2 KU, BRADBURY

<i>Tubos rectangulares unidades por paquetes</i>			
70*30	28	4*7	Tubera 2 KU, BRADBURY
80*40	24	4*6	Tubera BRADBURY
90*50	60	6*10	Tubera BRADBURY
100*50	60	6*10	Tubera BRADBURY
120*60	40	5*8	Tubera BRADBURY
150*50	40	4*10	Tubera BRADBURY

<i>Tubos mecánicos redondos unidades por paquetes</i>			
<i>Medidas pulgadas</i>	<i>Unidades</i>	<i>Distribución</i>	<i>Máquina</i>
5/16	200	Solo contadas	Tubera 1 KU
1/2	169	8*15*8	Tubera 1 KU
5/8	91	6*11*6	Tubera 1 KU
3/4	91	6*11*6	Tubera 1 KU, 1 K MIL, 2 KU
7/8	91	6*11*6	Tubera 1 KU, 1 K MIL, 2 KU
1	91	6*11*6	Tubera 1 KU, 1 K MIL, 2 KU
1 1/4	61	5*9*5	Tubera 1 KU, 1 K MIL, 2 KU
1 1/2	37	4*7*4	Tubera 1 KU, 1 K MIL, 2 KU
1 3/4	37	4*7*4	Tubera 2 KU
1 7/8	37	4*7*4	Tubera 2 KU
2	37	4*7*4	Tubera 2 KU, 1 K MIL
2 1/2	19	3*5*3	Tubera 2 KU
3	19	3*5*3	Tubera 2 KU

<i>Cañerías, T.E.R, tubo estructural, unidades por paquetes</i>				
<i>Denominación</i>		<i>Unidades</i>	<i>Distribución</i>	<i>Máquina</i>
<i>Común</i>	<i>milímetros</i>			
3/8	17,2	91	6*11*6	Tubera 2 KU
1/2	21,3	91	6*11*6	Tubera 2 KU
3/4	26,9	91	6*11*6	Tubera 2 KU
1	33,7	61	5*9*5	Tubera 2 KU
1 1/4	42,4	37	4*7*4	Tubera 2 KU
1 1/2	48,3	37	4*7*4	Tubera 2 KU
2	60,3	19	3*5*3	Tubera 2 KU
2 1/2	76,1	19	3*5*3	Tubera 2 KU

<i>Tubo eléctrico liviano unidades por paquetes</i>			
<i>Denominación</i>	<i>Unidades</i>	<i>Distribución</i>	<i>Máquinas</i>
1/2	61	5*9*5	Tubera 2 KU
3/4	61	5*9*5	Tubera 2 KU
1	37	4*7*4	Tubera 2 KU
1 1/4	37	4*7*4	Tubera 2 KU
1 1/2	19	3*5*3	Tubera 2 KU
2	19	3*5*3	Tubera 2 KU

Para galvanizar unidades por paquetes		
Denominaciones	unidades	Distribución
Cañerías y T.E.R. Desde 3/8 hasta 1	91	6*11*6
Tubos desde 1 hasta 1 ½	91	6*11*6
Cañerías y T.E.R desde 1 ¼ hasta 1 ½ .	61	5*9*5
Tubos desde 1 ¾ hasta 2	61	5*9*5
Cañerías y T.E.R. Desde 2 hasta 2 ½	37	4*7*4
Tubos desde 2 ½ hasta 3	37	4*7*4

Planchas unidades por paquetes			
Denominación mm	Espesor en milímetros	Unidades	Máquina
Planchas 1220*2440	De 0.35 hasta 0.5	250	Alizadora proín
Planchas 1220*2440	De 0.6 hasta 0.8	200	Alizadora proín
Planchas 1220*2440	De 0.9 hasta 1.2	150	Alizadora proín
Planchas 1220*2440	De 1.3 hasta 1.5	100	Alizadora proín
Planchas 1220*2440	De 1.85 hasta 2.5	50	Alizadora proín y cauffield
Planchas 1220*2440	De 2.85 hasta 4	50	Alizadora proín y cauffield
Planchas 654*1308	De 0.75 hasta 0.90	200	Alizadora proín
Planchas 920*1807	De 0.75 hasta 0.90	200	Alizadora proín
Planchas 1000*2000	De 0.6 hasta 1.2	200	Alizadora proín

Anexo # 2

Programa de mantenimiento

Este se basa en el mantenimiento operacional de las máquinas. Esto quiere decir el mantenimiento por parte de los operadores de los centros en los que trabajan.

En este programa se incluyen a los componentes que fueron determinados como críticos en los análisis hechos en el capítulo cuatro de esta tesis.

Los mismos son:

Rodillos	48%
Caja de cambios	4%
Cajas reductoras	8%
Bastidores y cajas	21%
Rodamientos	10%
Cardanes	7%
Otros componentes	2%

Rodillos:

Este componente debe ser revisado por el departamento de ULP (Unidad de Lanzamiento de Producto). En la revisión se deben considerar los siguientes parámetros:

Radio.- Esta dimensión influye directamente en las características geométricas finales del producto. El radio de cada rodillo debe mantenerse entre los 1.5 mm (mínimo) y 3.5 mm (máximo), dependiendo de la línea inspeccionada.

Concentricidad.- La concentricidad de un rodillo debe ser máximo 0.01 mm.

Acabado superficial.- La superficie de los rodillos debe mantener el acabado inicial, no debe presentar ninguna irregularidad sobre la superficie, debido a que puede producir marcas o rayas en los tubos conformados.

Relación del diámetro de cama.- Es el diámetro en donde el fleje procesado hace contacto con el rodillo. Durante la inspección se debe revisar el diámetro de cama de cada uno de los rodillos de la línea. Estos deben mantener la relación de 0.5 mm entre cada uno.

Cajas de velocidades o de cambios y cajas reductoras

Se deben inspeccionar los niveles de aceite de las cajas reductoras y de velocidades, misma que usan aceite pesado del tipo Meropa 500.

Además de los niveles de aceite se deben revisar posibles fugas procedentes de los retenedores de los ejes o de los empaques. En caso de encontrarse fugas de aceites se deben realizar las reparaciones correspondientes de manera inmediata.

Otro factor inspeccionado durante la revisión del aceite en las cajas es la temperatura del mismo. Si la temperatura es mayor a 50 °C, nos da a suponer algún tipo de defecto en los ejes o en la corona de las cajas reductoras o en los engranajes de la caja de velocidades.

Bastidores y cajas laterales

La inspección de estos componentes incluye:

Bastidor.- Se revisa detenidamente el cuerpo del bastidor en busca de fisuras, desgaste en las guías o desgaste en los pernos de ajuste y base. Esta inspección es netamente visual.

Ejes.- Se inspecciona cada uno de los ejes de los bastidores, superiores e inferiores, en busca de defectos como deformaciones longitudinales, falta de concentricidad, ralladuras que puedan afectar durante el armado de una línea, entre otros.

Dados.- Al igual que en los bastidores, se realiza una inspección visual de la superficie en busca de fisuras en el cuerpo del dado o desgaste de las guías, además se revisa el estado de los rodamientos y acoples.

Cajas laterales.- En esta inspección se toma en cuenta el estado de los dados laterales, así como de los rodamientos, ejes verticales y pernos de ajuste longitudinal.

Rodamientos

Como se mencionó en los puntos anteriores, los rodamientos son inspeccionados cuando se revisa cada componente detectado como crítico.

Cardanes

Los cardanes, parte fundamental en la transmisión de movimiento en las bancadas formadora y calibradora, son inspeccionados periódicamente, esta inspección incluye:

Revisión de las crucetas.

Ajuste de pernos y seguros.

Engrase de articulaciones.

Placas.

Además de los componentes ya mencionados se realiza una revisión del porta cuchilla del scarfing, de los platos soldadores y de las cañerías de refrigeración del equipo soldador Thermatool, de las regletas guías, porta disco o castillo y porta cuchilla, dependiendo del carro de corte así como de las válvulas y conexiones de la central hidráulica.

Otro de los centros detectados como críticos y que intervienen en el conformado de tubos y cañerías son los puentes grúa. Dentro de la revisión periódica que se debe realizar a mencionados centros, se debe incluir:

Vigas Testeras.- Se debe revisar periódicamente el sistema de movimiento longitudinal ubicado dentro de la viga testera, esto incluye la revisión y limpieza de los moto reductores y de los ejes y ruedas dentadas del sistema de transmisión de movimiento.

Polipasto.- La inspección de este componente incluye el chequeo de los cables de acero, el tambor, el sistema de frenos, y el sistema eléctrico.

A pesar de que estas revisiones se incluyen dentro del plan de mantenimiento operativo, es importante acotar que las mismas

deben ser realizadas por un miembro del departamento de mantenimiento de la planta.

Debido a que la revisión de los puentes y sus componentes se realiza a 8 metros de altura aproximadamente, esta debe ser coordinada junto al departamento de seguridad de la compañía, el mismo que debe suministrar a los encargados de la revisión el equipo de protección necesario para cumplir su labor, el cuál incluye arnés dieléctrico de seguridad, línea de vida, guantes y botas dieléctricas, gafas y cascos protectores, entre otros.

Otro de los centros que intervienen en el conformado de tubos y cañerías son las cortadoras, estos centros como se explicó en el desarrollo de la tesis, son los encargados de transformar las bobinas en los flejes que dan inicio a los procesos en las tuberías.

Entre los puntos críticos en las cortadoras podemos mencionar:

Tambor.- La inspección de este componente incluye la revisión de la central hidráulica que determina el movimiento de expansión y contracción del tambor, así como el sistema de freno.

Caja reductora.- Al igual que en el caso de las tuberías, en la caja reductora del splitter se revisa el nivel y temperatura del

aceite, el estado de los ejes y corona, así como las posibles fugas de lubricante.

El cronograma de revisión de estos elementos esta detallado a continuación:

Ficha de Mantenimiento

Fecha: _____

Semanal ___ Quincenal ___ Mensual ___

Centro: _____

Línea: _____

Paso	Tipo	Desgates Ejes, Placas, Regletas, Platos	Concentricidad Ejes	Dados	Bastidores/ Cajas	Pernos de Ajuste Superiores y Laterales	Acoples y Rodamientos	Ajuste de pernos y placas de Cardanes	Lubricación General	Desgaste de corona CR/CV	Desgaste de Eje sin fin CR/CV	Temperatura de aceite	Fugas	Acciones a tomar
1	Superior													
1	Inferior													
2	Superior													
2	Inferior													
3	Superior													
3	Inferior													
4	Lateral I.													
4	Lateral D.													
5	Lateral I.													
5	Lateral D.													
6	Lateral I.													
6	Lateral D.													
7	Lateral I.													
7	Lateral D.													
8	Superior													
8	Inferior													
9	Lateral I.													
9	Lateral D.													
10	Superior													
10	Inferior													
11	Soldador 1.													
11	Soldador 2.													
11	Soldador 3.													
11	Soldador 4.													
Sold.	Platos													
Sold.	Cañerías													
12	Scarfig													
13	Scarfig													
Caja	Reductora F.													
14	Lateral I.													
14	Lateral D.													
15	Superior													
15	Inferior													
16	Lateral I.													
16	Lateral D.													
17	Superior													
17	Inferior													
18	Lateral I.													
18	Lateral D.													
19	Superior													
19	Inferior													
20	C. Turca 1.													
20	C. Turca 2.													
20	C. Turca 3.													
20	C. Turca 4.													
21	C. Turca 1.													
21	C. Turca 2.													
21	C. Turca 3.													
21	C. Turca 4.													
Caja	Reductora R.													
Carro	Corte													

Revisado por _____

Jefe de Mantenimiento _____

Anexo # 3

Análisis de costos

Entre las propuestas de mejora aprobadas por la Gerencia General y la Directiva tenemos:

Plan de mantenimiento

- Rectificado total por línea de rodillos.
- Construcción de elementos mecánicos para tubera.
- Plan de mantenimiento operativo.
- Construcción de elementos mecánicos de carro de corte.
- Rectificado de cuchillas de slitters.
- Nivelación y alineación de los rieles de los puentes grúa.
- Placa de porta rollos de slitters.

Plan de capacitación

- Capacitación de armado y calibración.
 - Elaboración de patrones.
- Capacitación en autocontrol de operaciones.

- Elaboración de formatos.
- Capacitación de personal de recepción de materia prima.
 - Compra de instrumentos de medición.
- Capacitación de personal de ULP.

Plan de instructivos escritos de operación

- Elaboración de instructivos escritos de operación.

Plan de falla de materiales

- Control estadístico de materia prima

A continuación se detallan los costos incurridos en cada una de las propuestas de mejora del capítulo 4 de esta tesis.

Rectificado de líneas de rodillos

En este punto se describen los costos en los que se incurriría al rectificar los rodillos en los talleres de nuestra planta o realizarlo en talleres externos. Para esta evaluación se utilizó el costo de hora hombre máquina vigente en el mercado en la actualidad.

Rectificado de líneas

Opción A	
Rectificado en taller de maestranza de la compañía	
Costo de Hora - Hombre	\$ 1
Costo de Hora - Máquina	\$ 4
Calidad de tornos	A
Experiencia de tornero (Calificado por jefe de taller)	A
Costo de rectificado de una línea (Opción A)	
52 rod. x 4h/rod. x \$5,14/h:	\$ 1.069,12

Opción B	
Rectificado en taller Calificado (Proveedor Externo)	
Costo de Hora - Hombre	3
Costo de Hora - Máquina	6
Calidad de tornos	A
Experiencia de tornero (Calificado por jefe de taller)	A+
Costo de rectificado de una línea (Opción B)	
52 rod. x 4h/rod. x \$9,0/h:	\$ 1.872,00

Proveedor	Costo anual
Empresa	8552,96
Proveedor	14976

Capacidades

En el siguiente cuadro se muestran las capacidades de los posibles talleres que pueden realizar la operación de rectificado de rodillos.

Posible capacidad de rectificado

Proveedor	Capacidad
Taller A	1 Línea mensual
Taller B	4 Líneas mensuales
Taller C	2 Líneas mensuales
Taller D	2 Líneas mensuales

Construcción de elementos mecánicos para tubera

Esta alternativa incluye la fabricación de los siguientes elementos:

- Bastidores
- Dados
- Ejes
- Cajas reductoras (mecanismo)

Los costos incurridos en la fabricación de estos elementos son:

Costo de construcción de elementos mecánicos

Elemento	Cant.	P.U.	P. Total
Bastidores	4	\$ 370	\$ 1.480
Dados	8	\$ 150	\$ 1.200
Ejes	4	\$ 280	\$ 1.120
Cajas laterales	2	\$ 400	\$ 800
Total			4600

Como se detalla en la tabla anterior el costo total de la fabricación de estos elementos es de \$4600.

Plan de mantenimiento operativo

Estos costos incluyen los incurridos de manera semestral de acuerdo a lo autorizado por la directiva para compra de repuestos y herramientas mecánicas y eléctricos. Además de las remuneraciones que recibirían las personas involucradas en el mantenimiento operativo.

Plan de Mantenimiento

Detalle	Costo unitario	Frecuencia	Anual
Repuestos mecánicos (stock)	\$ 2.000	Trimestral	\$ 8.000
Repuestos eléctricos (stock)	\$ 1.500	Trimestral	\$ 6.000
Mano de Obra	\$ 240	Mensual	\$ 6.912
Mecánico	\$ 48	Mensual	\$ 576
Operador de tubera (3)	\$ 48	Mensual	\$ 1.728
Ayudante de tubera (3)	\$ 48	Mensual	\$ 1.728
Operador de puente grúa (2)	\$ 48	Mensual	\$ 1.152
Operador de cortadora (3)	\$ 48	Mensual	\$ 1.728
Total			\$ 20.912

Carro de corte

Otra alternativa planteada fue la construcción de ciertos elementos del carro de corte. La tabla a continuación de talla los costos de esta alternativa de mejora para la inversión inicial del primer año y la del reabastecimiento de cuchillas y punzones de los siguientes tres años.

Costo de construcción y compra de elementos mecánicos 1 año

Elemento	Cant.	P.U.	P. Total
Matrices	3	\$ 1.500	\$ 4.500
Rieles	6	\$ 200	\$ 1.200
T.#1 Cuchillas (6)	6	\$ 350	\$ 2.100
T.#2 Cuchillas (5)	5	\$ 350	\$ 1.750
T.#3 Punzones (6)	6	\$ 350	\$ 2.100
Total			9900

2do a 4to año

Elemento	Cant.	P.U.	P. Total
T.#1 Cuchillas (6)	6	\$ 350	\$ 2.100
T.#2 Cuchillas (5)	5	\$ 350	\$ 1.750
T.#3 Punzones (6)	6	\$ 350	\$ 2.100
Total			\$ 5.950

Cuchillas de corte de slitters

En esta tabla se detalla el costo del rectificado de los 6 juegos de cuchillas existente para los slitters.

Rectificado de cuchilla

# de cuchillas: 15	
# horas por rodillos: 1	
Rectificado en taller de maestranza de la compañía	
Costo de Hora - Hombre	1,07
Costo de Hora - Máquina	4,07
Costo de rectificado de un juego de cuchillas	
15 cuch.. x 1h/cuchilla. x \$5,14/h:	\$ 77,10
6 Juegos de cuchillas	\$ 462,60

El monto anual del rectificado de las cuchillas asciende a \$1850.40.

Nivelación y alineación

Para la propuesta de alineación y nivelación de las rieles de los puentes grúa que intervienen en el área de producción de tubos y cañerías tenemos los siguientes costos.

Nivelación y alineación de puentes 1er año

Elemento	Cant.	P.U.	P. Total
Inspección	2	\$ 1.000	\$ 2.000
Nivelación	1	\$ 4.000	\$ 4.000
Alineación	1	\$ 4.000	\$ 4.000
Total			\$ 10.000

Como se puede observar el primer año se procederá a la inspección, nivelación y alineación de los rieles de los puentes grúa, después del primer año solo se procederá con una inspección semestral de dichos rieles.

Inspección de rieles

Elemento	Cant.	P.U.	P. Total
Inspección	2	\$ 1.000	\$ 2.000
Total			\$ 2.000

Placas porta rollos

Entre los costos incurridos en esta alternativa de mejora podemos incluir el costo del material de las placas, el rolado y acabado de las mismas, así como su montaje..

Placas de tambor

Elemento	Cant.	P.U.	P. Total
Materiales	1	\$ 360	\$ 360
Rolado	1	\$ 120	\$ 120
Montaje	1	\$ 80	\$ 80
		Total	\$ 560

Plan de mantenimiento - Total

La siguiente tabla nos detalla el total de los costos del plan de mantenimiento para los cuatro años que proyecta la alta gerencia y la directiva

Plan de Mantenimiento (Total)

Detalle	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año
Mantenimiento operativo	\$ 20.912	\$ 20.912	\$ 20.912	\$ 20.912
Rectificado de rodillos	\$ 8.553	\$ 8.553	\$ 8.553	\$ 8.553
Cosntrucción de elementos mecánicos	\$ 4.600	\$ 0	\$ 4.600	\$ 0
Compra de matrices, regletas, punzones	\$ 9.900	\$ 5.950	\$ 5.950	\$ 5.950
Rectificado de cuchillas	\$ 1.850	\$ 1.850	\$ 1.850	\$ 1.850
Alineación y nivelación de rieles	\$ 10.000	\$ 2.000	\$ 2.000	\$ 2.000
Placa de refurezo de desenrollador	\$ 560	\$ 0	\$ 560	\$ 0
	\$ 56.375	\$ 39.265	\$ 44.425	\$ 39.265

Plan de capacitación

Para calcular los costos incurridos en el plan de capacitación tenemos:

Armado y calibración

Dentro de esta alternativa tenemos que incluir el costo de la fabricación de patrones de comprobación de rodillos para las líneas de las tuberías.

Elaboración de patrones	
Horas por patrón	1,5
Número de patrones	1872
Horas Hombre máquina	2808
Costo hora Hombre máquina	5,14
Costo anual total	
$(1,5 \text{ h/pat.}) \times (1872 \text{ pat.} \times 5,14 \text{ \$/hora})$	\$ 14.433

Kilogramos por patron (aproximadamente)	0,02 kg
Número de patrones	1872
Peso Total	37,44 kg
Precio por Kilo	\$ 17
Total	\$ 624

Total	\$ 15.057
-------	-----------

Como se muestra en la tabla el costo de la fabricación de los patrones es de \$15.057.

Formatos de autocontrol

El costo de la elaboración de los formatos usados en el autocontrol de operaciones es de \$6 mensuales para las tres tuberías y tres cortadoras. Es decir anualmente se va a destinar \$72 para su elaboración.

Elaboración de formatos de auto control	
Costo por block	\$ 2
Razón de uso de block por centro por mes	0,5
Centros con uso de formatos de autocontrol	
Tuberías 3	\$ 3
Cortadoras 3	\$ 3
Costo mensual de formatos de autocontrol	\$ 6

Compra de equipos de medición

Entre los equipos de medición que se adquirieron encontramos:

Instrumentos de medición			
Detalle	P/U	Cantd.	Total
Micrometro de exteriores mitutoyo 25 - 50 mm	108,84	8	870,72
Calibrador de laminas 0,05 - 1mm	38,52	5	192,6
Calibrador digital mitutoyo 12"	143,64	6	861,84
Goniometro mitutoyo	467,34	3	1402,02
Calibrador de rosca	30,8	2	61,6
Calibrador de radios 3,5 - 7mm	39,27	3	117,81
Escuadra de precisión con bisel	108	3	324
Micrometro de interior 5 - 30 mm	150,96	3	452,88
Total			4283,47

El proveedor de los instrumentos de medición esta encargado de impartir un curso de capacitación a todos los involucrados sobre el uso adecuado y el cuidado de los instrumentos de medición.

Capacitación ULP

El costo de la capacitación de los miembros del departamento de ULP que estará a cargo del asistente del departamento de Ingeniería está compuesto por:

Capacitación sobre normas	
Costo por hora	\$ 4,5
Numero de horas de capacitación / mes	20
Personal capacitado (grupo 1)	15
Numero de meses	4
Costo de Capacitación	\$ 360

Capacitación sobre normas

El costo de la capacitación de los miembros de los operadores de tuberías y cortadoras es:

Capacitación sobre normas	
Costo por hora	\$ 4,5
Numero de horas de capacitación / mes	20
Personal capacitado (grupo 2)	15
Numero de meses	4
Costo de Capacitación	\$ 360

El costo total de las actividades que comprenden el plan de capacitación es de:

Plan de Capacitación(Total)

Detalle	1 Año	2 Año	3 Año	4 Año
Elaboración de patrones	\$ 15.057	\$ 0	\$ 15.057	\$ 0
Formatos de autocontrol	\$ 72	\$ 72	\$ 72	\$ 72
Capacitación sobre normas	\$ 360	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Capacitación ULP	\$ 360	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Capacitación instrumentos de medición	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Compra de instrumentos de medición	\$ 4.283	\$ 0	\$ 0	\$ 4.283
	\$ 20.132	\$ 72	\$ 15.129	\$ 4.355

Plan de elaboración instructivos escritos de operación

Para calcular los costos incurridos en el plan de capacitación tenemos que los mismos van a ser elaborados por el asistente de ingeniería. El proyecto que va a tener una duración de seis meses tiene un costo mensual de \$650,

Instructivos escritos de operación	
Costo por mes	\$ 650
Duración de proyecto	6 meses
Costo de Capacitación (grupo 2)	\$ 3.900

Plan falla de materiales, control estadístico de proveedores

Este plan involucra la contratación de una persona que se encargue del muestreo, registro y análisis de los datos de la materia prima recibida por proveedor, el mismo que percibiría un sueldo de \$400 mensuales. Lo que totaliza \$4800 al año.

Formato de Control de Merma – Tuberas

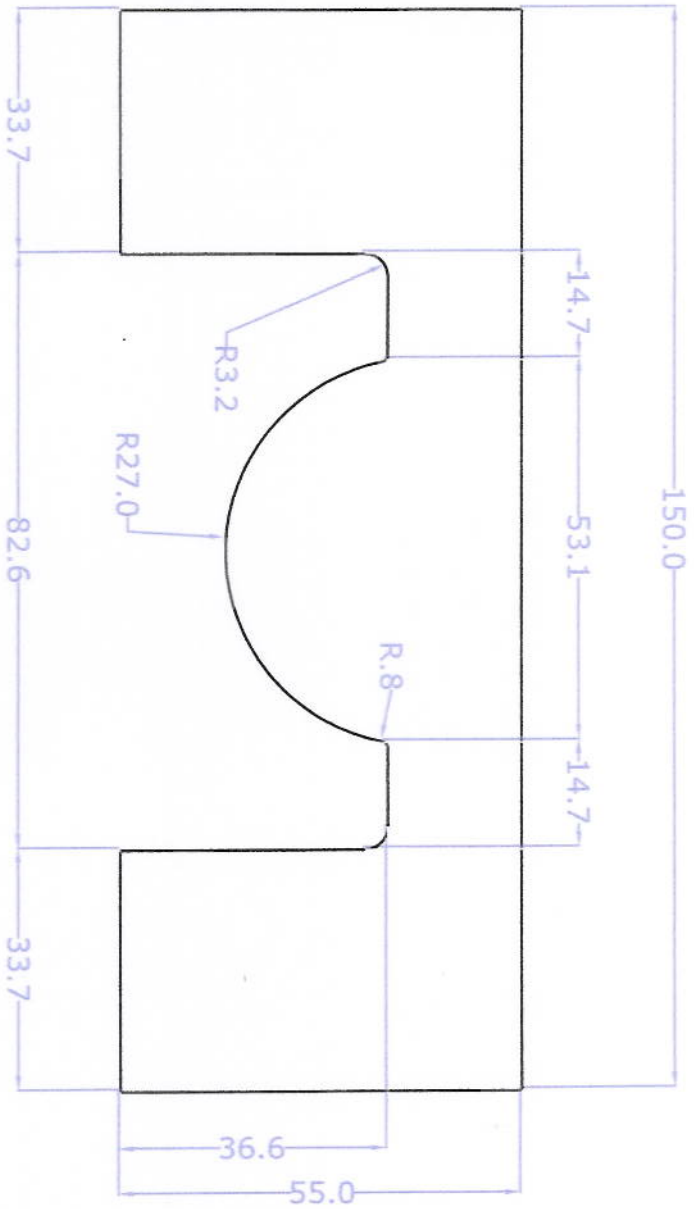
CONTROL DE MERMA: TUBERAS

Codigo: PFT-16-PPA-1

Fecha:		Centro:					
Producto:		Orden de Producción #:					
Tiras Programadas:		Tiras Programadas:					
Fiejes Procesados:		Fiejes Procesados:					
Peso por tira:		Peso por tira:					
		Peso (Kg)	Long. (m)	Peso (Kg)	Long. (m)	Peso (Kg)	Long. (m)
MERMA ORIGEN							
MO - 01	Defectos						
MO - 02	Tiras Picadas						
MO - 03	Tiras Oxidadas						
MO - 04	Tiras Doble Capa						
MO - 05	Tiras Quebradas						
MO - 06	Otros						
Descrip.							
Descrip.							
Descrip.							
Descrip.							
Total Merma de Origen							
MERMA PROCESO							
MP - 01	Tiras con Empate						
MP - 02	Tiras por Calibración						
MP - 03	Tiras Abiertas por Punta y Cola						
MP - 04	Tiras Golpeadas						
MP - 05	Tiras Marcadas						
MP - 06	Tiras Fuera de Flecha						
MP - 07	Tiras Radio fuera de Norma						
MP - 08	Tiras Dimensiones fuera de Norma						
MP - 09	Tiras Cortas						
MP - 10	Tiras Abiertas						
MP - 11	Tiras Mala Limpieza						
MP - 12	Tiras Dañadas por Fiejes Defectuosos (C.)						
MP - 13	Tiras por Pruebas de Calidad						
MP - 14	Otros						
Descrip.							
Descrip.							
Descrip.							
Descrip.							
Total Merma de Proceso							

ELABORADO POR: _____

AUTORIZADO POR: _____



FIMC - ESPOL		FECHA 03/08/06	NOMBRE R. LÓPEZ
PATRÓN DE COMPROBACIÓN		REVISIÓN 03/08/06	ING. RODRIGUEZ
PROYECTO:		PLANO Nº:	
RODILLO 13 - SCARFING		1	
ESCALA: 1:1	CONTENIDO:	MASA (Kg):	
	LAMINA DE BRONCE e= 1 mm.		