



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**PLAN DE MEJORA CONTÍNUA PARA DISMINUIR LOS
ENCALLES EN LA CORTADORA DE BORDES DE LA LÍNEA
DE DECAPADO II DE LAMINACIÓN EN CALIENTE EN LA
SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO”, SIDOR
C.A.**

Autora: Br. Anduz García, Yohanis María

PUERTO ORDAZ, NOVIEMBRE 2013.

**PLAN DE MEJORA CONTÍNUA PARA DISMINUIR LOS
ENCALLES EN LA CORTADORA DE BORDES DE LA LÍNEA
DE DECAPADO II DE LAMINACIÓN EN CALIENTE EN LA
SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO”, SIDOR
C.A.**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA

“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”

VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE GRADO

PLAN DE MEJORA CONTÍNUA PARA DISMINUIR LOS ENCALLES EN LA CORTADORA DE BORDES DE LA LÍNEA DE DECAPADO II DE LAMINACIÓN EN CALIENTE EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO”, SIDOR C.A.

Trabajo de Grado presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial de la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Br. Anduz García, Yohanis María

MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Académico

Ing. Yndhira Rodríguez

Tutor Industrial

CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE DE 2013

Anduz García, Yohanis María

“PLAN DE MEJORA CONTÍNUA PARA DISMINUIR LOS ENCALLES EN LA CORTADORA DE BORDES DE LA LÍNEA DE DECAPADO II DE LAMINACIÓN EN CALIENTE EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO”, SIDOR C.A.”

Pág. 126

Trabajo de Grado

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván Turmero

Tutor Industrial: Ing. Yndhira Rodríguez

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”.
Vicerrectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial.

Capítulos: I. El Problema. II. Generalidades de la Empresa. III. Marco de Referencia. IV. Marco Metodológico. V. Situación Actual. VI. Análisis y Resultados. Conclusiones. Recomendaciones. Bibliografía. Anexos y Apéndices.

Ciudad Guayana, Noviembre de 2013



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por la Comisión de Trabajos de Grado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Vicerrectorado Puerto Ordaz, para evaluar el Trabajo de Grado presentado por la ciudadana: **Yohanis María Anduz García**, portadora de la Cédula de Identidad N° **V-20.807.637**, titulado: **“PLAN DE MEJORA CONTÍNUA PARA DISMINUIR LOS ENCALLES EN LA CORTADORA DE BORDES DE LA LÍNEA DE DECAPADO II DE LAMINACIÓN EN CALIENTE EN LA SIDERÚRGICA DEL ORINOCO “ALFREDO MANEIRO”, SIDOR C.A”**, para optar al título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, consideramos que este cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos **APROBADO**.

En Ciudad Guayana a los 28 días del mes de octubre de dos mil once.

MSc. Ing. Iván Turmero
Tutor Académico

Ing. Yndhira Rodríguez
Tutor Industrial

Ing. Lucymary Acuña
Jurado Evaluador

Ing. Scandra Mora
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Me llena de mucha emoción dedicarle este trabajo:

A Dios

Por ser mi guía en todo momento, guiarme y darme fuerza para vencer cada uno de los obstáculos que se me presentaron durante la realización de esta meta.

A Mis Padres

Por confiar en mí, guiarme, amarme y por poder contar siempre con su apoyo incondicional. Hoy soy lo que soy por ustedes, por darme las herramientas necesarias para desarrollarme como persona.

A Mi Tutor Turmerito

Por obsequiarme parte de su tiempo para asesorarme y por su apoyo incondicional.

A Mi Amor

Por su ayuda, por ser mi apoyo en todo momento y sobre todo por tenerme paciencia ji ji chiquitrico love you.

**¡ORGULLOSAMENTE LES DEDICO ESTE TRIUNFO, LOS AMO
INMENSO...!**

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Primeramente, porque sólo tú permitiste que culminará esta etapa de mi vida.

A Mis Padres

Por apoyarme y motivarme en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A Mis Tutores

Iván Turmero, Yndhira Rodríguez y Freddy Pinto, quienes me brindaron sus conocimientos, tiempo y dedicación. Gracias por toda su ayuda.

A Mi Amor W.M

Por su compañía y consejos en los momentos difíciles. Gracias chiquitrico... Love You.

A La Unexpo

Por ser mí casa de estudio y permitirme fortalecer mis destrezas y ampliar mis conocimientos.

A Los Operadores

En especial José Guzmán por brindarme todo su apoyo en mi estadía en la empresa.

A La Empresa Sidor

Por darme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos.

A TODOS USTEDES, MUCHISIMAS GRACIAS.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
EL PROBLEMA	4
1.1.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	7
1.4. ALCANCE.....	7
1.5. DELIMITACIONES.....	8
1.6. LIMITACIONES.	8
1.7. JUSTIFICACIÓN.	8
CAPITULO II.....	9
GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	9
2.1. Breve Descripción de La Empresa	9
2.2. Ubicación	10
2.3. Nacionalización.....	11
2.4. Visión.....	12
2.5. Misión	13
2.6. Objetivos de la Empresa	13
2.7. Política de Calidad	14
2.8. Política Ambiental.....	15
2.9. Política de personal.....	15
2.10. Productos de la Empresa.....	16
2.11.Instalaciones básicas de la empresa	17
2.12.Estructura organizativa	20
2.13.Procesos productivos	21
2.14.Fabricación de acero	21

2.15.Fabricación de productos planos.....	22
2.16.Fabricación de productos largos.....	24
2.17.Gerencia de laminación en caliente.....	25
2.18.DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE PASANTÍA.....	26
2.18.1. Decapado.....	26
2.18.2. Secuencia de Fabricación.....	27
2.18.3. Etapas del Proceso de Decapado.....	28
2.18.4. MAPA DEL PROCESO DE DECAPADO.....	32
CAPÍTULO III.....	34
MARCO TEÓRICO.....	34
3.1. Planta de Decapado.....	34
3.1.1. Sección de Entrada.....	34
3.1.2. Sección media o de proceso.....	35
3.1.3. Sección de Salida.....	37
3.2.Diagrama de procesos.....	39
3.2.1. Símbolos (Elementos del Proceso).....	40
Tabla 1: Elementos de Diagramas de Procesos.....	40
3.3.Diagrama de Pareto.....	41
3.3.1. Propósitos generales del diagrama de Pareto.....	42
3.4. Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto).....	43
3.5. Plan de mejora continua.....	45
3.5.1.PASOS PARA EL MEJORAMIENTO CONTINUO.....	46
Términos básicos.....	56
CAPÍTULO IV.....	58
DISEÑO METODOLÓGICO.....	58
5.1.Tipo de estudio.....	58
5.2.Diseño de investigación.....	59
5.3.Población y Muestra.....	59
5.4.Recursos.....	59
5.5.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60

5.6.Procedimiento Metodológico.	61
CAPÍTULO V	63
SITUACIÓN ACTUAL	63
5.1.Layout de Decapado.....	65
5.2. Diagrama de Proceso de Decapado.	67
CAPÍTULO VI	70
ANÁLISIS Y RESULTADOS	70
6.1. Cuantificar las demoras por encalles de los Decapados I y II, para determinar cuál de las líneas ha estado más crítica en la producción.	70
6.2. Diagnosticar la situación actual de la línea de Decapado II, para identificar las condiciones sub-estándar del proceso que generan encalles en la cortadora de bordes.	79
6.3.Analizar las causas que generan demoras por concepto de encalles, utilizando la caracterización y análisis detallado de Pareto ABC, recurriendo para esto al diagrama causa-efecto (Diagrama de Ishikawa).....	96
6.4.Elaborar plan de mejora continua enfocado en las causas arrojadas en el análisis de Pareto, que permitan disminuir las demoras por encalles en la cortadora de bordes del Decapado II.....	112
6.5. Analizar el impacto económico de las demoras generadas por encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II, tomando en cuenta la reducción esperada de las demoras por aplicación del plan de mejora continua.....	119
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES.....	125
Bibliografía.....	127
ANEXOS	128
Anexo 1: Instalación de Decapado Continuo (Vista superior 1)	129
Anexo 2: Instalación de Decapado Continuo (Vista superior 2)	130
Anexo 3: Tabla para registro de información.....	131
APÉNDICES.....	132
Apéndice 1: rotura estructura carro acumulador por desvíos de bandas	133
Apéndice 2: Horquilla.....	133
Apéndice 3: Fisura en rodillo vertical por desvío de banda.....	134
Apéndice 4: Cuchilla (tronzadora de chatarra)	134



Apéndice 5: Brazos Sostenedores de Banda	135
Apéndice 5: Sellos Dañados	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la Ubicación Geográfica de SIDOR en el Estado Bolívar	10
Figura 2. Distribución Física de SIDOR C.A.....	11
Figura 3. Productos Fabricados en SIDOR	17
Figura 4. Estructura Organizativa del Complejo SIDOR.....	21
Figura 5. Sistema de Reducción para la Obtención de HRD.....	22
Figura 6. Sistema de Producción para la Obtención de Productos Planos.....	24
Figura 7. Sistema de Producción para la Obtención de Productos Largos.....	25
Figura 8. Estructura Organizativa de la Gerencia de Laminación en Caliente.....	26
Figura 9. Proceso de Decapado	26
Figura 10. Composición de la Banda	27
Figura 11. Preparación de la Banda.....	28
Figura 12. Tanques que Contienen Ácido Clorhídrico.....	29
Figura 13. Acondicionamiento de la Banda.....	30
Figura 14. Mapa de proceso decapado.....	33
Figura 15: Modelo de diagrama de pareto- ABC.....	42
Figura 16: Diseño del área de los Decapados (vista de planta).	66
Figura 17: Niveladora II- Decapado II.	81
Figura 18: Rodillos Niveladora II- Decapado II.....	82
Figura 19: Ondulaciones en material decapado.....	82
Figura 20: Máquina soldadora Miebach Decapado II.	83
Figura 21: Centrades de canto-Máquina soldadora-Decapado II.	84
Figura 22: Carro acumulador salida Decapado II.	84
Figura 23: Cabrestante- Decapado II.....	85
Figura 24: Vía de rodillos Decapado II.....	86
Figura 25: Rodillo desgastado	86
Figura 26: Par de brazos sostenedores de banda.....	87
Figura 27: Brazo Sostenedor- Columna 25 Decapado II.....	89
Figura 28: Tronzadora de chatarra Decapado II- Lado operador.	91
Figura 29: Cabezales.....	91
Figura 30: Fleje mordido	92

Figura 31: Instrumento de calibración (Especímetro).....	93
Figura 32: Diagrama Causa – Efecto - Encalles en la cortadora de bordes del Decapado II	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:% de disponibilidad por actividades Real Vs Programado.	65
Gráfico 2: Evolutivo de Demoras por encalles Decapado I.	71
Gráfico 3: Evolutivo de Demoras por encalles Decapado II.	73
Gráfico 4: Representación porcentual de Pérdida de Producción_ Decapados	77
Gráfico 5: Total de Encalles en C/B-Mayo2013	102
Gráfico 6: Demoras por encalles-Mayo2013	103
Gráfico 7: Demoras por Encalles en C/B por defectos en material LC -Mayo2013	104
Gráfico 8: ABC por Encalles en C/B Decapado II -Mayo2013	105
Gráfico 9: Total de Encalles en C/B-Junio2013.....	106
Gráfico 10: Demoras por Encalles en C/B Decapado II –Junio 2013	107
Gráfico 11: Pareto ABC- Demoras por encalles-Junio2013	108
Gráfico 12: Total de Encalles en C/B-Agosto2013	109
Gráfico 13: Demoras por encalles en C/B-Agosto2013	110
Gráfico 14: Pareto ABC- Demoras por encalles-Agosto2013	111
Gráfico 15: tipos de encalles en cortadora de bordes	112
Gráfico 16: Pareto ABC-Encalles en cortadora de bordes	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Elementos de Diagramas de Procesos.....	40
Tabla 2: Total de Demoras por Encalles-Decapado I.....	71
Tabla 3: Total de Demoras por Encalles-Decapado II.....	72
Tabla 4: Total Demoras por Encalles Decapados I y II.....	73
Tabla 5: Productividad neta Prog y Total de Demoras por encalles Decapado I.....	75
Tabla 6: Productividad neta Prog y Total de Demoras por encalles Decapado II....	75
Tabla 7: Pérdida de Producción Decapado I.....	76
Tabla 8: Pérdida de Producción Decapado II.....	76
Tabla 9: Partes de los Brazos Sostenedores de banda.....	87
Tabla 10: Repuestos faltantes del Par de brazo Sostenedor - Columna 25	89
Tabla 11: valores de galgas de espécímetro para la calibración de cuchillas de los cabezales tronzadores.....	94
Tabla 12: Plan de Mejora Continua (Soldadura descuadrada).....	116
Tabla 13: Plan de Mejora Continua (Por reventarse fleje).....	117
Tabla 14: Plan de Mejora Continua (Por bordes golpeados).....	118
Tabla 15: Variables suministradas por la empresa.....	120
Tabla 16: Resultados Obtenidos.....	122

U
N
E
X
P
OU
N
E
X
P
O

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSÉ DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

Autora: Yohanis María Anduz García

Tutor Académico: MSc. Ing. Iván J. Turmero Astros

Tutor Industrial: Ing. Yndhira Rodríguez

Fecha: Noviembre 2013

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito principal la elaboración de un plan de mejora continua para disminuir los encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II de Laminación en Caliente en la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, SIDOR, C.A. Es un estudio de tipo no experimental y es de tipo descriptiva y aplicada, debido a que abarcó la descripción y análisis del proceso de corte de bordes. Éste trabajo se apoya en una investigación de campo, ya que no solo se basó en observar, sino también en recolectar los datos necesarios directamente de la realidad del objeto de estudio, haciendo recorridos por la línea de Decapado, utilizando la observación directa, entrevistas no estructuradas y revisión documental. Posteriormente se procedió a la identificación de los problemas presentes, mediante un diagnóstico de la situación actual de la línea de Decapado II, se analizaron las posibles causas que están generando dicha problemática, pudiendo así generar propuestas para la estructuración de un plan de mejora continua basado principalmente en acciones dirigidas a disminuir las interrupciones generadas en la línea por encalles, siendo estas una de las principales causantes de los desvíos en la producción.

PALABRAS CLAVES: Decapado, encalles, producción, demoras, desvíos, cortadora de bordes, mejora continua.

INTRODUCCIÓN

La Siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro, Sidor C.A es la empresa productora de acero más importante del país y una de las mejores productoras de acero del mundo, ubicada sobre la margen derecha del río Orinoco en la región de Guayana, siendo ésta la empresa productora de acero más importante del país y una de las mejores productoras de acero del mundo, debido a la constante aplicación de planes de desarrollo e inversiones importantes que permiten implementar mejoras en la gestión del negocio.

Para poder ser una empresa competitiva, SIDOR considera de gran importancia implementar planes de mejora, que permitan mantener alto los índices de productividad.

La importancia de la mejora continua radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas de la empresa.

En el área de los Decapados línea adscrita a la gerencia de laminación en caliente se realiza un proceso donde la banda proveniente de laminación en caliente es sometida a una limpieza, que consiste en hacer pasar la banda por cuatro (4) tanques que contienen ácido clorhídrico a temperaturas comprendidas entre 78°C y 87°C, eliminando así la mayor cantidad de óxido presente en la misma, formado por los cambios de temperatura, luego esta banda es sometida a un proceso de corte de bordes, este se realiza a petición y por especificaciones del cliente.

En la línea de decapado II en laminación en caliente se generan con frecuencia interrupciones por encalles en la cortadora de bordes, lo que impacta directamente las demoras programadas y por ende en la producción efectiva de la línea, esto pudiera traducirse en pérdidas por miles de \$.

En el siguiente trabajo de investigación se presentan las causas que afectaron la producción de la línea durante el período de estudio (abril 2013-agosto 2013). Por tal motivo, surgió la necesidad de elaborar un plan de mejora continua para disminuir los encalles en la cortadora de bordes de Decapado de Laminación en Caliente, Sidor C.A.

El desarrollo del presente informe se esquematiza de la siguiente manera:

- Capítulo I El Problema: se explica la problemática existente, los objetivos y la justificación de la investigación.
- Capítulo II Generalidades de la Empresa: se muestra la descripción y funcionalidades de la empresa en cuestión, así como del área de trabajo y del proceso realizado.
- Capítulo III Marco Teórico: va a contener los aspectos teóricos que se van a utilizar como herramienta y base del estudio.
- Capítulo IV Marco Metodológico: se va a describir la metodología, detallando el tipo de investigación, Diseño de la Investigación, Población y Muestra, y las Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos.

-
- Capítulo V Situación Actual: incluye la descripción de la situación actual evidenciada mediante la observación directa.
 - Capítulo VI Situación Propuesta: en la cual se describen y presentan los aportes desarrollados por el investigador.
 - Conclusiones y Recomendaciones.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La Siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro (Sidor) es una industria fabricante del acero que está ubicada sobre la margen derecha del río Orinoco en la región de Guayana, siendo ésta la empresa productora de acero más importante del país y una de las mejores productoras de acero del mundo, debido a la constante aplicación de planes de desarrollo e inversiones importantes que permiten implementar mejoras en la gestión del negocio.

Sidor como complejo siderúrgico integrado, utiliza tecnologías de Reducción Directa y Hornos Eléctricos de Arco. Los procesos de esta siderúrgica se inician con la fabricación de Pellas y culminan con la entrega de productos finales Largos (Barras y Alambrón) y planos (Láminas en Caliente, Láminas en Frío y Recubiertos). Utiliza para la fabricación de acero tecnologías de reducción directa (HYL y MIDREX) y hornos eléctricos de acero.

Dentro de su infraestructura, SIDOR posee las Líneas de Decapado I y II las cuales se encargan de decapar la banda proveniente de Laminación en caliente. Este proceso continuo que se encarga de eliminar el óxido superficial de la misma, haciéndola pasar por cuatro tanques que contienen

ácido clorhídrico diluido a temperaturas comprendidas entre 70°C y 90°C, para luego ser enviada hacia laminación en frío o a sus clientes externos.

Ambas líneas de Decapado se dividen en tres zonas:

- Zona de entrada: esta contempla la alimentación y acondicionamiento del material a ser procesado. Su principal función es la de preparar las bandas en forma de rollo para ser soldadas en una banda continua, permitiendo esto acelerar el proceso de decapado.
- Zona de proceso: en esta se realiza la limpieza del óxido superficial de la bobina al pasar por los tanques que contienen ácido clorhídrico, además cuenta con tres carros acumuladores (dos de entrada y uno de salida), la función de este sistema es acumular material para que el proceso no sea interrumpido mientras se realizan las operaciones correspondientes en la zona de entrada y salida.
- Zona de salida: en esta se realiza el corte de bordes a la bobina, generando así el ancho requerido por el cliente, además de poder dar cumplimiento con los estándares de calidad, posteriormente se aplica una capa de aceite mediante una aceitadora electrostática previniendo la aparición de óxido, luego es enhebrada y colocada en la cadena transportadora de salida.

Actualmente en la línea de Decapado II existen problemas con respecto a las demoras operativas atribuidas a los encalles en la cortadora de bordes, generados por defectos en material provenientes del laminador, por defectos en material decapado y por problemas de equipos, impactando directamente en lo que respecta a las demoras programadas y por ende a la productividad y utilización neta; motivo por el cual surge la necesidad de realizar

seguimientos continuos, registros y análisis de las causas que están ocasionando la problemática antes mencionada.

En todo ente productivo las demoras ocurridas se contabilizan y se tienen en cuenta como herramienta de gestión para la optimización de la marcha de los procesos. Es evidente, que las demoras por encalles afectan la velocidad del proceso, según datos históricos registrados en el sistema, ocasionando que las demoras reales estén muy por encima de las programadas, por tal motivo se pretende dar respuesta al siguiente planteamiento problemático: Elaborar plan de mejora continua que permita disminuir los encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II, aplicando los siete (7) pasos de mejora continua.

Con la realización de la investigación propuesta se pretende responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la problemática existente?
- ¿Se llevan registros de las demoras generadas por encalles?
- ¿Cómo afecta a la producción programada?
- ¿Cuáles son los eventos que se presentan con mayor frecuencia?
- ¿Qué acciones se deben tomar para disminuir el problema?

1.2. OBJETIVO GENERAL.

Elaborar plan de mejora continua para disminuir los encalles generados en la cortadora de bordes de la Línea de Decapado II de Laminación en Caliente en la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, SIDOR C.A.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Cuantificar las demoras por encalles de la línea de Decapado I y II, para determinar cuál de las líneas ha sido más crítica en la productividad.
2. Diagnosticar la situación actual de la línea de Decapado II, para identificar las condiciones sub-estándar del proceso que generan encalles en la cortadora de bordes.
3. Analizar las causas que generan demoras por concepto de encalles, utilizando la caracterización y análisis detallado de Pareto ABC, recurriendo para esto al diagrama causa-efecto (Diagrama de Ishikawa).
4. Elaborar plan de mejora continua enfocado en las causas arrojadas en el análisis de Pareto, que permitan disminuir las demoras por encalles en la cortadora de bordes del Decapado II.
5. Analizar el impacto económico de las demoras generadas por encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II, tomando en cuenta la reducción esperada de las demoras por aplicación del plan de mejora continua.

1.4. ALCANCE.

El estudio a realizar es un diseño de investigación no-experimental de tipo descriptivo, aplicado y de campo, que se realizará en las instalaciones físicas de la línea de Decapado, para describir las posibles causas que pudieran

estar generando encalles en la cortadora de bordes y así tomar acciones pertinentes que generen impactos positivos en la productividad programada.

1.5. DELIMITACIONES.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro”, Sidor C.A, ubicada en la zona industrial Matanzas específicamente en el área de Decapado de la Gerencia de Laminación en Caliente, con la finalidad de determinar y analizar las causas que están generando los encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II, mediante un seguimiento continuo durante el proceso de corte, y así generar propuestas para disminuir la problemática antes expuesta. El presente estudio tuvo una duración de 24 semanas.

1.6. LIMITACIONES.

- Paros sindicales externos e internos.
- Mantenimientos preventivos y correctivos en la línea de Decapado.

1.7. JUSTIFICACIÓN.

El presente trabajo de investigación se justifica, ya que permitió obtener información que fue utilizada para analizar los eventos que generan demoras por concepto de encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II, siendo de gran importancia para el mejoramiento de la línea, incrementando las toneladas procesadas, los tiempos efectivos y por ende la productividad programada.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. Breve Descripción de La Empresa

La Siderúrgica del Orinoco Alfredo Maneiro, Sidor es un complejo siderúrgico integrado que utiliza tecnologías de Reducción Directa y Hornos Eléctricos de Arco. Los procesos de esta siderúrgica se inician con la fabricación de Pellas y culminan con la entrega de productos finales Largos (Barras y Alambrón) y planos (Láminas en Caliente, Láminas en Frío y Recubiertos).

Esta siderúrgica ubica a Venezuela en cuarto lugar como productor de acero integrado de América Latina y el principal de la región Andina, ha logrado colocar su nivel de producción en torno a los 4 millones de toneladas de acero líquido por año, con indicadores de productividad, rendimiento total de calidad, oportunidad en las entregas y satisfacción de sus clientes, comparables con las empresas más competitivas de Latinoamérica. Es reconocida además por ser el primer exportador no petrolero del país.

SIDOR C.A. produce acero a partir de un mineral de alto contenido de hierro, 80% de hierro de reducción directa y 20% máximo de chatarra, utilizando la vía de reducción directa, hornos eléctricos de arco y colada continua, lo que contribuye a la elaboración de un acero de bajo contenido de impureza.

2.2. Ubicación

La empresa se encuentra ubicada en la Zona Industrial Matanzas, Ciudad Guayana, Estado Bolívar, sobre la margen derecha del Río Orinoco, a 17 kilómetros de su confluencia con el Río Caroní y a 300 kilómetros de la desembocadura del Río Orinoco en el Océano Atlántico. Está conectada con el resto del país por vía terrestre, y por vía fluvial - marítima con el resto del mundo. Se abastece de energía eléctrica generada en las represas de Macagua y Gurí, ubicadas sobre el Río Caroní, así como de gas natural, proveniente de los campos petroleros del Oriente Venezolano (Ver figura 1).

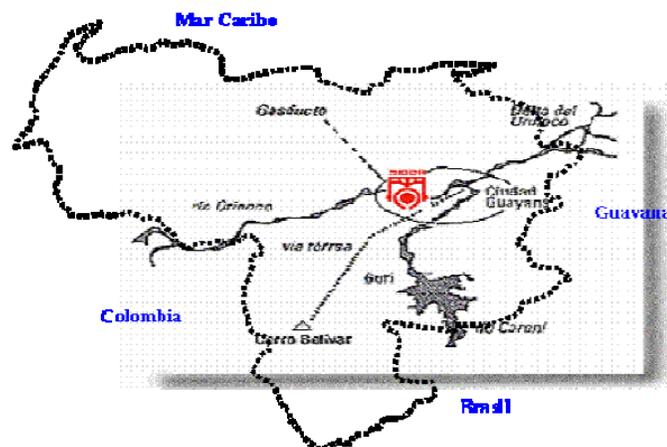


Figura 1. Esquema de la Ubicación Geográfica de SIDOR en el Estado Bolívar

Fuente: Intranet de la Empresa

Sus instalaciones se extienden sobre una superficie de 2200 hectáreas, de las cuales 90 son techadas. Además, tiene una amplia red de carreteras pavimentadas dentro del área industrial de 74 kilómetros, 155 kilómetros de vías férreas, por donde se transporta la materia prima a la planta, y acceso al mar por vía fluvial a través del río Orinoco, para lo cual, cuenta con un

terminal portuario de 1.195 m. con una capacidad para atracar simultáneamente seis barcos de 20.000 toneladas cada uno. (Ver Figura 2).



Figura 2. Distribución Física de SIDOR C.A

Fuente: Intranet de la Empresa

2.3. Nacionalización

El 12 de marzo de 2008 se firma el decreto de nacionalización y el contrato colectivo de los trabajadores de Sidor, y se empieza a trabajar por lo que sería el paso de la acería de manos del capital privado al estado Venezolano. Luego, el 16 de abril del mismo año se dio paso a las conversaciones entre los representantes de Ternium y el gobierno venezolano, en relación con los términos y condiciones bajo las cuales la totalidad o una parte significativa de la participación de Ternium en Sidor deberían ser transferidas al gobierno.

El 13 de mayo del año 2008 entró en vigencia el Decreto de Ley 6058 que regula la actividad de producción de acero en la región de Guayana. Dicho decreto ordena que Sidor y sus empresas filiales y afiliadas sean transformadas en empresas del estado, con una participación accionaria estatal no menor al 60% de sus respectivos capitales sociales.

El decreto estipula la conformación de dos comisiones. Una comisión de transición debe ser creada para incorporarse a la directiva de Sidor y garantizar la transferencia a las empresas estatales del control de todas las actividades que realizan Sidor y sus empresas filiales y afiliadas a más tardar el 30 de junio de 2008. Una segunda comisión técnica, compuesta por representantes del Estado y por las personas jurídicas del sector privado que actualmente son accionistas de Sidor y sus empresas filiales y afiliadas, será conformada para negociar por un periodo de 60 días el justiprecio de las acciones a ser transferidas al estado y acordar los términos y condiciones de la posible participación accionaria de dichos accionistas privados en las nuevas empresas del estado.

El decreto también establece que, en el supuesto de que las partes no llegasen a un acuerdo con relación a los términos y condiciones de la transformación de Sidor y sus empresas filiales y afiliadas a la empresa del Estado una vez transcurrido el plazo de 60 días, el Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas y Minería asumirá el control y la operación exclusiva de las mismas, y el Ejecutivo Nacional decretará la expropiación de las referidas acciones. No se tiene información de cuál había sido el criterio de valuación de las acciones a ser transferidas al Estado; sin embargo, el Decreto estipula que para el cálculo de la indemnización o del justiprecio en ningún caso se tomarían en cuenta ni los daños por lucro cesante ni los daños indirectos.

2.4. Visión

Ser la empresa socialista siderúrgica del Estado venezolano, que prioriza el desarrollo del Mercado nacional con miras a los mercados del ALBA, andino, caribeño y del MERCOSUR, para la fabricación de productos de acero con alto valor agregado, alineada con los objetivos estratégicos de la

Nación, a los fines de alcanzar la soberanía productiva y el desarrollo sustentable del país.

2.5. Misión

Comercializar y fabricar productos de acero con altos niveles de productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector transformador nacional como base del desarrollo endógeno, con eficiencia productiva y talento humano altamente calificado, comprometido en la utilización racional de los recursos naturales disponibles; para generar desarrollo social y bienestar a los trabajadores, a los clientes y a la Nación.

2.6. Objetivos de la Empresa

La Siderúrgica del Orinoco es una empresa dedicada a procesar mineral de hierro para obtener productos de acero destinado primordialmente a:

- ✓ Abastecer el mercado nacional específicamente los sectores industriales de la construcción, petróleo, y otros.
- ✓ Sustituir las importaciones adicionales de productos siderúrgicos en el mercado nacional, abasteciéndolo plenamente, a la vez que genera ingresos de divisas por concepto de las exportaciones a los mercados internacionales.
- ✓ Una mayor participación de la industria del hierro y del acero en la economía nacional y regional.
- ✓ Para el cumplimiento de la misión que le ha sido encomendada, la empresa se trazó varios objetivos que responden a las áreas de gestión y orientan a las acciones a mediano y largo plazo de la organización.

2.7. Política de Calidad

La empresa tiene el compromiso de satisfacer las necesidades de sus clientes y mantener estándares mundiales de calidad en sus productos, que aseguren su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

Para cumplir con ese objetivo, Sidor ha implementado un Sistema de Gestión de la Calidad, bajo la Norma ISO 9001, que le permite cumplir con las exigencias establecidas y ocupar una posición privilegiada en el mercado siderúrgico. Este sistema cuenta con el aval del Fondo para la Normalización y Certificación de Calidad (Fondonorma).

El Sistema de Gestión de la Calidad de Sidor, se basa en el compromiso y la participación de todo el personal en la búsqueda de la excelencia empresarial con un enfoque dinámico que considera sus relaciones con los clientes, accionistas, trabajadores, proveedores y la comunidad, promoviendo la calidad en todas sus manifestaciones y la excelencia en los procesos, productos y servicios. Esta dedicación se traduce en un esfuerzo continuo que asegura la confiabilidad de los productos siderúrgicos que se entregan al mercado.

Adicionalmente Sidor cuenta con la Marca Fondonorma, otorgada por el Fondo para la Normalización y Certificación de Calidad, como aval del cumplimiento con las normas venezolanas Covenin aplicables a los siguientes productos:

- ✓ Barras y Rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural.
- ✓ Alambión de acero al Carbono para Trefilación y Laminación en Frío.
- ✓ Aceros para Productos Planos Laminados en Caliente al Carbono, estructurales, de alta resistencia y baja aleación, de alta resistencia y baja aleación con capacidad de deformación.

- ✓ Hojalata.

2.8. Política Ambiental

Sidor tiene como compromiso fabricar y comercializar productos siderúrgicos, mejorando continuamente el desempeño ambiental y controlando el impacto de sus actividades, productos y servicios, a través del mantenimiento de un Sistema de Gestión Ambiental cuyo alcance incluye:

- ✓ Mejorar continuamente y prevenir la contaminación.
- ✓ Establecer y revisar los objetivos y las metas ambientales.
- ✓ Cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con aspectos ambientales.
- ✓ Documentar, implementar y mantener esta Política Ambiental y comunicarla a todos sus trabajadores y los que actúan en nombre de ella.
- ✓ Motivar en los trabajadores, los proveedores y la comunidad las responsabilidades ambientales.
- ✓ Mantener esta política a disposición del público.

2.9. Política de personal

Para lograr ser una empresa siderúrgica competitiva, SIDOR C.A, considera al recurso humano uno de los factores determinantes. En tal sentido, asegurar el mayor nivel de su fuerza laboral constituye el elemento clave en la diferenciación frente a la competencia.

La empresa, a este respecto, posee ciertos criterios para definir el perfil óptimo que debe tener cada uno de los puestos de trabajo dentro de la compañía:

- ✓ Los procesos de selección y desarrollo del personal se diseñan para captar y dar oportunidad en la compañía a los mejores recursos. El mejor recurso humano es aquel cuyo conocimiento se ajusta o supera los requerimientos del cargo, demuestra compromiso con su tarea, posee sólidos principios morales y un equilibrio emocional superior al promedio.
- ✓ El esquema de trabajo está concebido para revalorizar al individuo, incrementando su nivel de conocimientos, para permitirle incidir efectivamente sobre la productividad de los equipos y ampliarle sus posibilidades de desarrollo individual.
- ✓ La capacitación y el entrenamiento de la gente constituyen una inversión.
- ✓ La mejora permanente de las actitudes y condiciones de higiene y seguridad, el cuidado de la salud del trabajador y su protección en el ámbito laboral son premisas básicas para una empresa competitiva.
- ✓ El sistema de desarrollo de personal está dirigido a incorporar un modelo supervisorio sustentado en el liderazgo técnico, privilegiar a la especialización del trabajador y dotar a SIDOR C.A. de la generación de relevo tanto en el ámbito de dirección y gerencia como en el ámbito técnico.
- ✓ Las relaciones laborales se caracterizan por la confianza mutua, la veracidad y transparencia en las comunicaciones, así como por el respeto entre las partes.
- ✓ La aplicación estricta de las leyes, normas, procedimientos y
- ✓ acuerdos, es un principio organizacional.

2.10. Productos de la Empresa

A continuación se muestra la gama de productos fabricados en SIDOR, los cuales comprende productos laminados planos como láminas y bobinas

laminadas en caliente, láminas y bobinas laminadas en frío, hojalata y hoja cromada; comprende también productos largos como alambón y barras para la construcción. Además de estos productos, en SIDOR se comercializa semi-elaborados tales como planchones y palanquillas (Ver figura 3).

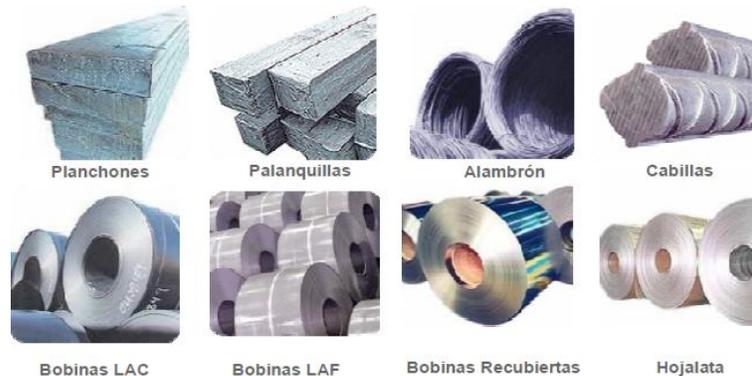


Figura 3. Productos Fabricados en SIDOR

Fuente: Intranet de la Empresa

2.11. Instalaciones básicas de la empresa

SIDOR es una empresa integral, donde su proceso productivo comienza desde la fabricación de pellas y culmina con la comercialización y venta de productos finales; tipo Largos (Barras y Alambón) o tipo Planos (Láminas en Caliente, Láminas en Frío y Recubiertos), ventas que pueden ser a nivel mercado nacional, como también internacional.

SIDOR actualmente Cuenta con modernos equipos e instalaciones auxiliares que le permiten la reducción del mineral de hierro, producción de acero y fabricación de una variada gama de productos que abarca desde pellas, Hierro de reducción directa (HRD), Cal y Semielaborados de aceros (Planchones, Lingotes poligonales, Palanquillas), hasta productos terminados

Planos (Bandas, Bobinas y Laminas en caliente; Bobinas y Laminas en frio y recubiertos) y Largos (Barras y Alambrón).

A continuación se describen las instalaciones básicas de SIDOR:

- **Planta de pellas:** En ella se fabrican Pellas de mineral de hierro fino obteniendo un diámetro de 9 mm a 15 mm, para la realización de estas se cuenta con los principales equipos, 1 tolva de recepción de mineral de hierro, 4 molinos, 6 mezcladoras, 12 discos peletizadores, 2 hornos de piro consolidación. Tiene una capacidad instalada de 8 millones de toneladas por año.
- **Plantas de Reducción Directa:** Constituida por dos plantas Midrex con una capacidad instalada de 3.8 millones de toneladas por año; Midrex I consta de un módulo de reducción, y Midrex II de tres módulos de reducción con instalaciones de servicios comunes y una planta HyL II, de dos módulos con cuatro reactores cada uno, y dos sistemas de información; con capacidad instalada de 0.7 millones de toneladas por año. En estas plantas se produce Hierro de reducción directa utilizando la Pella como materia prima y Gas natural reformado como agente reductor.
- **Acería Eléctrica y Colada Continua de Planchones:** Consta de cuatro hornos eléctricos de 200 toneladas de capacidad, tres hornos de cuchara, y tres máquinas de colada continua. Tiene una capacidad instalada 3.6 millones de toneladas de acero líquido por año.
- **Acería Eléctrica y Colada Continua de Palanquillas:** Consta de dos hornos eléctricos, dos hornos de metalurgia secundaria de 150 toneladas cada uno y dos máquinas de colada continua. Tiene una

capacidad de 1.4 millones de toneladas de acero líquido. Posee un área de vaciado por el fondo, para la fabricación de Lingotes poligonales.

- **Tren de Barras:** Su capacidad de laminación por año es de 500.000 toneladas de Barras lisas y estriadas, en aceros de calidad comercial y de lata resistencia.
- **Tren de Alambión:** Su capacidad es de 600.000 toneladas anuales de Alambión de diferentes diámetros.
- **Planta de productos Planos en caliente:** Diseñada para producir 2.8 millones de toneladas de Bobinas y Laminas en caliente. Está integrada por un laminador compuesto de dos hornos de calentamiento, un cuarto reversible de laminación continuo de seis bastidores y tres enrolladores; adicional cuenta con dos líneas de corte en caliente, una línea de Skin Pass y dos líneas de decapado.
- **Instalaciones Auxiliares:** Los servicios industriales y complementarios de la producción constituyen el siguiente conjunto de instalaciones: planta de cal; planta de chatarra; instalaciones portuarias; sistemas de generación y distribución de vapor, Electricidad, de recirculación de agua, de separación de aire; una red ferroviaria, carreteras; sistemas de control de contaminación ambiental; sistemas de incendio; sistemas de gas; talleres de mantenimiento y almacenes.

Un riguroso y constante aseguramiento de la calidad y mejoramiento continuo de sus procesos y sus productos, asegura el suministro de materiales de alta calidad, conforme a las especificaciones requeridas por los clientes, lo cual se muestra en los

logros alcanzados en materia de certificaciones de su Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2008 y de sus productos.

2.12. Estructura organizativa

Las distintas direcciones que conforman a SIDOR, son:

- **Dirección de asuntos legales:** Además de garantizar que la empresa actúe dentro del marco legal nacional y el que regula el comercio internacional, representa a la empresa ante terceros.
- **Dirección de relaciones institucionales:** Promueve la imagen institucional de la empresa, organiza y coordina las actividades de la empresa en la comunidad.
- **Dirección administrativa:** Se encarga de actividades relacionadas con la contabilidad y auditoría de la empresa, así como de organizar los sistemas de computación.
- **Dirección industrial:** Se encarga de las actividades productivas.
- **Dirección comercial:** Pretende la comercialización y el despacho de los productos de SIDOR, en óptimas condiciones.
- **Dirección de abastecimiento:** Debe obtener y suministrar los materiales e insumos requeridos por la empresa.
- **Dirección de finanzas:** Administra y asegura el rendimiento de los recursos financieros. (Ver Figura 4)



Figura 4. Estructura Organizativa del Complejo SIDOR

Fuente: Intranet de la Empresa

2.13. Procesos productivos

Para la elaboración de todos los productos que se comercializan tanto en el ámbito nacional como internacional, SIDOR cuenta con una planta de producción de gran capacidad integrada por una planta de pellas, un complejo de reducción directa y dos grandes complejos productivos: el complejo de productos largos y el complejo de productos planos.

2.14. Fabricación de acero

La fabricación de acero en SIDOR se cumple mediante procesos de reducción y hornos eléctricos de arco directa, complementados con metalurgia secundaria en los hornos de cuchara que garantizan la calidad interna del producto.

Finos de material, con alto contenido de hierro se aglomeran en la planta de Peletización. El producto resultante, las pellas, es procesado en dos

plantas de reducción directa, una HyL II (dos módulos de lecho de fijo), otra MIDREX (cuatro módulos de lecho móvil) que garantizan la obtención de hierro de reducción directa (HRD). El HRD se carga a los hornos eléctricos de arco para obtener acero líquido (Ver Figura 5).

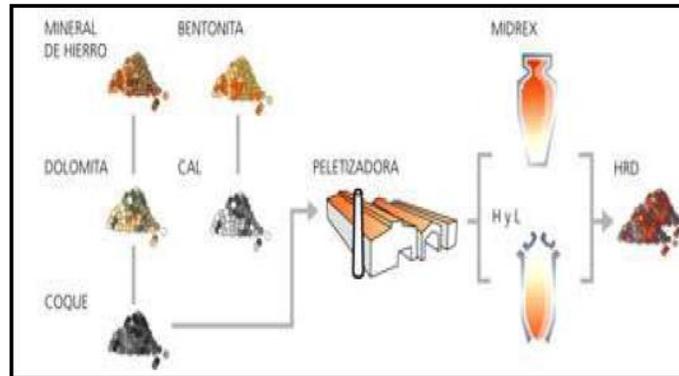


Figura 5. Sistema de Reducción para la Obtención de HRD

Fuente: Intranet de la Empresa

El acero líquido resultante, con alta calidad y bajos contenidos de impurezas y residuales tiene una mayor participación de HRD y una menor y una menor proporción de chatarra (20% máximo). Su refinación se realiza en la estación de metalurgia secundaria, donde se le incorporan las ferroaleaciones. Posteriormente pasa a las máquinas de colada continua para su solidificación, obteniéndose semi-elaborados, planchones o palanquillas, que se destinan a la fabricación de productos largos y productos planos, respectivamente.

2.15. Fabricación de productos planos.

Los planchones son cargados en hornos de recalentamiento y llevados a temperaturas de laminación. Este tratamiento permite, por medio de la oxidación que se genera, remover pequeños defectos superficiales y ablandar el acero para ser transformado mecánicamente en el tren de

laminación en caliente, en bandas, con ancho y espesor definidos. Las bandas pueden ser suministradas como tales o como bobinas o láminas, sin decapar o decapadas, en función de los requerimientos del cliente en el uso y forma.

Las bandas también pueden ser sometidas a deformación a temperatura ambiente (laminación en frío) para reducir el espesor y obtener bobinas laminadas en frío (LAF). Estas últimas pueden ser entregadas al mercado como crudas (Full Hard), o continuar su procesamiento en los hornos de recocido y en los trenes de laminación de temple, con el objetivo de modificar sus características metalúrgicas, mecánicas y, muy ligeramente, las geométricas.

De esta manera, se obtiene bobinas recocidas y/o procesadas en el laminador de temple, que podrán ser proporcionadas en bobinas, cortadas a longitudes específicas (láminas), o continuar procesos posteriores con recubrimiento electroquímico de cromo o estaño. (Ver Figura 6).

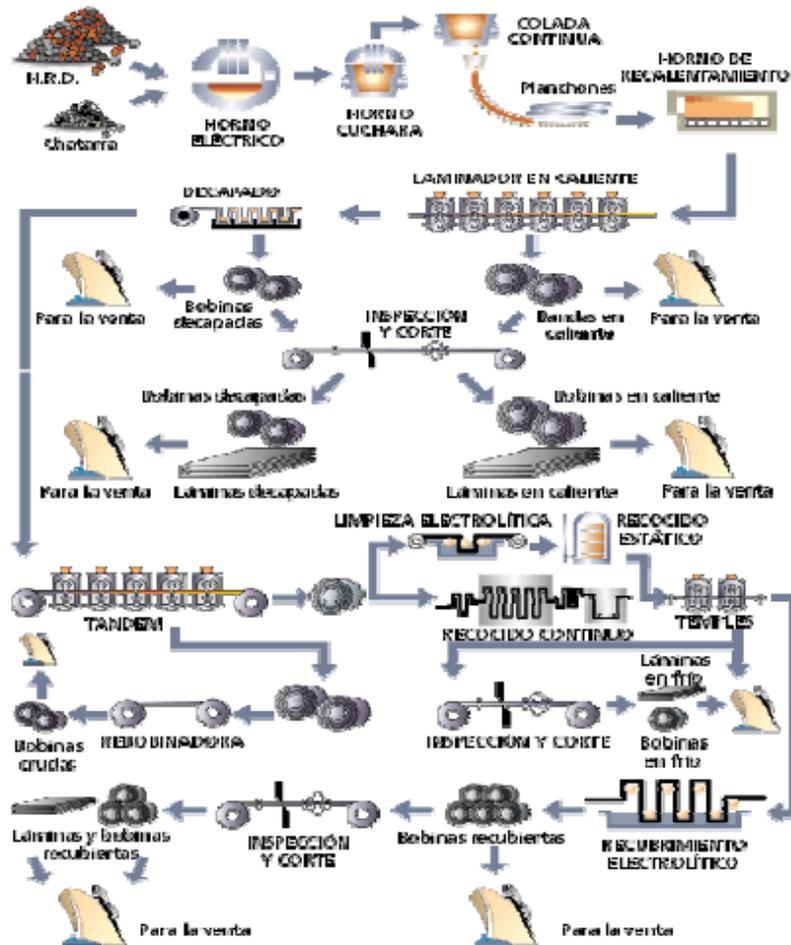


Figura 6. Sistema de Producción para la Obtención de Productos Planos
Fuente: Intranet de la Empresa

2.16. Fabricación de productos largos

Las palanquillas son cargadas en hornos de recalentamiento y llevadas a temperatura de laminación. Este tratamiento permite, por medio de la oxidación generada, remover pequeños defectos superficiales y ablandar el acero para ser transformado mecánicamente en los laminadores de alambón y de barras para obtener el alambón y las barras con resalte (cabillas),

respectivamente. En la Figura 7 se muestra gráficamente el sistema de fabricación de productos largos.

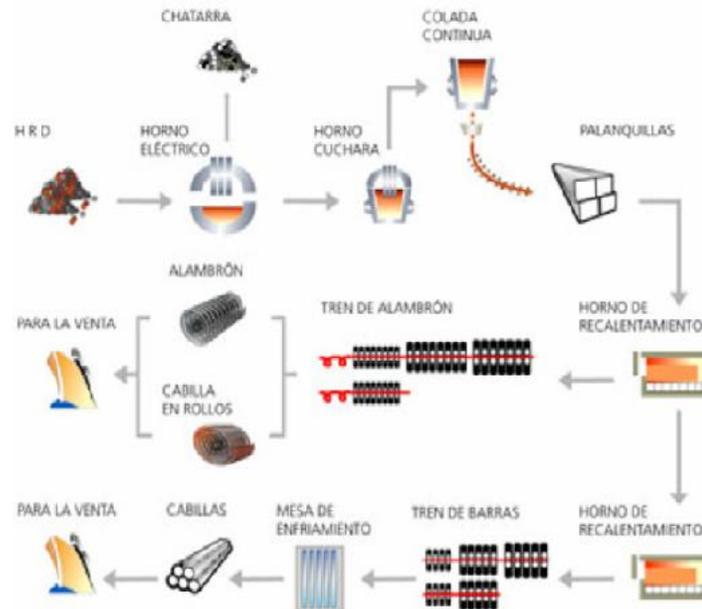


Figura 7. Sistema de Producción para la Obtención de Productos Largos

Fuente: Intranet de la Empresa

2.17. Gerencia de laminación en caliente.

La gerencia de laminación en Caliente tiene la responsabilidad de velar por el buen desenvolvimiento de las plantas que conforman el complejo de distribución SIDOR ya que en este cae la mayor responsabilidad de las ventas de productos que se lleven a cabo en cada una de las plantas de distribución.

El siguiente organigrama describe brevemente como está conformada la gerencia de Laminación en Caliente de SIDOR. (Ver figura 8).

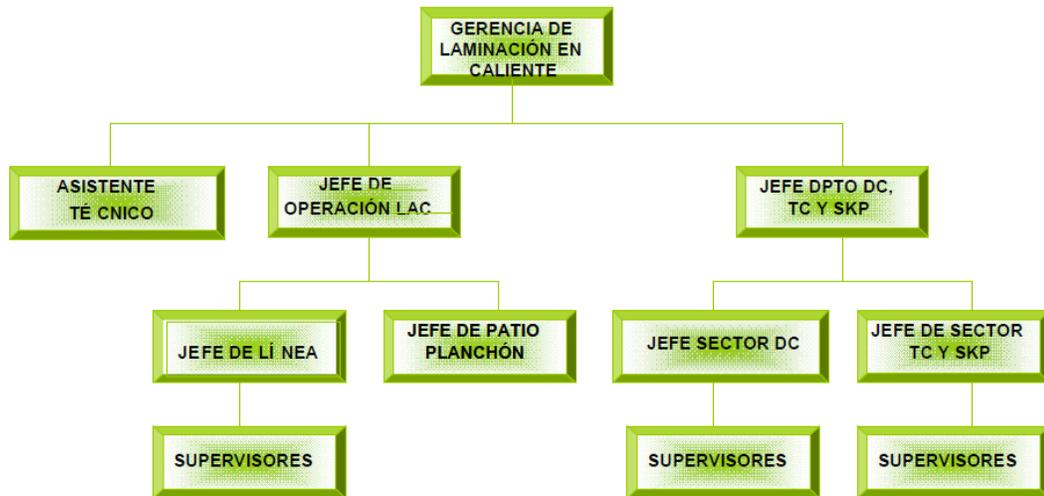


Figura 8. Estructura Organizativa de la Gerencia de Laminación en Caliente
Fuente: Intranet de la Empresa

2.18. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE PASANTÍA

2.18.1. Decapado

El decapado es el proceso que permite eliminar el óxido superficial de la banda LAC (bobinas negras) mediante una reacción química a través de la inmersión de la banda en una solución de ácido clorhídrico. (Ver figura 9)

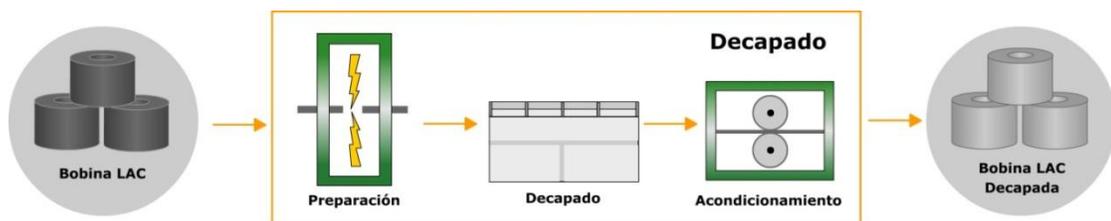


Figura 9. Proceso de Decapado
Fuente: Intranet de la Empresa

2.18.2. Secuencia de Fabricación

Durante la Laminación en Caliente, enfriamiento, transporte y almacenamiento se forma sobre la superficie de la banda una laminilla de óxidos. La misma está compuesta por tres tipos de óxidos de hierro:

Férrico Fe_2O_3

Ferroso Férrico Fe_3O_4

Ferroso FeO

Y se distribuyen sobre la banda según se muestra en la figura 10:

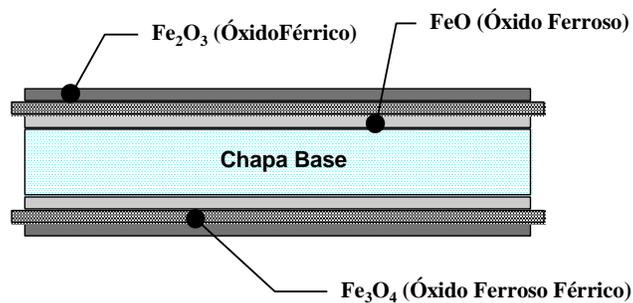


Figura 10. Composición de la Banda

Fuente: Intranet de la Empresa

Esta oxidación superficial puede tener consecuencias negativas, como la pérdida de metal superficial e incrustaciones sobre la banda y los cilindros del Laminador en Frío, durante la laminación, si no se procede a su eliminación.

Si bien el decapado se puede efectuar por procedimientos como el granallado o el ultrasonido, el método de limpieza utilizado con más frecuencia, por su posibilidad de mayor escala, es el de Decapado por inmersión de la banda en una solución ácida, tal como el que se emplea en Sidor.

2.18.3. Etapas del Proceso de Decapado

2.18.3.1. Preparación de la banda

Las bobinas son colocadas en un mandril desenrollador y pasan por la niveladora. A consecuencia de esto, la laminilla de óxidos se rompe o quiebra, facilitando la acción posterior de la solución decapante.

Para poder efectuar el Proceso de Decapado, es necesario arrastrar la banda a todo lo largo de la línea. Esto se logra uniendo la cabeza de la bobina entrante con la cola de la anterior que está siendo procesada y, de esta forma, se le da continuidad al proceso. Para esto, luego de la niveladora, la cabeza así como la cola de la bobina son despuntadas, para escuadrarla. (Ver figura 11)

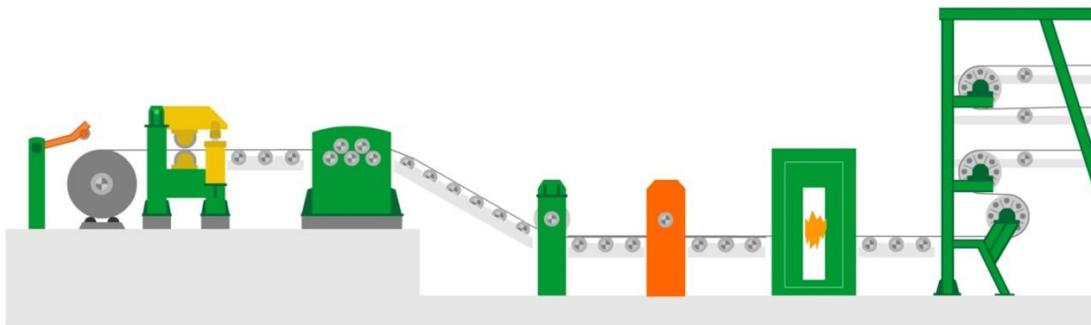


Figura 11. Preparación de la Banda

Fuente: Intranet de la Empresa

Las bobinas soldadas ingresan a los carros acumuladores. El objeto es almacenar la banda para mantener la continuidad operativa en la etapa siguiente, transporte a los tanques de decapado, independizándola de las operaciones de entrada.

2.18.3.2. Decapado

La banda pasa por cuatro tanques tapados que contienen soluciones de ácido clorhídrico (HCl) en agua, en concentraciones variables, a una temperatura de aproximadamente 80°C. Estas soluciones atacan a los óxidos de la banda, produciendo una reacción química que los desprende. La adición de ácido se efectúa en el tanque # 3 y pasa a los restantes en sentido contrario a la circulación de la banda, por lo tanto las concentraciones que encuentra la misma en su avance son crecientes (de 6% a 18%). (Ver figura 12)

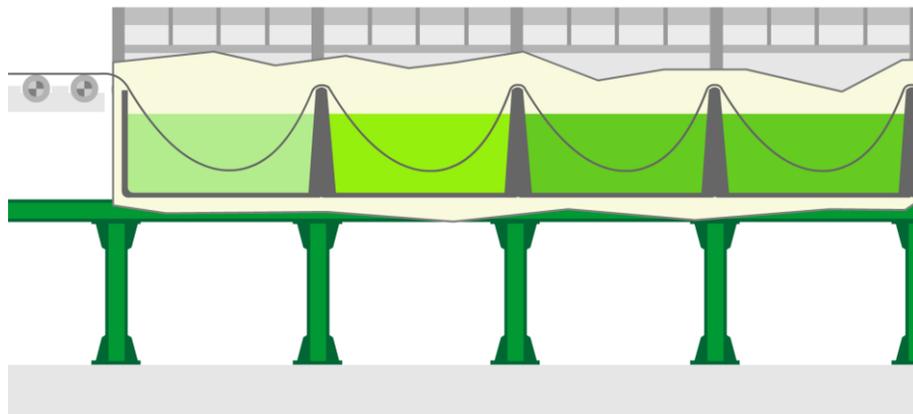


Figura 12. Tanques que Contienen Ácido Clorhídrico

Fuente: Intranet de la Empresa

Una vez decapada, la banda pasa por un tanque donde se lava por medio de rociadores con agua. Después se enjuaga en agua caliente (aprox. a 90° C) en otro tanque para eliminar todo resto de ácido de la banda. Finalmente se seca con aire caliente en la estación de secado.

2.18.3.3. Acondicionamiento de la Banda

La banda limpia de óxidos (Banda Blanca) es ajustada al ancho requerido (corte de borde). Esto se realiza por el corte, con dos cizallas circulares, a ambos lados de la banda (refiladora o cortadora de bordes). Luego se la aceita en ambas caras para protegerla de nuevas oxidaciones. La velocidad en el sector de salida es aprox. la misma que en los tanques de decapado, salvo en los momentos que se recupera el carro acumulador de salida, donde la velocidad de salida es 50% superior a la velocidad de proceso.

Por medio de una cizalla se separan las bobinas en cada soldadura de entrada (bobina simple). Luego se enrollan, fleja, pesan, identifican y almacenan. La bobina decapada puede comercializarse como un producto final o continuar al laminador Tandem. (Ver figura 13)

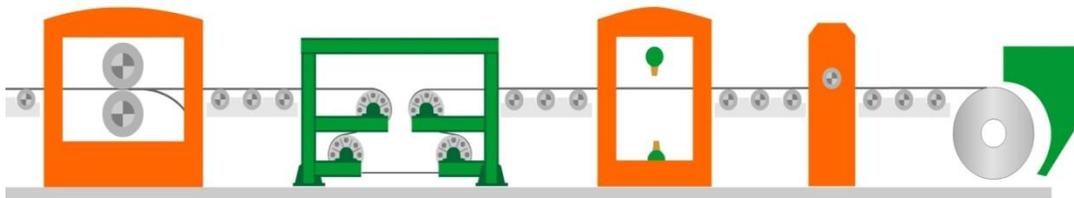


Figura 13. Acondicionamiento de la Banda

Fuente: Intranet de la Empresa

- ✓ Productos

Los productos son bobinas decapadas.

- ✓ Destinos

75% - 80% a la Laminación en Frío

25% - 20% restante se destina a las Ventas Directas a Clientes

✓ Dimensiones

Sidor fabrica banda de acero laminada en caliente decapada en un rango de espesores 1.80-6.50 mm, y de ancho 600-1.250 mm. El peso de la bobina LAC decapada está en un rango aprox. de 15 a 22 toneladas.

✓ **Aplicaciones**

Las bobinas decapadas se usan comúnmente para la fabricación de maquinaria agrícola, estacas con leve estampado y/o plegados. Otros usos son los siguientes:

- **Envases Gas Licuado:** Son calidades especialmente diseñadas para la fabricación de bombonas de dos piezas obtenidas por embutido, bombonas de tres piezas y cilindros para gases licuados de petróleo.
- **Estructurales para Industria Automotriz:** Calidades desarrolladas para piezas, particularmente de la Industria automotriz, que combinan propiedades estructurales con buenas aptitudes de conformabilidad y soldabilidad. Para uso en llantas, discos, largueros, travesaños, etc.
- **Uso Embutido:** Se utilizan para la fabricación de piezas conformadas por proceso de estampado y embutido tales como autopartes, bridas, bastidores, platos de freno, soportes, etc. La severidad de las deformaciones que requiere el conformado de la pieza define la utilización de calidad embutido moderado o embutido profundo.

2.18.4. MAPA DEL PROCESO DE DECAPADO

El mapa de procesos ofrece una visión general del sistema de gestión. En él se representan los procesos que componen el sistema así como sus relaciones principales. Dichas relaciones se indican mediante flechas y registros que representan los flujos de información. Estos incluyen procesos relativos a la planificación estratégica, establecimiento de políticas, fijación de objetivos, proveedor comunicación, asegurar disponibilidad de los recursos requeridos y la revisión por la dirección. El mapa de procesos del Decapado es una representación gráfica de los procesos que intervienen en el Sistema de Gestión de la Calidad, donde se identifican los procesos de gestión, los procesos clave, los de soporte y el proceso de manejar las relaciones con el cliente/usuario, así como los insumos requeridos y los productos entregados a los clientes/usuarios de dicho sistema. De acuerdo a la información anterior SIDOR proporciona su mapa de procesos del área del Decapado representado en el siguiente cuadro:

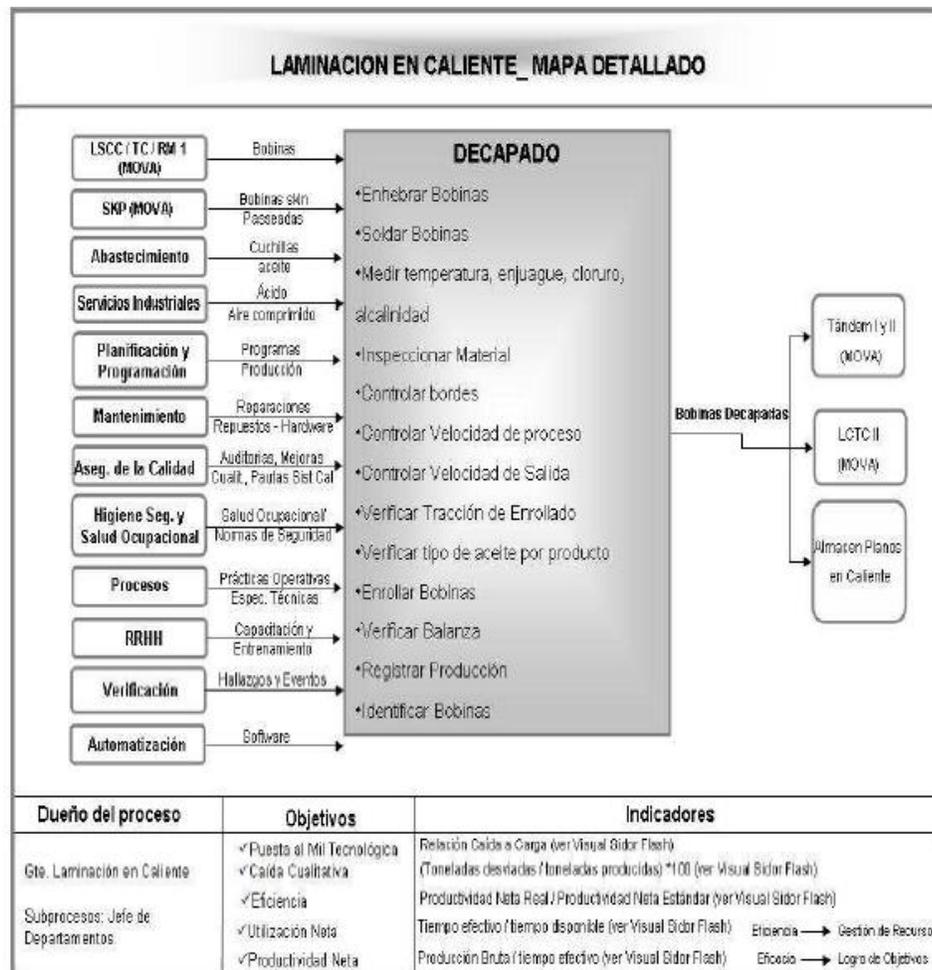


Figura 14. Mapa de proceso decapado

Fuente: Intranet SIDOR

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Planta de Decapado

Está compuesta por dos líneas productivas denominadas decapado I y II. Su función principal es realizar a las bobinas provenientes del laminador continuo en caliente una limpieza mediante ácido clorhídrico a temperatura en el orden de 80° C, a fin de retirar de la superficie las impurezas (oxido) que trae el material. Los productos obtenidos son: Bobinas de Decapadas para la venta directa (VD) y Bobinas decapadas para el proceso de laminación en frío.

3.1.1. Sección de Entrada

Esa sección o zona de entrada contempla la alimentación y acondicionamiento del material a ser procesado. Su Objetivo primordial es preparar la banda para acelerar el proceso y permitir que este se desarrolle de manera continua lo que es primordial en esta línea productiva.

La bobina después de ser laminada en caliente cumple un periodo de enfriamiento de 72 horas para evitar quebraduras sobre la lámina al ser desenrollada. Una vez frío el material es trasladado a la cadena alimentadora de bobina, posteriormente por accionamiento mecánico de carros levantadores, la bobina es colocada en el mandril des enrollador. Para iniciar la alimentación de la línea de decapado.

3.1.1.1. Preparación de la Punta de la Bobina

Mediante un Cizalla de acción neumática se realiza un promedio de 3 Cortes Transversales para acondicionar y eliminar cualquier defecto presente en la banda. Dada que las dimensiones de nuestra banda es 1200mm*3mm obtenemos una sección de corte transversal de 3600mm², dicho valor es triplicado por el número de cortes realizados (03). El propósito esencial de esta etapa del proceso es preparar la punta de la banda para la próxima fase, la Soldadura.

3.1.1.2. Soldadura

Por ser el Decapado un proceso continuo, es necesario unir la punta de la bobina que está entrando a la línea con la cola de la que está saliendo. Durante este sub. Proceso, la Maquina Soldadora emplea Energía Eléctrica.

3.1.2. Sección media o de proceso

3.1.2.1. Baño de Ácido Clorhídrico

La banda es sometida a una inmersión tipo Chinchorro por 04 Tanques de ácido Clorhídrico (HCl) cada Tanque con una Capacidad de 30 m³ de ácido de alta concentración (75 – 80 grs. /lts). Para garantizar un buen decapado la banda recorre estos 4 tanques a una velocidad promedio de 100 m/min. Durante la estadía de la banda en el ácido ataca las capas superficiales del Acero, arrastrando el Óxido remanente en la Banda.

Esta etapa del proceso es de alta criticidad ya que el HCl es una sustancia sumamente abrasiva y contaminante debido a que a excepción de los Polímeros y otros materiales el HCl corroe y desintegra a la mayoría de los compuestos. Igualmente, el HCl por su alta condición contaminante debe ser tratado con mucha cautela ya que su desecho inadecuado puede traer daños irreversibles al medio ambiente.

Tenemos entonces que la Línea Decapados utiliza para la carga de sus cuatro tanques un total de 360m³ de Ácido. Este ácido lo suministra una Planta de Regeneración de Acido situada a un lado de la Línea. Esta planta se encarga de regenerar todo el ácido utilizado por el Decapado. El ácido ya utilizado por el Decapado (rico en FeO) se envía a la planta de Regeneración y esta se encarga de separarlo del ácido y utilizando agua industrial genera nuevos volúmenes de ácido Fresco listo para el Consumo.

3.1.2.2. Enjuague de la Banda

Para prevenir un decapado excesivo luego de la salida de los tanques (pérdida de Espesor) la banda es lavada mediante el uso de aspersores de Agua a una presión de 5 bar. El agua utilizada es la llamada Agua Industrial, es decir, aquella que es reciclada y reutilizada únicamente para procesos industriales (no es apta para el consumo humano). Dicha agua industrial es almacenada en un tanque vecino a la Línea de Producción y es de aquí que las celdas de Enjuague se alimentan. El flujo es un circuito cerrado: El agua utilizada para enjuagar la banda por gravedad cae nuevamente al tanque. El resultado es un agua sumamente acida con concentraciones hasta de 60 grs/lts de ácido.

La problemática radica en que el tanque de almacenamiento de esta agua de Enjuague, posee en su parte superior una tubería de desagüe por sobre flujo que va directo al Acueducto de desecho común de agua Industrial.

Diariamente se arroja al acueducto un estimado de 17500 lts de agua ácida. Otra variable a tomar en cuenta en esta fase del Proceso es la temperatura del Ácido, la misma debe ser de 80 a 83°C. Este calentamiento se logra mediante el uso de intercambiadores de calor que utilizan Vapor para transferir temperatura al volumen de ácido. Mensualmente la línea consume 251769 Kg. de Vapor.

3.1.2.3. Zona de enjuague

Compuesto por celdas en donde se inyecta a la banda agua a presión mediante toberas, esto con el fin de remover el HCl remanente en la banda luego de su salida de los tanques. Cada decapado tiene una zona de enjuague.

3.1.2.4. Zona de secado

Conformado por rodillos exprimidores y por soplador de aire caliente que elimina el líquido remanente en la banda. Cada decapado posee una zona de secado.

3.1.3. Sección de Salida

3.1.3.1. Acondicionamiento de la banda

La banda limpia de óxidos (banda blanca) es ajustada al ancho requerido (corte de bordes). Este se realiza mediante la utilización de dos cizallas circulares a ambos lados de la banda.

Luego se aceita en ambas caras para protegerla de nuevas oxidaciones, la velocidad en el sector de la salida es aproximadamente la misma que en los tanques de decapado, salvo en los momentos que se recupera el carro acumulador de salida, donde la velocidad de salida es 50% superior a la velocidad de proceso.

Por medio de una cizalla se separan las bobinas de cada soldadura de entrada (bobina simple). Luego se enrollan, flejan, pesan, identifican y almacenan. La bobina decapada puede comercializarse como un producto final, o continuar al laminador Tándem.

3.1.3.2. Cortadora de Bordes

Equipo compuesto por varios elementos mecánicos, (entre los cuales se pueden nombrar: rodamientos, anillos distanciadores, bobinas, tornillos, etc) conformado por dos (2) árboles porta cuchilla circulares de diámetro exterior: 406 mm y espesores máx. De 40mm para asegurar el corte de bordes (según la teoría de corte: 30% corte puro y 70% corte de desgarre).

Las cuchillas giran en sentido contrario a una velocidad de 180 m/min. Esta se desplaza horizontalmente para asegurar que el corte de bordes sea eficiente. De igual manera los dos bastidores pueden desplazarse horizontalmente a través de un tornillo sin fin que los conecta, de manera que se pueden graduar al ancho de bordes solicitado. Por cada decapado, hay una (1) cortadora de bordes y corresponde cada uno de los equipos más críticos de las líneas de Decapados, ya que si se detiene cuando el material requiera corte de bordes implica que la línea también se detenga.

3.1.3.3. Aceitado Electroestático

Una vez limpia la banda, esta es sometida a un leve recubrimiento de Aceite Semi-Sintético para proteger a la banda de la corrosión por exposición y asegurar de esta manera que el producto llegue con los estándares de calidad apropiados al cliente. Se suministran 0.3 kg. de Aceite por cada tonelada producida. La máquina rociadora funciona en su totalidad con Energía Eléctrica.

3.1.3.4. Descarte de Soldadura

La unión de la punta y cola de la banda que asegura la continuidad del proceso debe ser descartada como lineamiento de Calidad. Con lo cual una vez más se realizan 3 cortes Transversales de 3600mm² c/u mediante una Cizalla Neumática.

3.1.3.5. Enrollado de la Bobina

Proceso similar al Desenrollado. La bobina se enrolla en un mandril Enrollador que utiliza igualmente para su moción Energía Eléctrica.

3.2. Diagrama de procesos

Representa gráficamente todas las actividades que se realizan durante la elaboración de un producto, es decir, visualiza operaciones, inspecciones, transportes, almacenajes y demora a fin de analizar costos ocultos, actividades ocultas en el proceso productivo. Permite un análisis completo de la fabricación de una pieza o componente.

3.2.1. Símbolos (Elementos del Proceso).

Tabla 1: Elementos de Diagramas de Procesos.

Evento	Símbolo	Características
Operación		Modificación intencional que se le hace a un objeto en cualquiera de sus características físicas o químicas.
Inspección		Verificación de la calidad y/o cantidad de la parte.
Transporte		Indica movimiento de los trabajadores, materiales o equipos de un lugar a otro.
Demora		Ocurre cuando las condiciones no permiten la inmediata realización de la acción planeada (evitable o inevitable).
Almacenado		Tiene lugar cuando un objeto se mantiene y protege contra un traslado.
Combinado		Indica actividades realizadas conjuntamente o por el mismo operario en el mismo punto de trabajo.

Fuente: Láminas del material de Ingeniería de Métodos.

3.3. Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza.

El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas Resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto(pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha.

El diagrama facilita el estudio comparativo de numerosos procesos dentro de las industrias o empresas comerciales, así como fenómenos sociales o naturales, como se puede ver en el ejemplo de la gráfica al principio del artículo.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

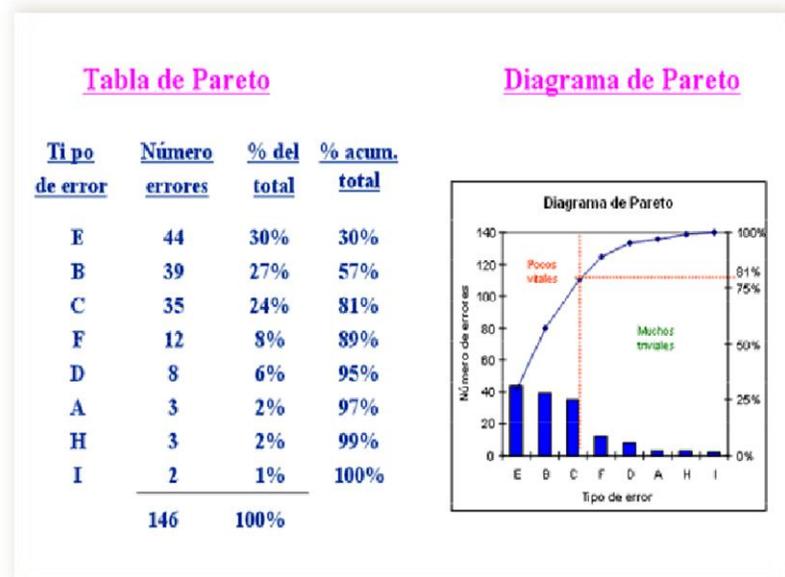


Figura 15: Modelo de diagrama de pareto- ABC

Fuente: Intranet de Sidor

3.3.1. Propósitos generales del diagrama de Pareto.

- Analizar las causas.
- Estudiar los resultados.
- Planear una mejora continua.

La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis descartamos las mayorías triviales.

3.4. Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto).

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de Grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Dr.Kaoru Ishikawa en el año 1943.

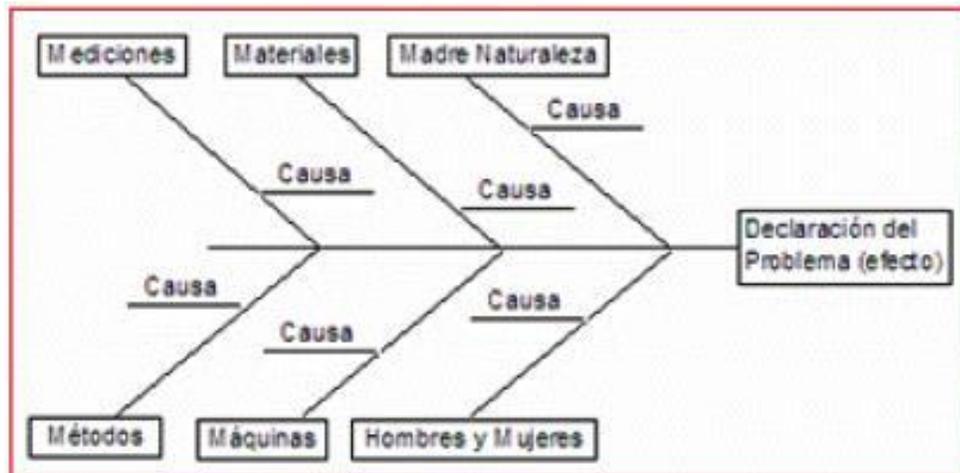
Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o inputs, el proceso, y las salidas o outputs de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (feedback) para el subsistema de control.

3.4.1. Procedimiento.

Para empezar, se decide qué característica de calidad, salida o efecto se quiere examinar y continuar con los siguientes pasos:

1. Hacer un diagrama en blanco.
2. Escribir de forma concisa el problema o efecto.

3. Escribir las categorías que se consideren apropiadas al problema: máquina, mano de obra, materiales, métodos, son las más comunes y se aplican en muchos procesos.
4. Realizar una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
5. Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces. ¿Por qué no se dispone de tiempo necesario?. ¿Por qué no se dispone de tiempo para estudiar las características de cada producto?.
6. Empezar por enfocar las variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

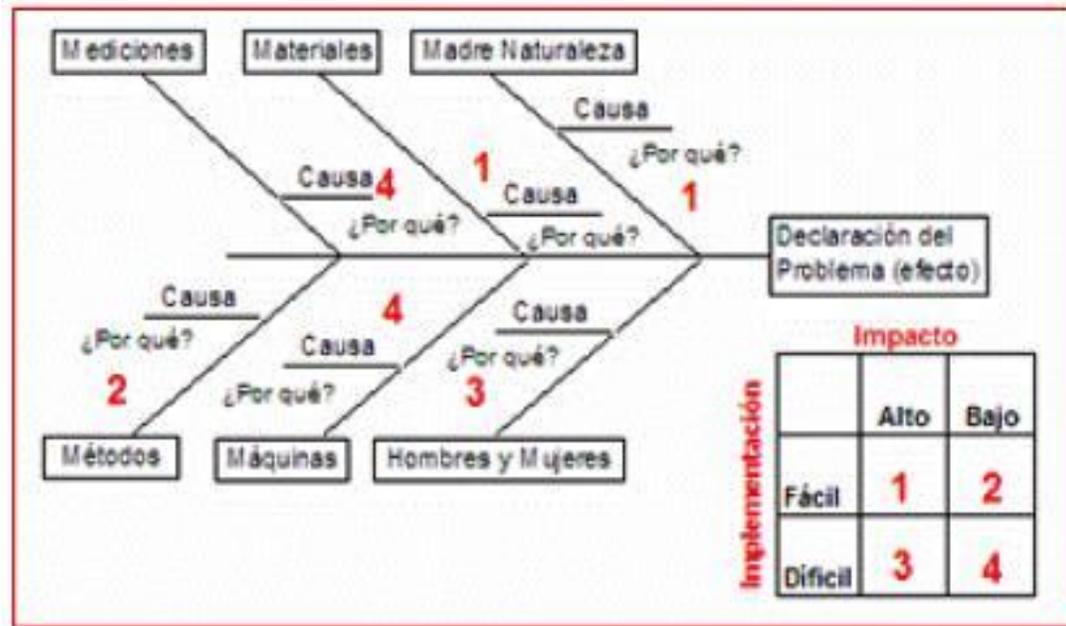


3.4.2. Causas y espinas.

Para crear y organizar las espinas de un diagrama, hay que considerar lo siguiente:

1. Todas las espinas deben ser causas posibles.
2. Todas las causas deben ser presentadas en las vías que indiquen cómo se relacionan con el problema.

3. La disposición de las espinas debe reflejar las relaciones entre las causas.



3.5. Plan de mejora continua.

La mejora continua es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio. Es mayormente aplicada de forma directa en empresas de manufactura, debido en gran parte a la necesidad constante de minimizar costos de producción obteniendo la misma o mejor calidad del producto, porque como sabemos, los recursos económicos son limitados y en un mundo cada vez más competitivo a nivel de costos, es necesario para una empresa manufacturera tener algún sistema que le permita mejorar y optimizar continuamente.

La Mejora Continua no solo tiene sentido para una empresa de producción masiva, sino que también en empresas que prestan servicios es perfectamente válida y ventajosa principalmente porque si tienes un sistema de Mejora Continua (al ser un sistema, quiere decir que es algo establecido y

conocido por todos en la empresa donde se está aplicando) entonces tienes las siguientes características:

1. *Un proceso documentado*. Esto permite que todas las personas que son partícipes de dicho proceso lo conozcan y todos lo apliquen de la misma manera cada vez
2. Algún tipo de *sistema de medición* que permita determinar si los resultados esperados de cierto proceso se están logrando (indicadores de gestión)
3. *Participación de todas o algunas personas* relacionadas directamente con el proceso ya que son estas personas las que día a día tienen que lidiar con las virtudes y defectos del mismo.

Viéndolo desde este punto de vista, una de las principales ventajas de tener un sistema establecido de Mejora Continua es que todas las personas que participan en el proceso tienen capacidad de opinar y proponer mejoras lo que hace que se identifiquen más con su trabajo y además se tiene la garantía que la fuente de información es de primera mano ya que quien plantea el problema y propone la mejora conoce el proceso y lo realiza todos los días.

3.5.1. PASOS PARA EL MEJORAMIENTO CONTINUO.

Según el Ing. Luis Gómez Bravo, los siete pasos del proceso de mejoramiento son:

- 3.5.1.1. Paso: Selección de los problemas (oportunidades de mejora)
- 3.5.1.2. Paso: Cuantificación y subdivisión del problema
- 3.5.1.3. Paso: Análisis de las causas, raíces específicas.

- 3.5.1.4. Paso: Establecimiento de los niveles de desempeño exigidos (metas de mejoramiento).
- 3.5.1.5. Paso: Definición y programación de soluciones
- 3.5.1.6. Paso: Implantación de soluciones
- 3.5.1.7. Paso: Acciones de Garantía

3.5.1.1. PRIMER PASO: SELECCIÓN DE LOS PROBLEMAS (OPORTUNIDADES DE MEJORA).

Este paso tiene como objetivo la identificación y escogencia de los problemas de calidad y productividad del departamento o unidad bajo análisis.

A diferencia de otras metodologías que comienzan por una sesión de tormenta de ideas sobre problemas en general, mezclando niveles de problemas (síntomas con causas), en ésta buscamos desde el principio mayor coherencia y rigurosidad en la definición y escogencia de los problemas de calidad y productividad.

Actividades:

Este primer paso consiste en las siguientes actividades:

- a. Aclarar los conceptos de calidad y productividad en el grupo.
- b. Elaborar el diagrama de caracterización de la Unidad, en términos generales: clientes, productos y servicios, atributos de los mismos, principales procesos e insumos utilizados.
- c. Definir en qué consiste un problema de calidad y productividad como desviación de una norma: deber ser, estado deseado, requerido o exigido.

- d. Listar en el grupo los problemas de calidad y productividad en la unidad de análisis (aplicar tormenta de ideas).
- e. Preseleccionar las oportunidades de mejora, priorizando gruesamente, aplicando técnica de grupo nominal o multivotación.
- f. Seleccionar de la lista anterior las oportunidades de mejora a abordar a través de la aplicación de una matriz de criterios múltiples, de acuerdo con la opinión del grupo o su superior.

Las tres primeras actividades (a, b y c), permiten lo siguiente:

- Concentrar la atención del grupo en problemas de calidad y productividad, y:
- Obtener mayor coherencia del grupo al momento de la tormenta de ideas para listar los problemas.
- Evitar incluir en la definición de los problemas su solución, disfrazando la misma con frases como: falta de..., carencia de..., insuficiencia, etc. lo cual tiende a ser usual en los grupos poco experimentados. La preselección (actividad "e") se hace a través de una técnica de consenso rápido en grupo, que facilita la identificación en corto tiempo de los problemas, para luego, sobre todo los 3 o 4 fundamentales, hacen la selección final (actividad "f") con criterios más analíticos y cuantitativos, esto evita la realización de esfuerzos y cálculos comparativos entre problemas que obviamente tienen diferentes impactos e importancia.

3.5.1.2. SEGUNDO PASO: CUANTIFICACIÓN Y SUBDIVISIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD DE MEJORA SELECCIONADA.

El objetivo de este paso es precisar mejor la definición del problema, su cuantificación y la posible subdivisión en sub-problemas o causas síntomas.

Es usual que la gente ávida de resultados o que está acostumbrada a los *yo creo* y *yo pienso* no se detenga mucho a la precisión del problema, pasando de la definición gruesa resultante del 1er. paso a las causas raíces, en tales circunstancias los diagramas causales pierden especificidad y no facilitan el camino para identificar soluciones, con potencia suficiente para enfrentar el problema. Por ejemplo, los defectos en un producto se pueden asociar a la falta de equipos adecuados en general, pero al defecto específico, raya en la superficie, se asociará una deficiencia de un equipo en particular.

Debido a que tales desviaciones se han producido en varias aplicaciones de la metodología, hemos decidido crear este paso para profundizar el análisis del problema antes de entrar en las causas raíces.

Actividades:

Se trata de afinar el análisis del problema realizando las siguientes actividades:

- a. Establecer el o los tipos de indicadores que darán cuenta o reflejen el problema y, a través de ellos, verificar si la definición del problema guarda o no coherencia con los mismos, en caso negativo debe redefinirse el problema o los indicadores.
- b. Estratificar y/o subdividir el problema en sus causas-síntomas. Por ejemplo:

- El retraso en la colocación de solicitudes de compra, puede ser diferente según el tipo de solicitud.
 - Los defectos de un producto pueden ser de varios tipos, con diferentes frecuencias.
 - Los días de inventario de materiales pueden ser diferentes, según el tipo de material.
 - El tiempo de prestación de los servicios puede variar según el tipo de cliente.
 - Las demoras por fallas pueden provenir de secciones diferentes del proceso o de los equipos.
- c. Cuantificar el impacto de cada subdivisión y darle prioridad utilizando la matriz de selección de causas y el gráfico de Pareto, para seleccionar el (los) estrato(s) o sub-problema(s) a analizar.

3.5.1.3. TERCER PASO: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍCES ESPECÍFICAS.

El objetivo de este paso es identificar y verificar las causas raíces específicas del problema en cuestión, aquellas cuya eliminación garantizará la no recurrencia del mismo. Por supuesto, la especificación de las causas raíces dependerá de lo bien que haya sido realizado el paso anterior.

Nuevamente en este paso se impone la necesidad de hacer medible el impacto o influencia de la causa a través de indicadores que den cuenta de la misma, de manera de ir extrayendo la causa más significativa y poder analizar cuánto del problema será superado al erradicar la misma.

Actividades

- a. Para cada subdivisión del problema seleccionado, listar las causas de su ocurrencia aplicando la tormenta de ideas.
- b. Agrupar las causas listadas según su afinidad (dibujar diagrama causa-efecto). Si el problema ha sido suficientemente subdividido puede utilizarse la subagrupación en base de las 4M o 6M (material, machine, man, method, moral, management), ya que estas últimas serán lo suficientemente específicas. En caso contrario se pueden subagrupar según las etapas u operaciones del proceso al cual se refieren (en tal caso conviene construir el diagrama de proceso), definiéndose de esta manera una nueva subdivisión del subproblema bajo análisis.
- c. Cuantificar las causas (o nueva subdivisión) para verificar su impacto y relación con el problema y jerarquizar y seleccionar las causas raíces más relevantes. En esta actividad pueden ser utilizados los diagramas de dispersión, gráficos de Pareto, matriz de selección de causas.
- d. Repetir b y c hasta que se considere suficientemente analizado el problema.

3.5.1.4. CUARTO PASO: ESTABLECIMIENTO DEL NIVEL DE DESEMPEÑO EXIGIDO (METAS DE MEJORAMIENTO).

El objetivo de este paso es establecer el nivel de desempeño exigido al sistema o unidad y las metas a alcanzar sucesivamente.

Este es un paso poco comprendido y ha tenido las siguientes objeciones:

- El establecimiento de metas se contradice con la filosofía de calidad total y con las críticas de W.E. Deming a la gerencia por objetivos.
- No es posible definir una meta sin conocer la solución.
- La idea es mejorar, no importa cuánto.

- La meta es poner bajo control al proceso por tanto está predeterminada e implícita.

A tales críticas, hacemos las siguientes observaciones:

- Cuando estamos fijando una meta estamos estableciendo el nivel de exigencia al proceso o sistema en cuestión, respecto a la variable analizada, en función o bien de las expectativas del cliente, cuando se trata de problemas de calidad o del nivel de desperdicio que es posible aceptar dentro del estado del arte tecnológico, lo cual se traduce en un costo competitivo. En ambas vertientes la meta fija indirectamente el error no en que operamos; es decir, el no importa cuánto, la idea es mejorar, o que la meta consiste sólo en poner bajo control el proceso, son frases publicitarias muy buenas para vender cursos, asesorías y hasta pescar incautos, pero no para ayudar a un gerente a enfrentar los problemas de fondo: los de la falta de competitividad.
- La solución que debemos dar a nuestro problema tiene que estar condicionada por el nivel de desempeño en calidad y productividad que le es exigido al sistema. Bajar los defectuosos a menos de 1% tiene normalmente soluciones muy diferentes en costo y tiempo de ejecución a bajarlo a menos de 1 parte por mil o por 1 millón. El ritmo del mejoramiento lo fijan, por un lado, las exigencias del entorno, y por el otro, nuestra capacidad de respuesta, privando la primera. El enfrentamiento de las causas, el diseño de soluciones y su implantación debe seguir a ritmo que la meta exige.

En tal sentido, el establecimiento del nivel de desempeño exigido al sistema (meta) condicionará las soluciones y el ritmo de su implantación.

Actividades

Las actividades a seguir en este paso son:

- a. Establecer los niveles de desempeño exigidos al sistema a partir de, según el caso, las expectativas del cliente, los requerimientos de orden superior (valores, políticas, objetivos de la empresa) fijados por la alta gerencia y la situación de los competidores.
- b. Graduar el logro del nivel de desempeño exigido bajo el supuesto de eliminar las causas raíces identificadas, esta actividad tendrá mayor precisión en la medida que los dos pasos anteriores hayan tenido mayor rigurosidad en el análisis.

Algunos autores llaman a esta actividad «visualización del comportamiento, si las cosas ocurriesen sin contratiempos y deficiencias», es decir, la visualización de la situación deseada.

3.5.1.5. QUINTO PASO: DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE SOLUCIONES

El objetivo de este paso es identificar y programar las soluciones que incidirán significativamente en la eliminación de las causas raíces. En una organización donde no ha habido un proceso de mejoramiento sistemático y donde las acciones de mantenimiento y control dejan mucho que desear, las soluciones tienden a ser obvias y a referirse al desarrollo de acciones de este tipo, sin embargo, en procesos más avanzados las soluciones no son tan obvias y requieren, según el nivel de complejidad, un enfoque creativo en su diseño. En todo caso, cuando la identificación de causas ha sido bien desarrollada, las soluciones hasta para los problemas inicialmente complejos aparecen como obvias.

Actividades

- a. Para cada causa raíz seleccionada deben listarse las posibles soluciones excluyentes (tormenta de ideas). En caso de surgir muchas alternativas excluyentes antes de realizar comparaciones más rigurosas sobre la base de factibilidad, impacto, costo, etc., lo cual implica cierto nivel de estudio y diseño básico, la lista puede ser jerarquizada (para descartar algunas alternativas) a través de una técnica de consenso y votación como la Técnica de Grupo Nominal TGN).
- b. Analizar, comparar y seleccionar las soluciones alternativas resultantes de la TGN, para ello conviene utilizar múltiples criterios como los señalados arriba: factibilidad, costo, impacto, responsabilidad, facilidad, etc.
- c. Programar la implantación de la solución definiendo con detalle las *5W-H* del plan, es decir, el qué, por qué, cuándo, dónde, quién y cómo, elaborando el cronograma respectivo.

3.5.1.6. SEXTO PASO: IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES

Este paso tiene dos objetivos:

- Probar la efectividad de la(s) solución(es) y hacer los ajustes necesarios para llegar a una definitiva.
- Asegurarse que las soluciones sean asimiladas e implementadas adecuadamente por la organización en el trabajo diario.

Actividades

- a. Las actividades a realizar en esta etapa estarán determinadas por el programa de acciones, sin embargo, además de la implantación en sí misma, es clave durante este paso el seguimiento, por parte del

equipo, de la ejecución y de los reajustes que se vaya determinando necesarios sobre la marcha.

- b. Verificar los valores que alcanzan los indicadores de desempeño seleccionados para evaluar el impacto, utilizando gráficas de corrida, histogramas y gráficas de Pareto.

3.5.1.7. SÉPTIMO PASO: ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES DE GARANTÍA

El objetivo de este paso es asegurar el mantenimiento del nuevo nivel de desempeño alcanzado. Es este un paso fundamental al cual pocas veces se le presta la debida atención. De él dependerá la estabilidad en los resultados y la acumulación de aprendizaje para profundizar el proceso.

Actividades

En este paso deben quedar asignadas las responsabilidades de seguimiento permanente y determinarse la frecuencia y distribución de los reportes de desempeño. Es necesario diseñar acciones de garantía contra el retroceso, en los resultados, las cuales serán útiles para llevar adelante las acciones de mantenimiento. En términos generales éstas son:

- a. Normalización de procedimientos, métodos o prácticas operativas.
- b. Entrenamiento y desarrollo del personal en las normas y prácticas implantadas.
- c. Incorporación de los nuevos niveles de desempeño, al proceso de control de gestión de la unidad.
- d. Documentación y difusión de la historia del proceso de mejoramiento.

Esta última actividad es de gran importancia para reforzar y reconocer los esfuerzos y logros alcanzados e iniciar un nuevo ciclo de mejoramiento.

Términos básicos

➤ **Banda**

Es el producto final laminado a partir de un desbaste en el tren continuo y el cual es enrollado posteriormente.

➤ **Bobina**

Es el producto que se obtiene al someter una banda laminada en caliente a cualquier proceso adicional que involucre corte transversal, corte de extremo y/o rebobinado.

➤ **Causas**

Factores, variaciones o condiciones de un sistema que genera un comportamiento que afecta positiva o negativamente la salida de un producto.

➤ **Cuchilla Circular**

Instrumento compuesto de una hoja de acero circular ancha de una sola corte, dispuesta de manera que pueda ser colocada en los ejes de los bastidores.

➤ **Decapado**

El decapado es el proceso que permite eliminar el óxido superficial de la banda mediante una reacción química a través de la inmersión de la banda en una solución de ácido clorhídrico.

➤ **Encalle**

Parada de la línea por atascamiento de la lámina o banda en cualquier punto del sistema.

➤ **Mandril**

Pieza cilíndrica de la máquina que se encarga de sujetar el objeto a trabajar.

➤ **Máquinas**

Es un conjunto de instrumentos confinados que reciben una cierta energía para transfórmala y restituir en forma más apropiada o para producir efectos determinados.

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

En el marco metodológico de la presente investigación se describe el tipo de estudio, el diseño de investigación, la población y muestra y los instrumentos que se van a utilizar para la recolección de datos basándose en hechos reales.

5.1. Tipo de estudio

Según ROSA ROJAS DE NARVÁEZ “En la sección denominada tipo de estudio se indica: ¿Qué tipo de estudio o de investigación fue desarrollado?. Y se justifica el tipo de estudio o investigación realizado desde el punto de vista teórico y desde la perspectiva del problema de investigación y los objetivos del estudio”. (pág. 153)

La investigación se basa en un estudio no experimental y se considera de tipo descriptiva y aplicada, debido a que todo se hará bajo un enfoque sistemático a través de la descripción y análisis del proceso de corte de bordes de la línea de Decapado II.

- Descriptiva: Es un tipo de estudio rígido en el cual se describen características y se generalizan varios fenómenos similares, mediante la exploración y descripción de situaciones de la vida real.
- Aplicada: el objetivo principal es mejorar el proceso y cumplir con la producción programada.

5.2. Diseño de investigación

Atendiendo a los objetivos delimitados, la investigación se orienta hacia un Diseño de Campo. Por cuanto, este diseño de investigación no solo se basa en observar, sino recolectar los datos directamente de la realidad del objeto de estudio, en su ambiente cotidiano, para posteriormente analizar e interpretar los resultados.

Según ROSA RÓJAS NARVÁEZ “La investigación de campo se realiza observando el grupo o fenómeno en su ambiente natural y permite investigar las prácticas, comportamientos, creencia y actitudes del individuo o grupos, tal como se presenta en la vida real”. (pág. 36)

5.3. Población y Muestra

Según ROBERTO HERNANDEZ SAMPIER I “Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Selítiz, 1974). La muestra suele ser definida como un subgrupo de la población (Sudman, 1976)”. Para efectos del estudio a realizar se tomó como población a todas las causas que generaron encalles en la cortadora de bordes y la muestra a seleccionada fue el período a evaluar en la investigación, tomando en cuenta para el análisis las causas que generen más demoras.

5.4. Recursos

Dentro de la investigación que se va a realizar en el área de Decapado de la Gerencia de Laminación en Caliente, se van a utilizar las siguientes herramientas para la realización del estudio.

- a) Lápiz.
- b) Hojas.
- c) 1 Cámara.
- d) 1 Teléfono celular.
- e) 1 computadora.
- f) Formatos para registros de demoras.

5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En función de los objetivos planteados en el presente estudio, ubicado dentro de la investigación descriptiva. Se emplearon una serie de instrumentos y técnicas para la recolección de información, orientada de manera esencial a alcanzar los fines propuestos.

Las técnicas a utilizar son las siguientes:

- **Observación Directa**

Esta se realizó en las tres (3) zonas de la línea de Decapado II, la primera en la zona de entrada donde se preparan las bandas en forma de rollo para ser soldadas en una banda continua, la segunda en la zona de proceso donde se realiza la limpieza del óxido superficial de la bobina al pasar por los tanques que contienen ácido clorhídrico y la tercera en la zona de salida donde se realiza el corte de bordes de la bobina.

Mediante este instrumento se logró visualizar de forma general donde se están generando los defectos en el material procesado.

- **Entrevista no estructurada**

En el desarrollo de esta investigación se realizaron entrevistas al personal de ingeniería y a los operadores de la línea, con la finalidad de recolectar información para llevar a cabo la investigación.

- **Revisión Documental**

Para la realización de este trabajo de investigación fue indispensable revisar las fuentes bibliográficas tales como libros, enciclopedias, tesis, entre otros que guardan relación con el tema, con el fin de sustentar teórica y objetivamente el estudio.

5.6. Procedimiento Metodológico.

Para obtener la información necesaria se realizaron los siguientes pasos:

1. Recopilación y revisión de información sobre las actividades y el proceso que se realiza en el área de decapado, con el fin de tener noción del proceso que se lleva a cabo en el área.
2. Recorrido por el área de decapado, para observar de forma directa el proceso y así diagnosticar la situación actual de la zona.
3. Búsqueda de información sobre la cortadora de bordes por la intranet de la empresa.
4. Entrevistas con operadores de la línea de entrada para aclarar dudas sobre los defectos provenientes del laminador.
5. Tomar notas de los encalles generados en la cortadora de bordes, con sus respectivas causas.
6. Descargar de la intranet la producción de las líneas de Decapado, para realizar un análisis comparativo y determinar cuál de las líneas ha sido más afectada por defecto de encalles.

7. Entrevista no estructurada con el personal operadores de la cortadora de bordes, así pudiendo establecer una secuencia lógica de las actividades que allí se realizan.
8. Actualizar registro de demoras por encalles, para llevar la secuencia de las interrupciones.
9. Entrevistas con los operadores de las cuatro (4) cuadrillas de la cortadora de bordes para elaborar una tormenta de ideas sobre las posibles causas que están generando los encalles y de esta manera realizar el plan de mejoras.
10. Determinar la productividad de la línea, para analizar el impacto económico que generan las demoras por defecto de encalles.
11. Organización de la información recolectada.
12. Procesamiento de la información empleando la herramienta de Excel, en función de dar cumplimiento a los objetivos específicos para la presentación de los resultados.

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL

La Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” tiene como objetivo principal comercializar y fabricar productos de acero con altos niveles de productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo prioritariamente al sector transformador nacional como base del desarrollo endógeno, con eficiencia, productiva y talento humano altamente calificado, Sidor cuenta con una planta de producción de gran capacidad integrada por una planta de pellas, un complejo de reducción directa y dos grandes complejos productivos: el complejo de productos largos y el complejo de productos planos.

Cabe mencionar que la Planta o Complejo de productos Planos en caliente, diseñada para producir 2.8 millones de toneladas de Bobinas y Laminas en caliente, está integrada por un laminador compuesto de dos hornos de calentamiento, un cuarto reversible de laminación continuo de seis bastidores y tres enrolladores; adicional cuenta con dos líneas de corte en caliente, una línea de Skin Pass y dos líneas de decapado.

Hoy en día la línea de Decapado continuo II no se encuentra en condiciones estándar para la realización del proceso que se lleva a cabo en la misma, ya que presentan deficiencia de equipos, por falta de inversión, por lo que es mayor el nivel de exigencia hacia los equipos que se encuentran físicamente en el área.

Cabe señalar, que en esta línea se han presentado varios eventos que generan encalles en la cortadora de bordes, interrumpiendo el proceso y por tanto provocando desviaciones en la producción programada.

Son muchos los factores que ocasionan esta problemática, en la línea productiva, entre las principales se tienen:

- Defectos en material proveniente del Laminador en Caliente.
- Defectos en material generados en los Decapados.
- Por problemas de equipos.

Los encalles representan una de las principales causas de demoras para la línea de Decapado II puesto que el porcentaje de disponibilidad no programado para este tipo de eventos supera al programado generando así impacto negativo en la producción.

En el gráfico 1, con un registro de el periodo de Enero- Octubre del presente año 2013, se puede observar el porcentaje (%) de disponibilidad de las actividades tanto operativas como no operativas de la línea de Decapado II, el registro de las demoras generadas por encalles eventos sucedidos en la cortadora de bordes, se cargan en encalles y se puede observar que tiene un impacto en los tiempos no disponibles.

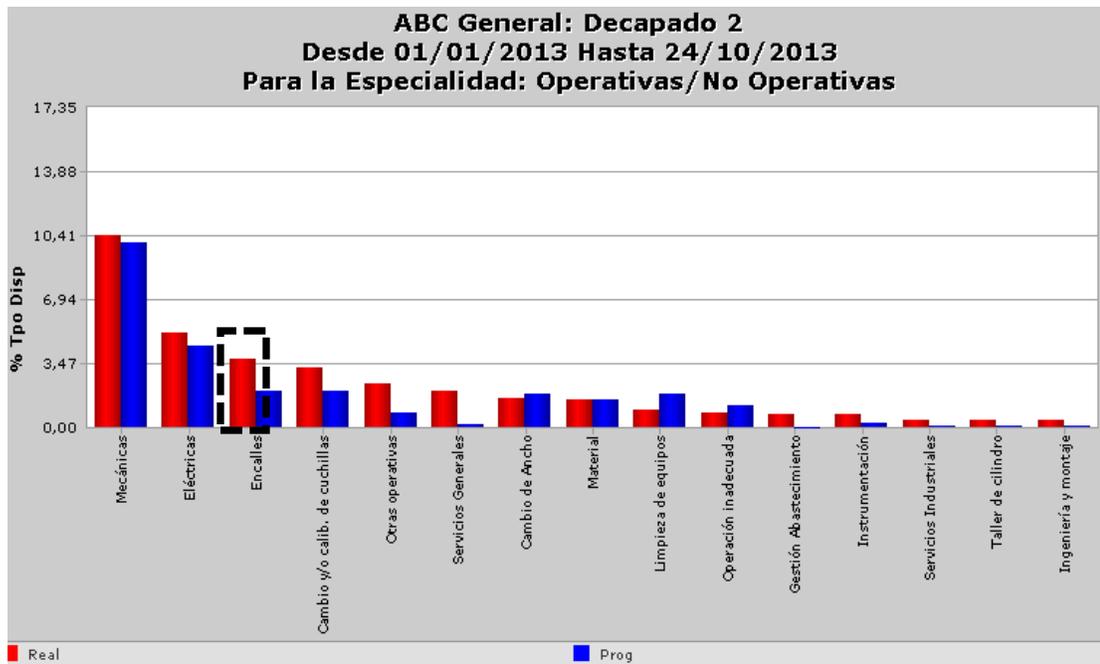


Gráfico 1: % de disponibilidad por actividades Real Vs Programado.

Fuente: Intranet Sidor- Visual flash

5.1. Layout de Decapado.

A continuación se muestra el diseño desde la vista de planta (vista superior), donde se puede observar la distribución de la planta de Decapado. Permitiendo de esta manera entender cuál es la dirección del proceso, donde comienza y donde termina. (Véase figura 15)

LAMINACIÓN EN CALIENTE (DECAPADOS)

103 SKIN PASS

104 PATIO DE BOBINAS

105 ENTRADA DECAPADOS

106 SALIDA DECAPADOS

107 LCTC 2

108 J-10, J-11

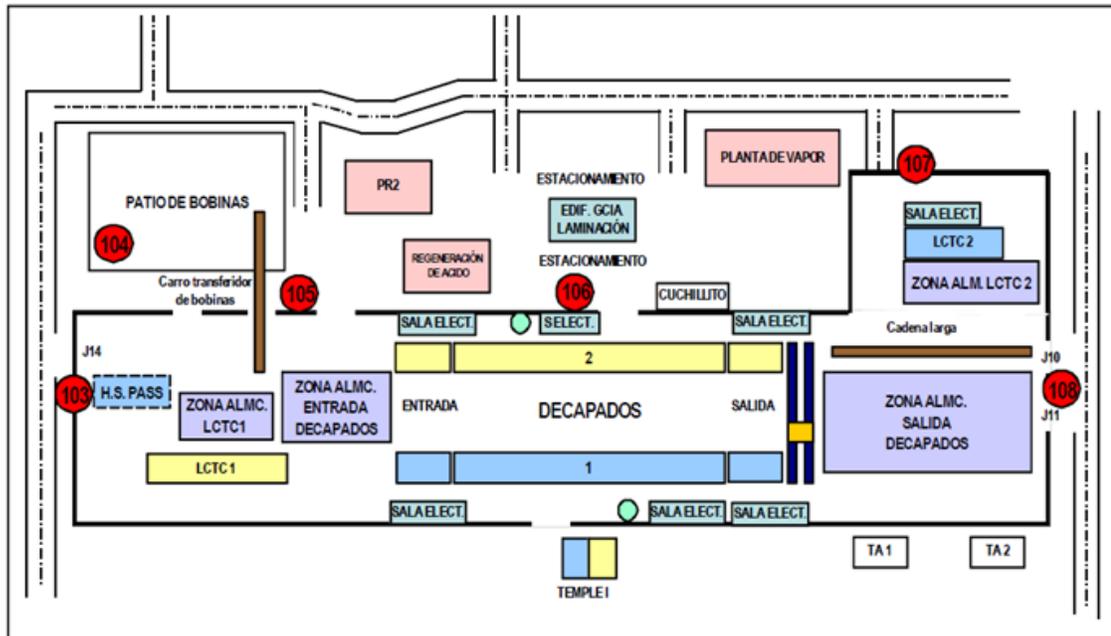


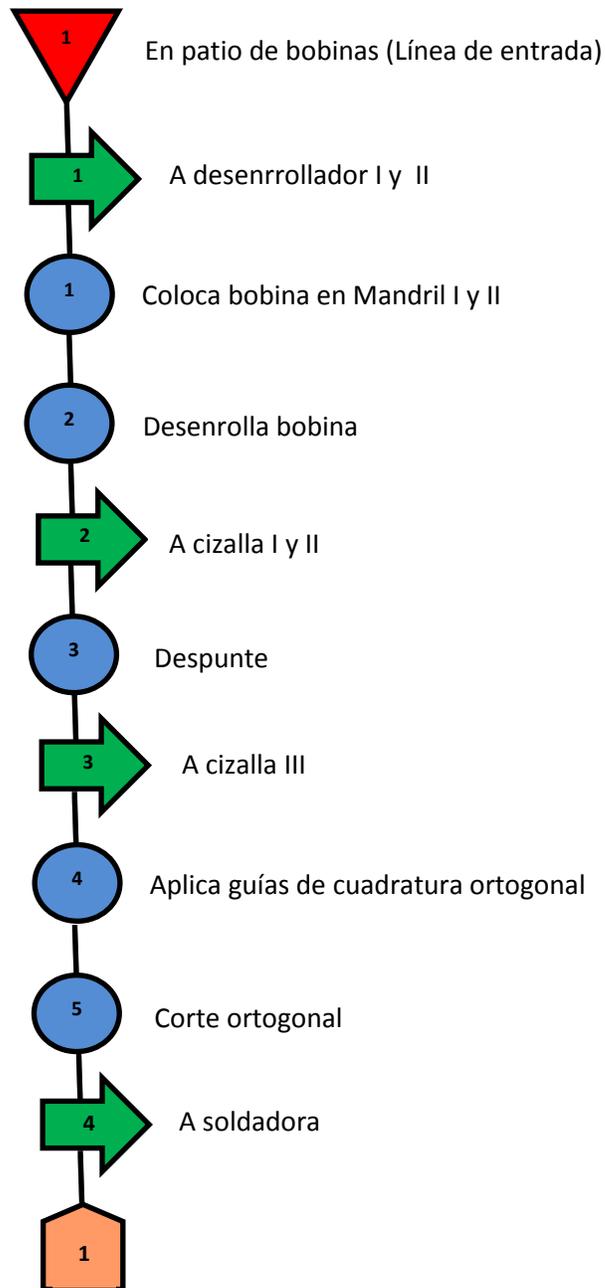
Figura 16: Diseño del área de los Decapados (vista de planta).

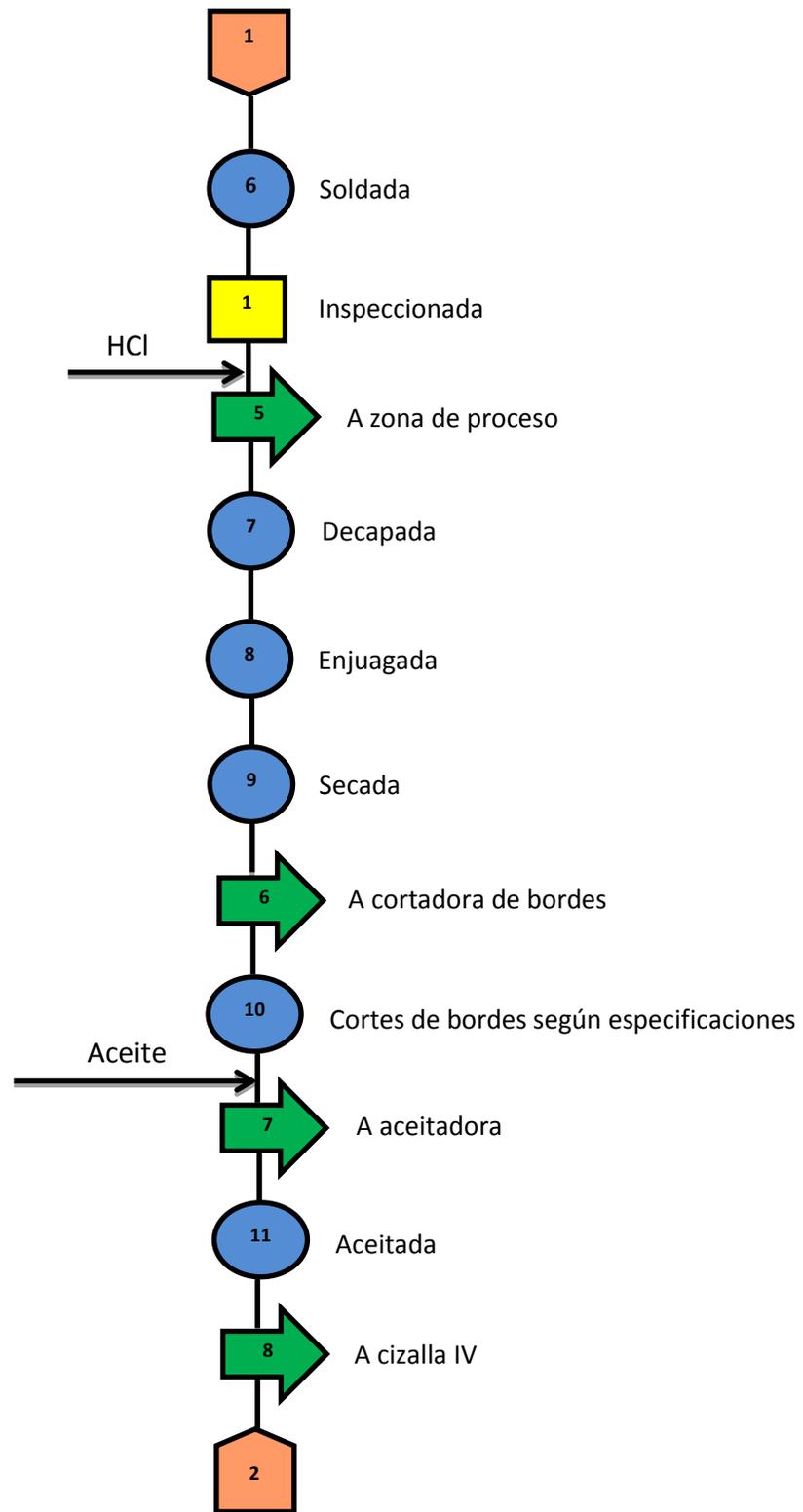
Fuente: Intranet Sidor

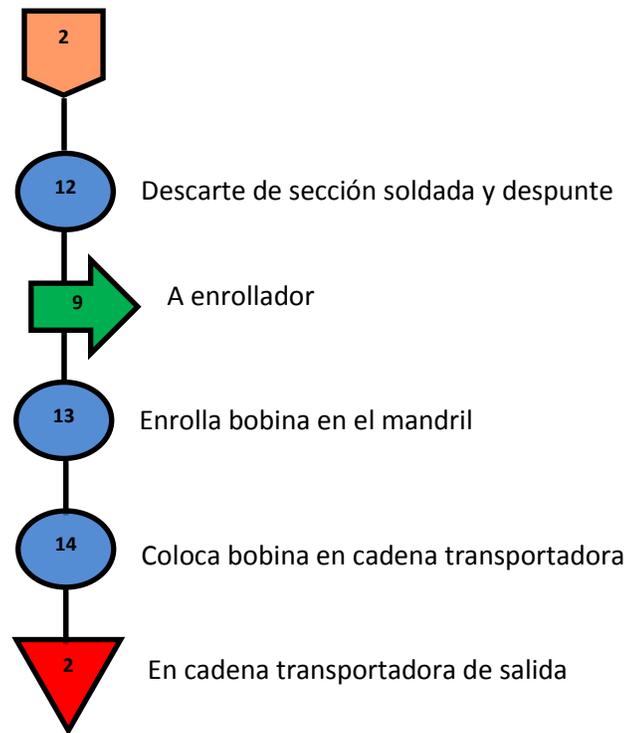
- Tanques de ácido (HCL)
- Tanques de ácido (HCL)
- Lavador de gas
- Suptcia. Servicios

5.2. Diagrama de Proceso de Decapado.

A continuación se muestra el diagrama de proceso de Decapado, por medio de este se pueden observar las distintas actividades realizadas en la línea de entrada, la zona centro de proceso y la línea de salida.







RESÚMEN

ACTIVIDAD		NÚMERO
	OPERACIÓN	14
	TRANSPORTE	9
	INSPECCIÓN	1
	ALMACENAMIENTO	2
TOTAL		26

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se dan a conocer los resultados de los objetivos formulados en el trabajo de investigación, para ser analizados y proponer posibles soluciones.

A continuación se expone el desarrollo de los objetivos planteados:

6.1. Cuantificar las demoras por encalles de los Decapados I y II, para determinar cuál de las líneas ha estado más crítica en la producción.

Sidor dentro de su infraestructura posee las líneas de Decapado I y II, las cuales se encargan de decapar las bandas provenientes de Laminación en Caliente. Cabe destacar, que ambas líneas han presentado problemas de desvíos en la producción, por las demoras operativas atribuidas a los encalles en las cortadoras de bordes. Por tal razón, surgió la necesidad de realizar un análisis estadístico de las demoras por defectos de encalles a través de la información disponible en la base de datos, en el período Enero 2010-Abril 2013 (véase tabla 2), para determinar cual de estas líneas fue más afectada por dicha problemática.

Tabla 2: Total de Demoras por Encalles-Decapado I

Año	Total Dem (Hrs.)
2010	64,21
2011	63,93
2012	73,87
2013	0

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 2 muestra el total de demoras generadas por encalles en la cortadora de borde del Decapado I de Laminación en Caliente. A partir de dicha tabla se elaboró una gráfica con el total de demoras que se generaron en los años estudiados, (véase gráfica 2)

Evolutivo de Demoras por Encalles en C/B DC_1

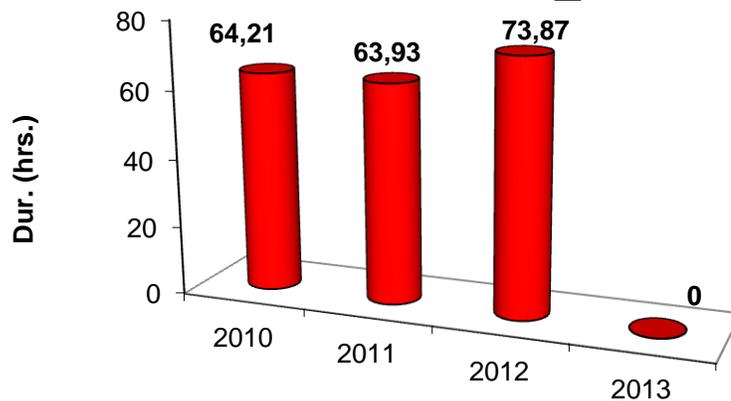


Gráfico 2: Evolutivo de Demoras por encalles Decapado I.

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en el gráfico 2, que en el año 2012 se generaron más demoras por encalles en comparación con los demás años estudiados. Gran parte de las interrupciones en el respectivo año fueron por problemas en los equipos, entre los principales se tienen: desgastes en cabezales, desalineación en guía N° 6 y también por ciertos defectos en material generados en la línea de Decapado I, tales como: ondulaciones, bordes agrietados, bordes doblados y soldadura descuadrada, afectando de tal manera el desarrollo óptimo y progresivo del proceso productivo.

Por otra parte, se determinó el total de demoras por encalles de la línea de Decapado II, donde se obtuvieron los siguientes resultados, (Véase tabla 3):

Tabla 3: Total de Demoras por Encalles-Decapado II

Año	Total Dem (Hrs.)
2010	120,99
2011	228,18
2012	171,46
2013	21,89

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3 se presenta el total de demoras por encalles en la cortadora de borde del Decapado II, seguido de esto se elaboró una gráfica con el total de demoras que se generaron en el período estudiado, (véase gráfica 3)

Evolutivo de Demoras por Encalles en C/B DC_2

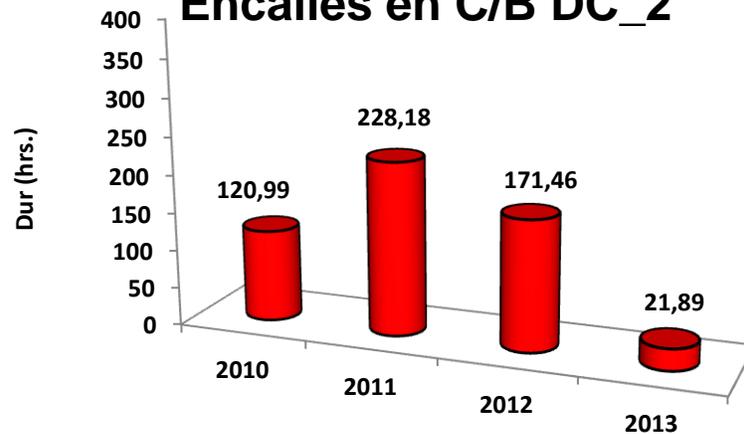


Gráfico 3: Evolutivo de Demoras por encalles Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar en el gráfico 3, que para el año 2011 la línea de Decapado II presentó más interrupciones por encalles en la cortadora de borde. Un 63% aproximadamente del total de demoras por encalles generadas en el año correspondiente fueron por defectos en material provenientes del Laminador, entre los principales defectos que se presentaron se tienen los siguientes: punta de sable, ondulaciones y variación o falso ancho.

En la tabla 4 se puede observar de manera precisa el total de demoras por encalles de ambas líneas de Decapado:

Tabla 4: Total Demoras por Encalles Decapados I y II

Total Demoras por Encalles (Hrs.)				
Línea	2010	2011	2012	2013
Decapado I	64,21	63,93	73,87	0
Decapado II	120,99	228,18	171,46	21,89

Fuente: Elaboración Propia

Una vez presentado los resultados en la tabla anterior se procedió a comparar el total de demoras por encalles generadas en ambas líneas, donde se observa que la línea de Decapado II ha sido la más afectada por los encalles en la cortadora de borde, por los diferentes eventos que se presentan en la misma, y además por las condiciones en que se encuentra la línea actualmente.

Es importante recalcar que por las constantes interrupciones que se generan en las líneas, no se cumple con la producción programada. Los encalles en la cortadora de borde es un problema que afecta de manera directa a la producción, ya que estos al generarse se debe detener la línea para que el operador normalice la avería ocasionada, al igual cuando disminuyen la velocidad de la línea por procesar material que presenta defectos.

La disminución de los encalles en la cortadora de borde es darle continuidad al proceso para obtener la producción que se programa para cada turno y de esta manera garantizar el mayor número de bobinas procesadas para los demás procesos productivos.

Una vez determinada la línea más afectada por demoras generadas por encalles, se procedió a analizar el impacto de las mismas en la producción; siendo así, se determinó la pérdida de producción a ambos Decapados en el período 2010-2013, para esto, fue necesario conocer la productividad neta programada y el total de demoras generadas por encalles.

A continuación se presentan en las tablas 5 y 6 la productividad neta programada de las líneas de Decapado I y II para el período estudiado y el total de demoras generadas por encalles en los respectivos años:

Tabla 5: Productividad neta Prog y Total de Demoras por encalles Decapado I

DECAPADO I		
Año	Total Demoras por Encalles(Hrs)	Productividad Neta prog,(Tns/Hrs)
2010	64,20	129,80
2011	63,93	67,61
2012	73,87	150,88
2013	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6: Productividad neta Prog y Total de Demoras por encalles Decapado II

DECAPADO II		
Año	Total Demoras por Encalles(Hrs)	Productividad Neta prog,(Tns/Hrs)
2010	120,99	115,50
2011	228,18	123,00
2012	171,46	108,99
2013	21,89	30,19

Fuente: Elaboración Propia.

Aplicando la relación (°), se determinó la pérdida de producción:

$$Pérdida de Producción = Productividad Neta Prog. * Total de Demoras por Encalles \quad (°)$$

$$\% \text{ Pérdida de Producción} = \frac{Pérdida de Producción Anual * 100}{Total Pérdida Producción}$$

Seguido a esto, se construyó una tabla por Decapados que refleja la pérdida de producción y el porcentaje que representa la misma para cada año. (Véanse tabla 7 y 8).

Tabla 7: Pérdida de Producción Decapado I.

DECAPADO I		
Año	Pérdida de Producción	% de Pérdida de Producción
2010	8333,16	35,01
2011	4322,31	18,16
2012	11145,51	46,83
2013	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8: Pérdida de Producción Decapado II.

DECAPADO II		
Año	Total Pérdida Producción	% Pérdida Producción
2010	13974,35	22,79
2011	28006,14	45,67
2012	18687,43	30,47
2013	660,86	1,08

Fuente: Elaboración Propia.

El siguiente gráfico muestra el porcentaje de pérdida de producción de ambas líneas de Decapado. (Véase gráfico 4)

% Pérdida de Producción Decapado I y II

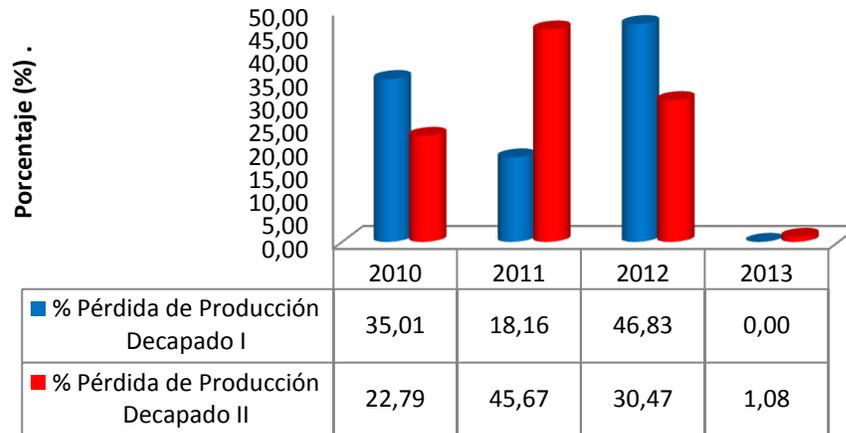


Gráfico 4: Representación porcentual de Pérdida de Producción_ Decapados

Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico 4 se aprecia el porcentaje (%) de pérdida de producción de ambos Decapados, donde se observa que en los años 2010 y 2012 el Decapado I tuvo más pérdida de producción en comparación con el Decapado II, a pesar de que en esos dos años el Decapado II tuvo aproximadamente un 50% más en demoras por encalles. Es importante acotar, que en esos años el programa de producción para el Decapado I fue mayor que la del Decapado II, siendo este el factor por el cual el Decapado I reflejó más pérdida de producción. Sin embargo, la línea de Decapado II sigue siendo la más crítica, la más impactada por las constantes interrupciones que se presentan, por las condiciones en las que se encuentra y que se está procesando.

Finalmente, se pudo determinar que la línea de Decapado II, ha sido la más afectada por dicha problemática, en comparación con el Decapado I, además, se determinó el impacto de las demoras por concepto de encalles

en la producción. Por consiguiente, se seleccionó esta línea para el desarrollo del trabajo de investigación, haciendo seguimientos continuos para analizar las posibles causas que generan los encalles y posteriormente elaborar un plan de mejora, con el fin de disminuir la problemática en la línea.

6.2. Diagnosticar la situación actual de la línea de Decapado II, para identificar las condiciones sub-estándar del proceso que generan encalles en la cortadora de bordes.

La planta de Decapado está compuesta por dos líneas productivas denominadas Decapado I y II. Su función principal es realizar, a las bobinas provenientes del laminador continuo en caliente, una limpieza mediante ácido clorhídrico a temperatura en el orden de 80° C, a fin de retirar de la superficie las impurezas (óxido) que trae el material. Los productos obtenidos son: Bobinas decapadas para la venta directa (VD) y Bobinas decapadas para el proceso de Laminación en frío.

Ambas líneas de Decapado se dividen en tres zonas:

- Zona de entrada: Su principal función es la de preparar las bandas en forma de rollo para ser soldadas y formar una banda continua, permitiendo esto acelerar el proceso de decapado.

La zona de entrada está conformada por los siguientes equipos:

- Desenrollador.
- Niveladora.
- Cizalla.
- Máquina soldadora Miebach.

- Zona de proceso: en esta se realiza la limpieza del óxido superficial de la bobina al pasar por los tanques que contienen ácido clorhídrico.

Esta zona cuenta con los siguientes equipos:

- Tanques de HCL.

- Carros acumuladores.
- Zona de enjuague.
- Zona de secado.

- Zona de salida: en esta se realiza el corte de bordes a la bobina, generando así el ancho requerido por el cliente, además de poder dar cumplimiento con los estándares de calidad. Posteriormente se aplica una capa de aceite mediante una aceitadora electrostática previniendo la aparición de óxido, luego es enhebrada, enrollada y colocada en la cadena transportadora de salida.

- Cortadora de borde
- Máquina aceitadora.
- Cizalla.
- Enrolladores.
- Carro porta bobina.
- Cadena transportadora de salida.

Para el siguiente diagnóstico se determinaron por zonas, los equipos de la línea de Decapado II, que presentan problemas y que pudieran estar generando defectos al material procesado, tales como: niveladora II, máquina soldadora, carros acumuladores y tronzadora de chatarra.

La zona de entrada del Decapado cuenta con dos niveladoras, cuya función es corregir ciertas ondulaciones que trae la banda del laminador en caliente, (véase figura 17)



Figura 17: Niveladora II- Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe mencionar, que los rodillos de la niveladora se deben inspeccionar cada 6 meses aproximadamente, para evaluar el estado en que se encuentran y así saber cuando deben ser reemplazados.

Sin embargo, los rodillos de la niveladora II del Decapado II no han sido sustituidos desde hace 4 años aproximadamente, por falta de repuestos, por tanto, no se encuentran en óptimas condiciones para la realización del proceso; debido a que presentan cierto grado de conicidad (véase figura 18), generando en la mayoría de los casos, defectos secundarios al material. (Véase figura 19). Por consiguiente, se hace más propenso la generación de encalles en la zona de salida del Decapado.

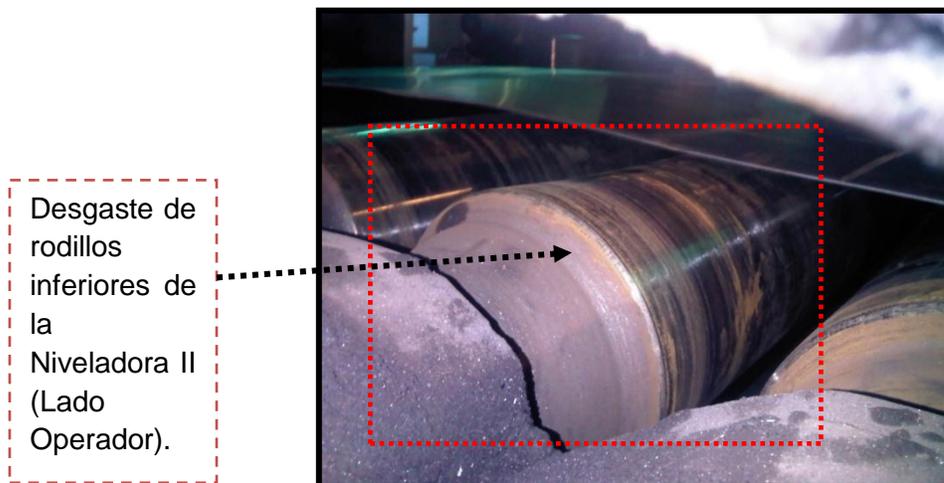


Figura 18: Rodillos Niveladora II- Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia.

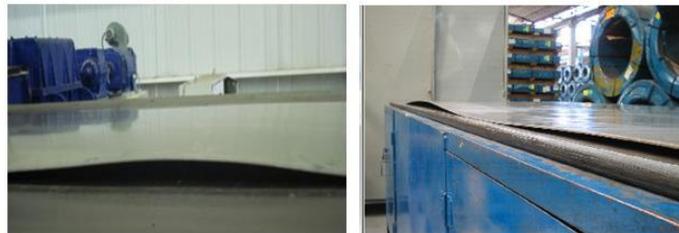


Figura 19: Ondulaciones en material decapado.

Fuente: Catálogo de defectos.

Por otra parte, la zona de entrada también cuenta con otro equipo importante para la realización del proceso continuo, la cual es la máquina soldadora (Miebach), (véase figura 20), cuya función es unir punta y cola de las bobinas para darle continuidad al proceso.



Figura 20: Máquina soldadora Miebach Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia.

Antes de llevarse a cabo el proceso de soldadura, se realizan tres pasos de suma importancia, siendo estos los siguientes: primero se centra la banda por medio de cuatro (4) centradores de canto, luego se gradúa el espacio con una espada calibradora, seguido a esto se sujeta punta y cola de la banda por medio de mordazas, y por último se realiza el proceso de soldadura.

Cabe destacar, que durante el período de estudio (mayo 2013) el centrador N° 4 de la máquina soldadora presentó problemas con el cilindro relativo que centra la banda (véase figura 21); por lo tanto, se originaron con frecuencia varios eventos por soldadura descuadrada en la zona de salida de la línea, específicamente en la cortadora de borde del Decapado II. En consecuencia, las constantes interrupciones causaron retrasos en la producción.



Figura 21: Centraores de canto-Máquina soldadora-Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia.

El área de Decapado cuenta con tres carros acumuladores (dos de entrada y uno de salida), la función de este sistema es acumular material para que el proceso no sea interrumpido mientras se realiza el proceso de soldadura en la entrada de la línea. (Véase figura 22).



Figura 22: Carro acumulador salida Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia.

El carro acumulador es halado por un cabrestante (véase figura 23), conformado por una guaya para que este cargue y descargue, un motor y un reductor para disminuir las RPM.



Figura 23: Cabrestante- Decapado II.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta área también cuenta con una vía de rodillos transferidores de banda (véase figura 24), cuyos rodillos, por diseño, no están alineados paralelamente sino que tienen una diferencia de ángulos de 0 a -10 entre chumaceras; con el fin de mantener la banda centrada durante todo el proceso.



Figura 24: Vía de rodillos Decapado II

Fuente: Elaboración Propia.

Actualmente, por inspecciones realizadas en el Decapado se pudo evidenciar que algunos rodillos no están en perfectas condiciones, ya que presentan desgastes, por sobrepasar su tiempo de vida útil (véase figura 25), por consiguiente, se han generando con frecuencia eventos como desvíos de bandas, donde ésta se golpea contra los rieles de la vía de rodillos y se doblan los bordes, afectando la calidad del material y ocasionando encalles en la cortadora de bordes.



Figura 25: Rodillo desgastado

Fuente: Elaboración Propia.

La vía de rodillos del Decapado II también está compuesta por un conjunto de brazos sostenedores de banda, siendo un total de 84 pares de brazos, incluyendo tanto los de la entrada como los de la salida, ubicados en las columnas impares de la nave, (véase anexo 1 y 2). Estos funcionan con una presión de accionamiento de 7 Bar, lo que equivale a 700 KN/m². Su función principal es mantener la banda separada una de otra, para evitar que estas rocen entre sí (véase figura 26).



Figura 26: Par de brazos sostenedores de banda.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se muestra en la tabla nº 9 las distintas partes que deben contener los brazos sostenedores de banda.

Tabla 9: Partes de los Brazos Sostenedores de banda.

DECAPADO II	
Componente	Componente
Manguera	Rodillos Horizontales
Conectores	Válvula de cuatro vías
Cilindro (Lado Operador)	Tornillería
Cilindro (Lado Motor)	Base de Apoyo
Brazos (Lado	Soporte de Apriete

Operador)	
Brazos (Lado Motor)	Tubería
Copa (Lado Operador)	Conjunto de filtros
Copa (Lado Motor)	Válvula de bola
Pasador	Horquillas
Tuerca	Base de Horquillas
Válvulas reguladoras	Pernos de Seguridad
Bloque	Rodamiento de Platos Giratorios
Plato	Tapa de Sujeción del Plato
Rodillos Verticales	Rodamientos de rodillos
Rodillos Horizontales	Chumacera de Apoyo de Rodillos
Válvula de cuatro vías.	

Fuente: Elaboración Propia.

La vía de rodillos posee un total de 42 pares de horquillas, 42 pares de rodillos verticales y 42 pares de rodillos horizontales.

Una vez que los carros acumuladores se desplazan por los rieles y hacen contacto con las horquillas, estas por medio de una válvula de aire comprimido de cuatro vías accionan los brazos sostenedores de banda para darle paso al carro acumulador y así continuar con el proceso.

La problemática radica cuando hay fugas en las válvulas, debido a que el sistema pierde fluido (aire comprimido) y por ende, los brazos sostenedores de banda dejan de abrir y cerrar al mismo tiempo; en la mayoría de los casos, cuando sucede este problema, la banda es golpeada por los mismos; provocando rotura en los bordes del material; siendo éste uno de los principales causantes actualmente de encalles en la cortadora de bordes, por parte de los defectos generados por los equipos que compone la línea.

Cabe recalcar, que el paso de los carros acumuladores de la entrada se encuentra limitado desde la columna 3 hasta la columna 23, así como también el paso del carro de la salida, está limitado desde la columna 19

hasta la columna 32, puesto que los brazos están fuera de servicio por falta de repuestos.

Siendo así, se seleccionó un par de brazos sostenedores de banda para evaluar su estado actual. (Véase figura 27.)



Figura 27: Brazo Sostenedor- Columna 25 Decapado II

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se muestran los repuestos faltantes del par de brazo sostenedor de banda de la columna 25 del Decapado II.

Tabla 10: Repuestos faltantes del Par de brazo Sostenedor - Columna 25

DECAPADO II
Componente
Copa Superior(Lado Operador)
Pasador
Válvulas reguladoras
Soporte de Aprieto
Horquillas
Base de Horquillas
Rodamiento de Platos Giratorios

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera, se puede justificar el motivo por el cual los carros acumuladores se encuentran limitados, debido a que algunos de éstos carecen de repuestos y deben permanecer fuera de servicio, afectando de manera directa a la producción, ya que al originarse algún evento en la línea, se debe disminuir la velocidad en la entrada del Decapado; para que se vaya acumulando material mientras se soluciona la avería, pero como dichos carros están limitados, entonces las demoras tienden a prolongarse y en consecuencia la producción programada se ve afectada.

Por medio de inspecciones durante el período de estudio, se pudo evidenciar que a pesar de que el paso de los carros está limitado, existen brazos sostenedores de banda que carecen de algunos repuestos y que permanecen en servicio; siendo esto, un factor causante de desvíos de bandas; eventos que se generan constantemente en esta zona del Decapado.

La zona de salida del Decapado II posee una tronzadora de chatarra (véase figura 28), este es un dispositivo giratorio que dispone de 5 cuchillas, con una separación de 72° entre las mismas, cuya función es separar en trozos transversales el fleje que se produce al cortar el borde del material decapado.



Figura 28: Tronzadora de chatarra Decapado II- Lado operador.
Fuente: Elaboración Propia.

Los tronzadores de chatarra están conformados por: cuchillas, cuñas y un cabezal (véase figura 29). Estos son llevados al taller de cilindros I donde el técnico de turno se encarga de realizar la debida suplementación, montaje y rectificado de las cuchillas. En caso de que la rectificadora no se encuentre en condiciones óptimas para realizar el rectificado de las cuchillas, éstas no realizarían el corte requerido, además, si no son bien montadas y suplementadas pudiera ocurrir el caso en que se desprenda alguna de sus cuchillas durante el proceso.



Figura 29: Cabezales
Fuente: Elaboración Propia.

Sumado a esto, las cuchillas tienen un tiempo de vida útil de trabajo de 3 mil toneladas, establecidas en la práctica operativa de la línea, sin embargo, en ocasiones se incumple con esta norma y se continúa trabajando con las mismas, porque se considera que todavía pueden continuar con su proceso de corte, debido a este incumplimiento el encalle por mal corte es evidente, ya que en poco tiempo el material no es cortado sino mordido. (Véase figura 30).



Figura 30: Fleje mordido
Fuente: Elaboración Propia.

Por otra parte, los tronzadores de chatarras deben cumplir con una *velocidad de sincronismo*, la cual debe estar comprendida entre un 10% y un 12% aproximadamente mayor a la velocidad de la línea, para garantizar un buen corte y así evitar el acumulamiento de material en esta zona (encalles).

Para obtener un corte óptimo del material entre cabezal superior e inferior, se debe utilizar el instrumento de calibración (especímetro), dando una separación de 0.1 mm entre cuchillas. (Véase figura 31).



Figura 31: Instrumento de calibración (Especímetro)

Fuente: Práctica operativa

En la tabla 11 se muestra los valores de galgas de especímetros para la calibración de cuchillas para cabezales:

Tabla 11: valores de galgas de espécimetro para la calibración de cuchillas de los cabezales tronzadores.

Espesor del material	Galga 1 (mm)	Galga 2 (mm)
2,00 a 2,09	0,203	0,000
2,20 a 2,41	0,229	0,000
2,42 a 2,67	0,254	0,000
2,68 a 2,90	0,279	0,000
2,95 a 3,16	0,305	0,000
3,19 a 3,50	0,330	0,000
3,57 a 3,67	0,356	0,000
3,70 a 3,91	0,381	0,000
3,97 a 4,15	0,406	0,000
4,21 a 4,47	0,432	0,000
4,50 a 4,72	0,457	0,000
4,75 a 4,89	0,483	0,000
5,00 a 5,08	0,508	0,000
5,10 a 5,25	0,510	0,000
5,32 a 5,50	0,533	0,000
5,59 a 5,75	0,533	0,038
5,84 a 5,85	0,533	0,051
6,00 a 6,15	0,533	0,076
6,25	0,635	0,000

Fuente: Práctica Operativa Decapado

La tabla anterior muestra cada uno de los espesores que se procesan en los Decapados y las galgas que corresponden para cada uno. Se pudo notar durante el seguimiento realizado, que en la mayoría de los casos, no se cumple con lo establecido en la tabla mostrada anteriormente, es decir, no se

realiza el proceso de calibración de cuchillas de los cabezales como es debido, ya que no se utiliza el instrumento adecuado (especímetro), sino que este proceso se realiza en función de la experiencia del operador, generando en muchas ocasiones una separación incorrecta entre las cuchillas, trayendo como consecuencia roturas entre los filos de las mismas, y por consiguiente, se presentan encalles frecuentemente al nivel de la salida de esta zona.

De manera general, se puede decir que la Línea de Decapado II presenta deficiencias en cuanto al funcionamiento de los equipos que la componen, siendo esto, el principal factor causante de las demoras que se generan en la misma, afectando de manera directa a la producción. A pesar de que la línea ha sido sometida a varias paradas para solventar las constantes fallas que se presentan durante el proceso, no se ha logrado por completo solucionar los problemas para que la línea opere en su máxima capacidad; esta situación limita a la línea a operar bajo las condiciones sub-estándares en las que actualmente se encuentra.

6.3. Analizar las causas que generan demoras por concepto de encalles, utilizando la caracterización y análisis detallado de Pareto ABC, recurriendo para esto al diagrama causa-efecto (Diagrama de Ishikawa).

Con este objetivo se logró conocer las causas que generaron encalles con más frecuencia en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II desde mayo hasta agosto del presente año, a los cuales se les debe hacer seguimiento continuo para así poder analizar y plantear las mejoras correspondientes. Para el desarrollo de este objetivo se utilizaron varias técnicas que se presentan a continuación:

6.3.1. Tormenta de ideas

- Mal estado de brazos sostenedores de banda.
- Desgaste de rodillos en niveladora #2.
- Falta de capacitación al personal.
- Mala calibración de cabezales.
- Método para descarte de material en la entrada.
- Mal estado de soportes con rodamientos.
- Daños en tronzadora de chatarra.
- Cambios no oportunos de cuchillas.
- Defectos en material provenientes del Laminador.
- Mal estado de guía #7.
- Centrades de canto de máquina soldadora.
- Soldadura descuadrada.
- Montaje de cuchillas y cabezales.
- Descarte de material en la zona de entrada.
- Desvíos de bandas.
- Salida de flejes tronzados fuera del embudo de chatarra.

- Tuercas hidráulicas flojas.
- Calidad de las cuchillas.
- Templón de banda.
- Asincronismo entre cortadora de bordes y tronzadora de chatarra.
- Embudo fuera de posición.
- Problemas con guías laterales antes de la cortadora de bordes.
- Fatiga del operador.
- Descuido operativo.

Todas estas ideas como posibles causas que generan encalles en la cortadora de bordes, surgieron en una reunión con los operadores del área de Decapado, Ingenieros y jefes de área.

También se realizó un diagrama causa-efecto donde se muestran las causas principales de los encalles, permitiendo así mostrar de manera relacional las subcausas con respecto a la causa principal. (Véase figura 32)

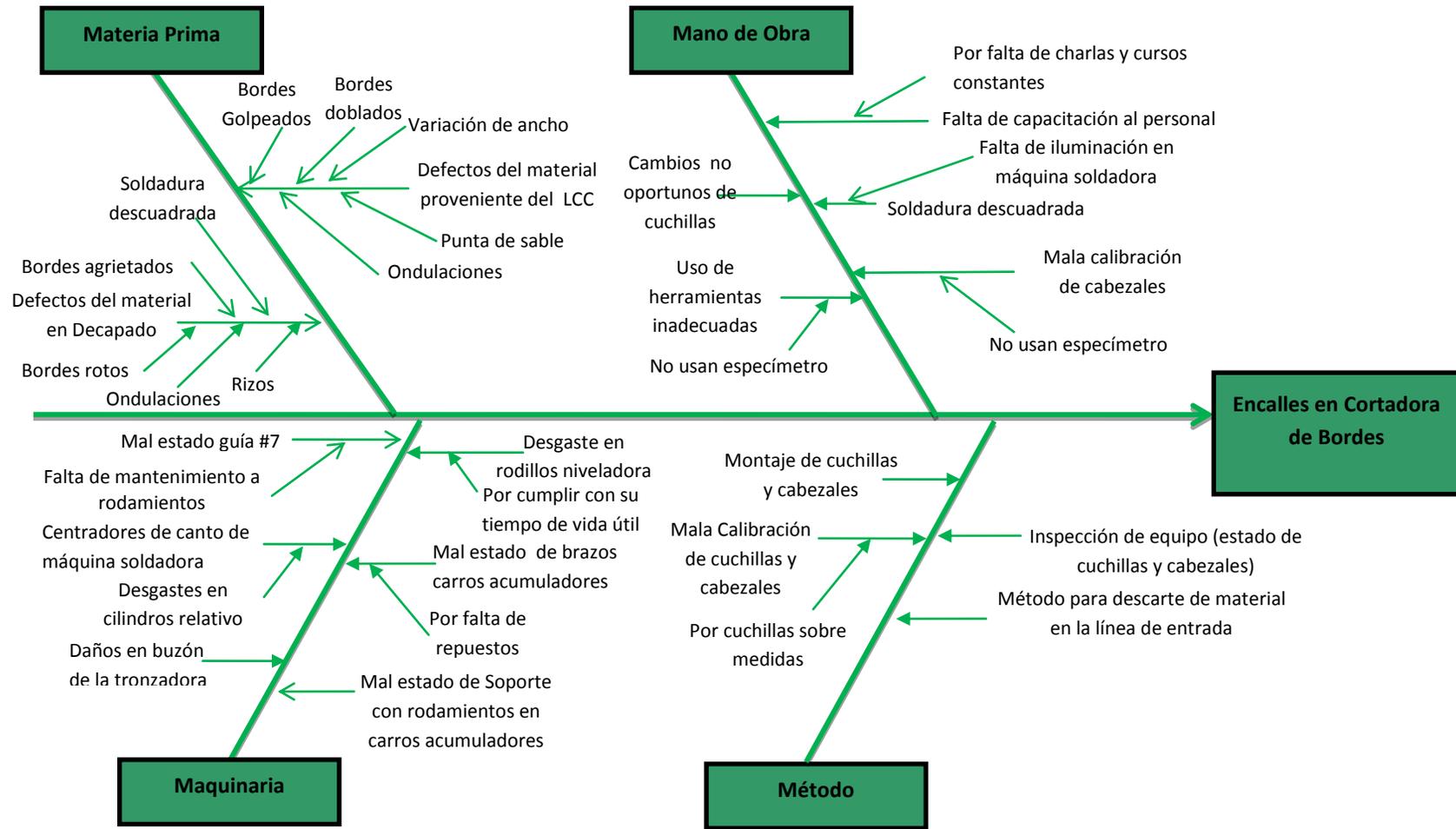


Figura 32: Diagrama Causa – Efecto - Encalles en la cortadora de bordes del Decapado II
Fuente: Elaboración Propia

El diagrama causa-efecto para los encalles, muestra causas raíces principales como: defectos en material proveniente del laminador en caliente relacionado con la materia prima, uso de herramientas inadecuadas, mala calibración de cabezales relacionado con mano de obra, mal montaje de cuchillas y cabezales, inspección de equipos (calibración, estado de cuchillas) relacionado con métodos de trabajo., mal estado de brazos sostenedores de banda, mal estado de guía lateral antes de la cortadora de bordes relacionado con maquinarias.

A continuación, se exponen los factores asociados al problema de encalles en la cortadora de bordes, expuestos en el diagrama Ishikawa mostrado anteriormente.

6.3.2. Influencia del factor Materia Prima en los encalles.

El material procesado en el Decapado proviene del laminador con ciertos defectos, siendo el más frecuente:

- Punta de sable: cuando el material tiene sable pronunciado, el mismo se golpea con las guías laterales ubicadas bien sea en la zona del conjunto desenrollador o cortadora de bordes, teniendo como resultado, bordes doblados con grietas, defecto que genera con frecuencia encalles en la cortadora de bordes.

También se puede recalcar, que así como el material viene con defectos del laminador, también en la línea de Decapado se le generan defectos secundarios, como bordes doblados por golpearse la banda con las guías laterales o por desvíos de bandas que se presenten durante el proceso.

6.3.3. Influencia del factor Mano de obra en los encalles.

- ✓ Encuadre de soldadura: poca iluminación en la máquina soldadora, por lo que se les dificulta a los operadores centrar la banda antes de realizar el proceso.
- ✓ Mala calibración de cabezales: en su gran mayoría por falta de instrumentos adecuados para realizar la calibración.

6.3.4. Influencia del factor Maquinaria en los encalles.

Una vez evaluado las condiciones de las maquinarias del Decapado II, se pudieron identificar ciertos problemas en equipos que por consiguiente generan defectos al material procesado en la línea, entre estos se tienen los siguientes:

- ✓ Mal estado de la guía # 7: Problema en el lado operador por cizallamiento en guía lateral, ocasionando en pleno proceso encalles en la cortadora de bordes del Decapado II.
- ✓ Desgaste en rodillos de la niveladora # 2, por lo que no está disminuyendo en su totalidad las ondulaciones que presenta el material proveniente del laminador y en su gran mayoría le genera defectos secundarios a la banda.
- ✓ Mal estado de soportes con rodamientos: por mala calidad de ruedas de los carros y además por uso inadecuado de los rodamientos.

- ✓ Mal estado de los brazos sostenedores de banda: en su gran mayoría estos brazos carecen de algunos elementos que los componen, de tal manera que no realizan su función en la forma correcta, ocasionándole defectos a los bordes del material.
- ✓ Mal estado de centradores de canto: Problemas con cilindro relativo del centrador # 4 de la máquina soldadora Miebach, generando soldadura descuadrada.
- ✓ Desgaste y desalineación de los rodillos transferidores en el área de los carros acumuladores, generando con frecuencia desvíos de bandas.

6.3.5. Influencia del factor Métodos en los encalles.

- ✓ Mala calibración de cuchillas y cabezales: revientan el fleje, haciendo que éste se salga de la guía. Este problema ocurre debido a las diferentes formas de calibración de los cabezales de acuerdo a los espesores a cortar. Otro factor es que en ocasiones no se utiliza el instrumento de medición.
- ✓ Método para descarte de material en la zona de entrada: la cantidad de metros de descarte va a depender del material que se vaya a procesar. Sin embargo, en ocasiones no se cumple con lo establecido en la norma, ya que se descarta más material de lo estipulado, por defectos que presente el mismo.

Una vez analizado los factores que influyen en los encalles, se procedió a realizar gráficos donde se muestra el porcentaje de encalles observados, así como también el porcentaje de los no observados, con respecto al total de

los encalles que se generaron en los meses de estudio; además, se realizó un análisis estadístico de las demoras operativas por encalles, utilizando para esto, los datos que se registraron durante un seguimiento continuo en el turno de 7 a 3, ya que existe incertidumbre con respecto a la información registrada en el sistema.

Porcentaje (%) de Encalles en C/b_Mayo 2013

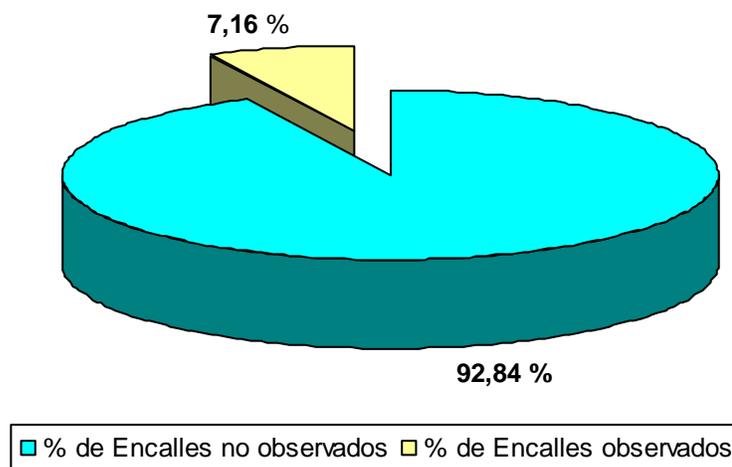


Gráfico 5: Total de Encalles en C/B-Mayo2013

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5 se aprecia que el 7,16 % de los encalles generados en el mes de mayo fueron observados durante el seguimiento en el 2do turno (7 AM-3 PM), por lo tanto, el porcentaje restante no se observó debido a las limitaciones de tiempo durante el estudio.

Analizando las causas que generaron el porcentaje de encalles observado en el mes de mayo, se tiene lo siguiente: (véase gráfico 6)

Demoras por encalles en c/b DC2_Mayo2013

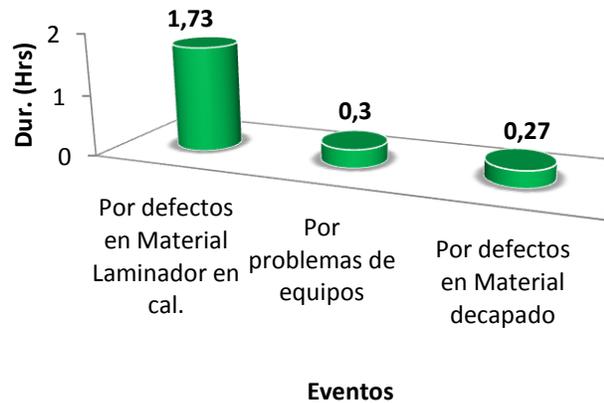


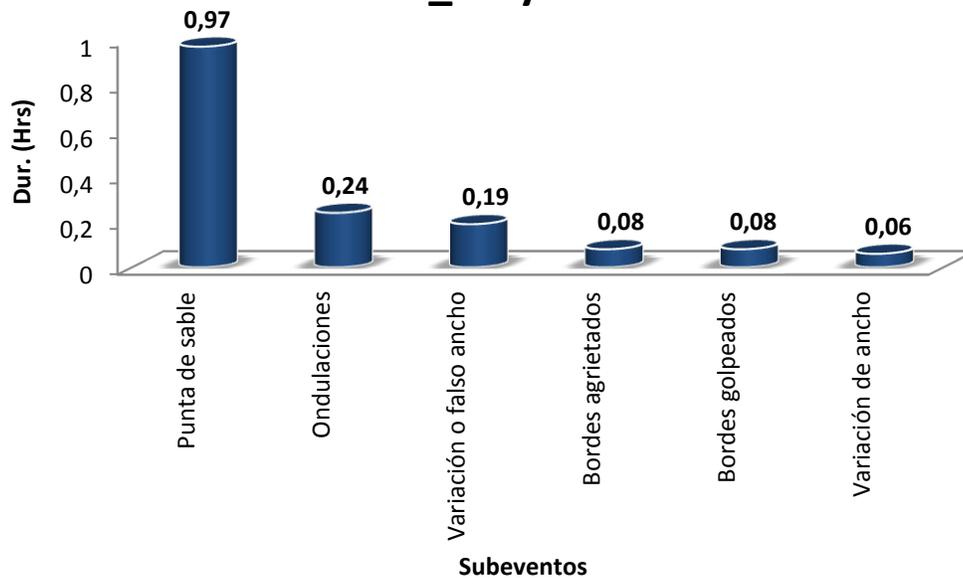
Gráfico 6: Demoras por encalles-Mayo2013

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 6 se puede observar el total de demoras generadas por encalles en el mes de mayo del presente año, en el cual se observa que la mayor cantidad de demoras fueron por defectos en material provenientes del laminador en caliente.

Analizando cada evento, se tiene que los defectos que se presentaron con más frecuencia en el material procesado para el mes correspondiente, fueron los siguientes:

Demoras por Encalles C/B_ Defectos LAC_Mayo 2013



**Gráfico 7: Demoras por Encalles en C/B por defectos en material LC -
Mayo2013**

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 7 muestra las demoras por encalles en la cortadora de bordes por defectos en material provenientes del Laminador en Caliente, siendo los más impactantes:

- A.** Punta de sable
- B.** Ondulaciones
- C.** Variación o falso ancho

Pero en vista de que los defectos mencionados anteriormente no son propios de la línea, ya que son generados en el laminador en Caliente, se procedió a analizar el resto de los eventos observados en el gráfico 8, de la siguiente manera:

Pareto ABC- Demoras por encalles en C/B_Mayo 2013

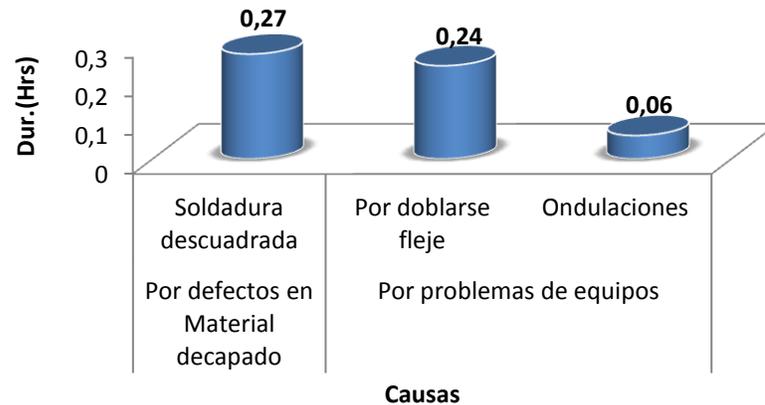


Gráfico 8: ABC por Encalles en C/B Decapado II -Mayo2013

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 8 se observa que por defectos en material generados en la línea de Decapado hubo más demoras por encalles, siendo soldadura descuadrada la causa principal, debido a que en el respectivo mes hubo problemas con los cilindros relativos del centrador de canto # 4 de la máquina soldadora Miebach; por tal motivo la banda no se centraba totalmente, generándose encalles en la cortadora de bordes. Como causa B se tiene por doblarse fleje en la guía de chatarra, y la tercera causa fue ondulaciones, por problema de equipos, ya que los rodillos de la niveladora presentan desgastes, siendo impedimento de la disminución en su totalidad de ondulaciones fuertes que presente el material.

Porcentaje (%) de Encalles en C/B_ Junio 2013

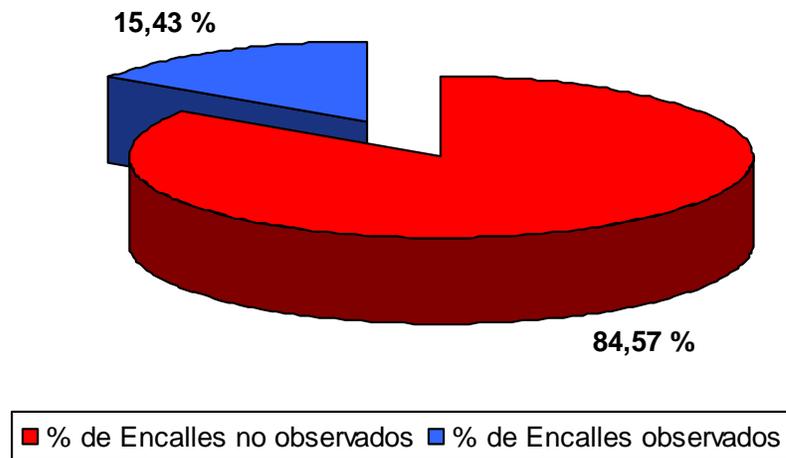


Gráfico 9: Total de Encalles en C/B-Junio2013

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 9 se observa que el 15,43 % del total de los encalles generados en el mes de Junio fueron observados en el turno de trabajo (7AM- 3PM) y el 84,57 % no fueron observados, siendo así se procedió a analizar los eventos que se presentaron en el mes correspondiente. (Véase gráfico 10)

Demoras por encalles en C/B_DC2_Junio2013

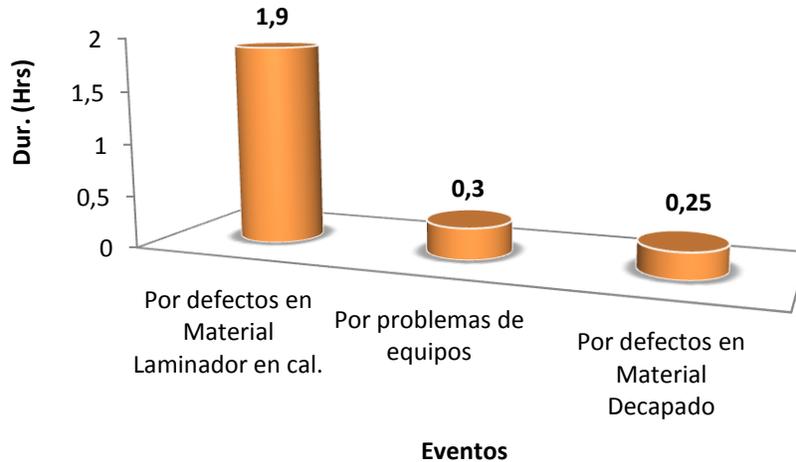


Gráfico 10: Demoras por Encalles en C/B Decapado II –Junio 2013

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 10 se muestran las demoras por encalles en la cortadora de bordes del Decapado II, donde se observa que el evento que más impactó fue por defectos en material proveniente del Laminador con un total de 1.9 hrs., lo que representa un 77,55 % aproximadamente del total de demoras generadas por encalles en el respectivo mes. Los defectos en el material generados en el Laminador en Caliente siguen siendo la causa principal de los encalles, sin embargo los eventos que corresponden a la línea son por problemas de equipos y por defectos en material generados en la Línea de Decapado, por tanto, son los que se deben analizar para generar mejoras al respecto.

Analizando los eventos que se presentaron en la línea de Decapado para determinar la incidencia de cada uno, se tiene lo siguiente:

Pareto ABC-Demoras por encalles en C/B_ Junio 2013

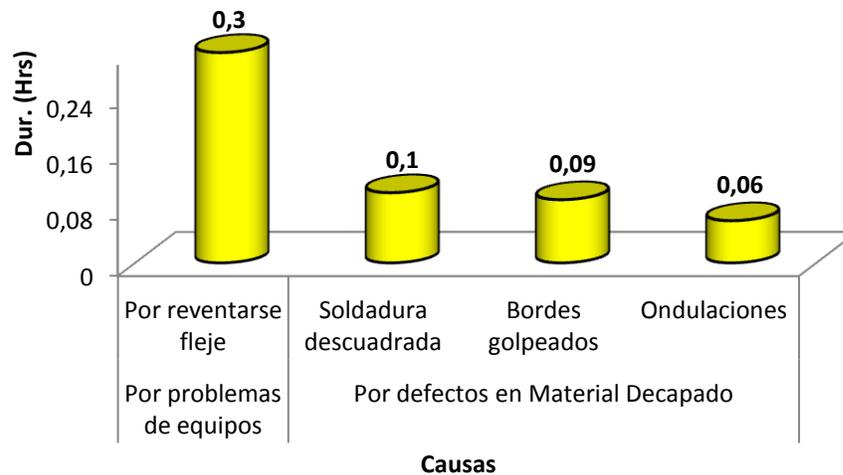


Gráfico 11: Pareto ABC- Demoras por encalles-Junio2013

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 11 muestra el Pareto ABC de las causas que generaron más demoras por encalles en la cortadora de bordes en el mes de junio, los tres eventos principales fueron los siguientes:

- A.** Por reventarse fleje en la guía de los cabezales.
- B.** Por soldadura descuadrada.
- C.** Por bordes golpeados.

En el mes de Julio en la línea de Decapado II, se originó un solo encalle durante el seguimiento de 7 AM a 3PM, por doblarse fleje en la guía de los cabezales. Cabe destacar, que la línea en gran parte estuvo fuera de servicio por mantenimiento, por tanto, no se tomó suficiente muestras para el análisis de los eventos.

Porcentaje (%) de Encalles en C/B_Agosto

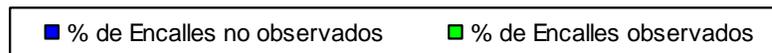
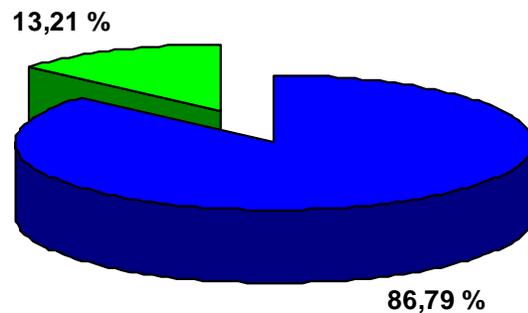


Gráfico 12: Total de Encalles en C/B-Agosto2013

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 12 se muestra que del total de encalles generados en el mes de agosto, solo el 13,21 % aproximadamente fueron observados, es decir, de 57 encalles que se originaron solo 7 se observaron, ya que, los restantes se generaron en los demás turnos de trabajo.

Demoras por Encalles en C/B_Agosto2013

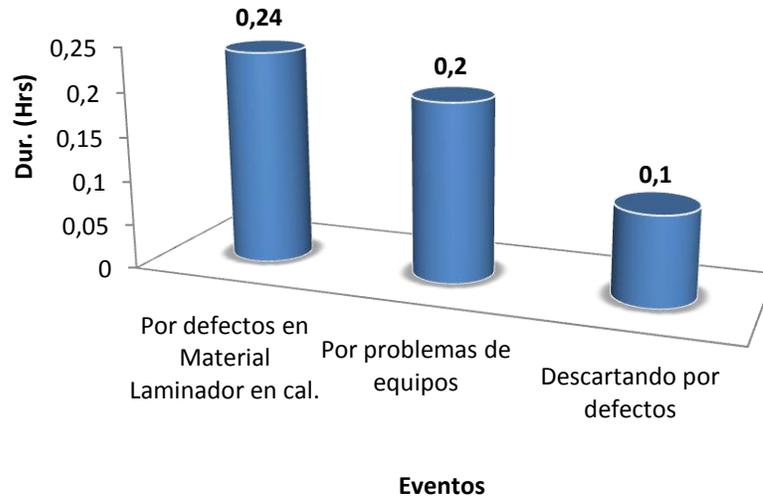


Gráfico 13: Demoras por encalles en C/B-Agosto2013

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 13 muestra los eventos que se presentaron en el mes de agosto, siendo el más impactante, los defectos que presentó el material proveniente del laminador, con un 44 % aproximadamente del total de demoras que se generaron por encalles en el respectivo mes.

Analizando los eventos que se originaron en la línea de Decapado II, se tiene lo siguiente:

Pareto ABC- Demoras por encalles en C/B_ Agosto 2013

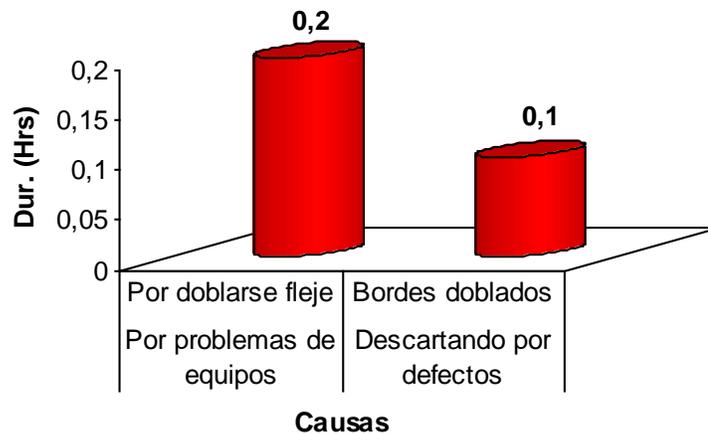


Gráfico 14: Pareto ABC- Demoras por encalles-Agosto2013

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 14 refleja las causas que más impactaron en el mes de agosto, por concepto de encalles en la cortadora de bordes. La causa principal fue por reventarse fleje, ya que, se presentaron varios eventos por problemas de equipos y como causa secundaria se tiene encalles por bordes doblados por falta de descarte de material en la zona de entrada, siendo estas las que se le deben hacer seguimientos continuos para disminuir las constantes interrupciones en la línea.

Es importante mencionar, que muchos de los encalles no son registrados en el sistema de interrupciones, debido a que al momento de estos generarse, los carros acumuladores están cargando material y no se detiene la línea completamente, por tanto, no se genera la demora, pero si afecta a la productividad, ya que disminuyen la velocidad en la mediana para dar tiempo a que el operador de la cortadora de bordes solucione la avería.

6.4. Elaborar plan de mejora continua enfocado en las causas arrojadas en el análisis de Pareto, que permitan disminuir las demoras por encalles en la cortadora de bordes del Decapado II.

Una vez determinada las causas que generaron encalles en la cortadora de bordes del Decapado II, mediante seguimientos continuos, registros y posterior análisis de las mismas, se procedió a determinar el nivel de ocurrencia de cada una de las causas, incluyendo los encalles que no aparecen en el sistema, ya que no generaron demoras, pero si afectaron la productividad de la línea. (Véase gráfico 15).

Seguido a esto, se elaboró un plan de mejoras continua basado en acciones, como recomendación para la Siderúrgica del Orinoco “Alfredo Maneiro” (Sidor), que permitan disminuir en gran parte los eventos que ocasionan demoras en la línea.

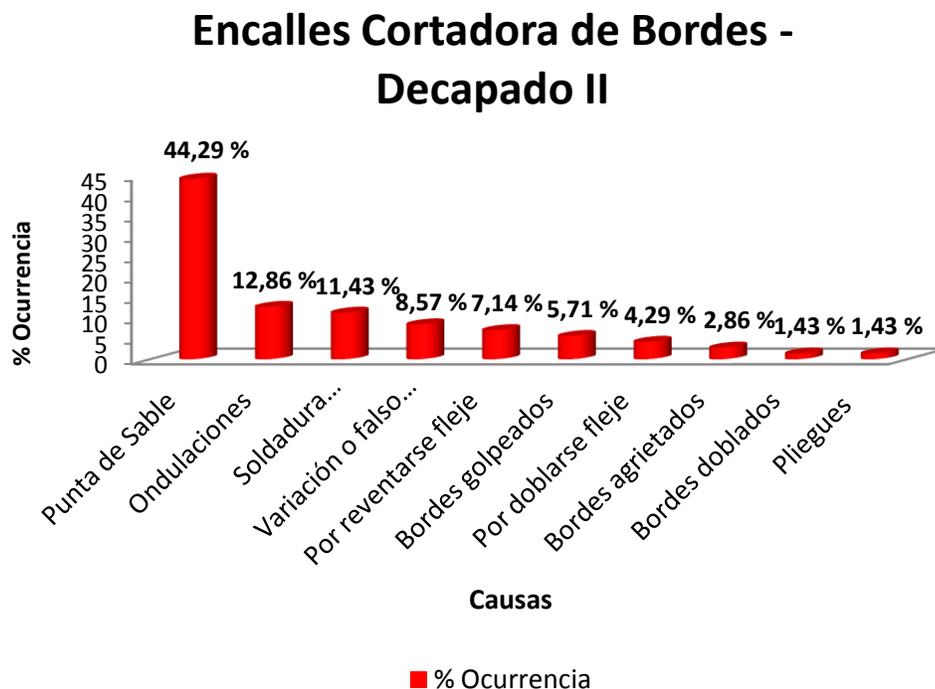


Gráfico 15: tipos de encalles en cortadora de bordes
Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de ocurrencia de cada evento se determinó por medio de los 70 eventos registrados durante el seguimiento realizado en la cortadora de bordes.

Se puede observar los eventos que forman parte del laminador en caliente, siendo estos los siguientes:

- Punta de sable.
- Ondulaciones
- Variación o falso ancho.
- Bordes agrietados.
- Bordes doblados.
- Pliegues.

Entre los eventos que son propiamente de la línea de Decapado II, y que generaron encalles con frecuencia, se tienen los siguientes:

- Soldadura descuadrada.
- Por reventarse fleje.
- Bordes golpeados.
- Por doblarse fleje.

Haciendo una representación gráfica de los eventos principales que ocasionaron encalles y que son propios de la línea, se elaboró un diagrama de Pareto ABC, donde se muestra lo siguiente:

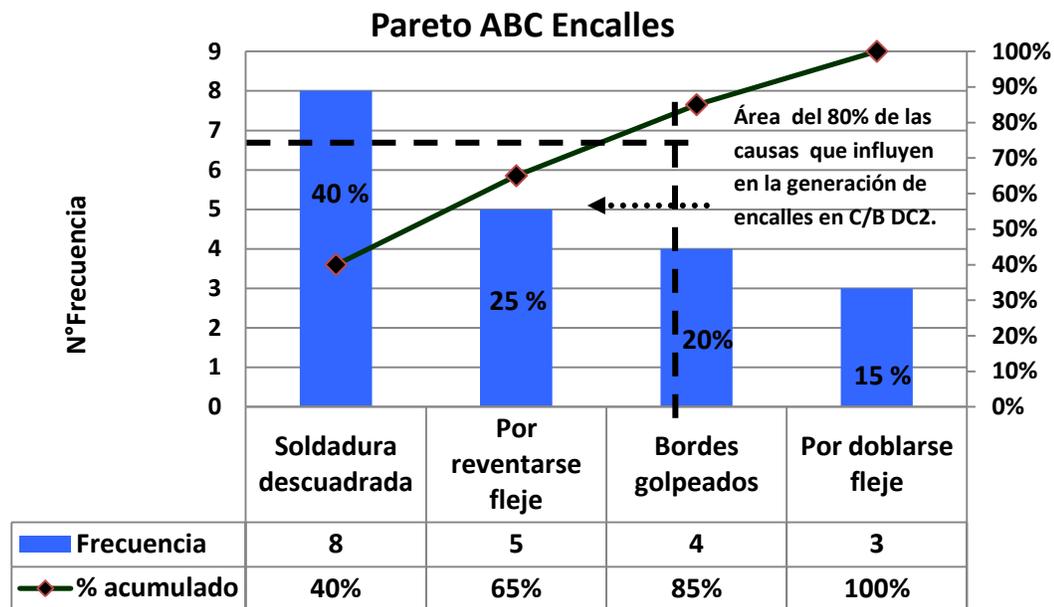


Gráfico 16: Pareto ABC-Encalles en cortadora de bordes

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al diagrama expuesto en la figura 16, las causas que dan origen a los eventos que ocasionan encalles en la cortadora de borde, corresponden en un 40 % a soldadura descuadrada; un 25 % se debe a los eventos generados por reventarse fleje a nivel de la tronzadora de chatarra; un 20 % a bordes golpeados por problemas en equipos que conforman la línea y el 15 % restante a los eventos generados por doblarse fleje a nivel de la tronzadora de chatarra. Siendo estas las causas que impactaron con más frecuencia durante el estudio, y que generaron más interrupciones en la línea, de tal manera a estas son las que se les debe hacer mayor seguimiento para su debida disminución en el proceso.

Para la elaboración del plan de mejoras se tomaron en cuenta las tres principales causas arrojadas por el Pareto ABC mostrado anteriormente, que generaron encalles en la cortadora de bordes con más frecuencia, tomadas como defectos propios de la línea.

A cada causa se le asignó acciones, con el fin de disminuir los eventos que se presentan constantemente en la línea de Decapado, y que por consiguiente han afectado de manera directa a la producción programada.

El principal objetivo de la elaboración de este plan de mejora, es disminuir al menos un 50 % del porcentaje de demoras por concepto de encalles en la cortadora de bordes del Decapado II.

A continuación se presenta de manera tabulada el plan de mejora a seguir según lo antes ya planteado. (Véase tablas 12, 13 y 14 respectivamente).

Tabla 12: Plan de Mejora Continua (Soldadura descuadrada)

ENCALLES EN CORTADORA DE BORDES	
Causa	Acciones Consideradas
Soldadura Descuadrada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inspeccionar el material en patio de entrada en conjunto con personal de MOVA, con el fin de reforzar criterio de aceptación y rechazo de defectos para entrada en Decapados. ✓ Descartar en sección de entrada material con defecto (Bordes doblados, rotos/golpeados). <ul style="list-style-type: none"> - Realizar descartes por presencia de defectos (Bordes rotos/golpeados/doblados) máximo 2 espiras. En caso de que el material presente mayor índice de defecto, retirar de la cadena y ser enviada a la línea de corte para su debida reparación. - Retirar material de la cadena de entrada con ondulaciones > 15mm, evaluando secuencias determinadas del LCC cada 5 bobinas. ✓ Realizar corte de la punta y la cola de la banda en la cizalla N° 3 al 100% de las bobinas, con la utilización de las guías laterales. ✓ Utilizar guías laterales para cuadratura de banda en camino 1 y 2. ✓ Verificar cepillado de soldadura. ✓ Diseñar e implementar un plan de seguimiento y control por turno en cuanto a la inspección de la soldadura. ✓ Utilizar los centradores de canto cuando se realice soldadura. <ul style="list-style-type: none"> - Mantener operativos los 4 centradores de canto.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Plan de Mejora Continua (Por reventarse fleje)

ENCALLES EN CORTADORA DE BORDES	
Causa	Acciones Consideradas
Por Reventarse Fleje	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dictar charlas a los operadores, con el propósito de reforzar el cumplimiento adecuado de las prácticas operativas para el montaje de cuchillas y cabezales. ✓ Mantener stock de cabezales, para el momento en que se necesite hacer cambios de los mismos. ✓ Utilizar el instrumento de medición (especímetro), para la calibración de los cabezales. - El espesor de galgas debe corresponder con el 10 % del espesor del material a procesar. ✓ Cambiar las cuchillas una vez que hayan cumplido con el tonelaje. ✓ Implementar el sistema de control automático de cambio de cuchillas. ✓ Diseñar e implementar plan de procedimientos técnicos de selección de muela para el rectificado de las cuchillas.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14: Plan de Mejora Continua (Por bordes golpeados)

ENCALLES EN CORTADORA DE BORDES	
Causa	Acciones Consideradas
Bordes Golpeados	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rellenar y esmerilar rodillo y/o cambiar rodillos bloqueados en la vía de los carros acumuladores. ✓ Realizar programa de mantenimiento para cambios de válvulas y tuberías corroídas, principalmente en la zona centro proceso. ✓ Mantener sincronismo en los brazos sostenedores de banda. <ul style="list-style-type: none"> - En caso de que los brazos no estén sincronizados, colocarlos fuera de servicio para solucionar el problema. ✓ Alinear rodillos transferidores y cambiar rodillos desgastados o excéntricos. <ul style="list-style-type: none"> - Asegurarse de que la separación entre cada rodillo transferidor sea de 0 a - 10 grados entre chumaceras. ✓ Mantener en stock soportes para los carros acumuladores. <ul style="list-style-type: none"> - Para el momento de reemplazar los rodamientos que estén en mal estado, y así evitar que el carro acumulador se descarrile y el material se incruste en la estructura.

Fuente: Elaboración Propia

6.5. Analizar el impacto económico de las demoras generadas por encalles en la cortadora de bordes de la línea de Decapado II, tomando en cuenta la reducción esperada de las demoras por aplicación del plan de mejora continua.

Para estimar el impacto económico según el objetivo principal basado en la elaboración de un plan de mejora que permita disminuirlas demoras por encalles en la cortadora de bordes del Decapado II, al menos en un 50 %, se tomó en cuenta las demoras que se generaron en el mes de Junio del presente año, ya que en este mes fue donde ocurrieron mayor cantidad de eventos.

El total de demoras al mes fueron de:

- Demoras al mes (hrs.)= 335,99
- Demoras por encalles al mes (hrs.)= 13,17

Si se disminuye en un 50% el total de demoras por encalles en la cortadora de bordes, quedaría lo siguiente:

✓ **Reducción de Demoras**

Reducción Demoras = % Reducción Demoras Encalles x Demoras por Encalles C/B

$$\mathbf{Reducción\ Demoras = 0,5 \times 13,17}$$

<i>Reducción Demoras = 6.59 hrs/mes</i>
--

Una vez determinado la reducción de las demoras en un 50 %, se procedió a estimar los ingresos adicionales que se esperan generar mediante la disminución de las demoras operativas atribuidas a encalles en la cortadora de bordes, una vez aplicado el plan de mejora mostrado anteriormente.

Para el cálculo de los ingresos adicionales es necesario conocer las siguientes variables, (véase tabla 15)

Tabla 15: Variables suministradas por la empresa

Tiempo Neto Real (Hrs/mes)	226,21
Producción (Ton/mes)	21792
Contribución Marginal (\$/Ton)	300

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Tiempo Neto Real Esperado**

$$\text{Tiempo Neto Real Esperado} = \text{Tiempo Neto (hrs/mes)} - \text{Reducción Demoras(hrs/mes)}$$

$$\text{Tiempo Neto Real Esperado} = 226,21 - 6,59$$

$$\text{Tiempo Neto Real Esperado} = 219,62 \text{ hrs/mes}$$

✓ **Productividad Real**

$$\text{Productividad Real} = \frac{\text{Producción (Ton/mes)}}{\text{Tiempo Neto Real (hrs/mes)}}$$

$$\text{Productividad Real} = \frac{21792}{226,21}$$

$$\text{Productividad Real} = 96,34 \text{ Ton/hrs}$$

$$\text{Productividad Real Esperada} = \frac{\text{Producción (Ton/mes)}}{\text{Tiempo Neto Real Esperado(hrs/mes)}}$$

$$\text{Productividad Real Esperada} = \frac{21792}{219,62}$$

$$\text{Productividad Real Esperada} = 99,23 \text{ Ton/hrs}$$

✓ **Incremento de la Productividad= IP**

$$IP = \text{Productividad Real Esperada} - \text{Productividad Real}$$

$$IP = 99,23 \text{ Ton/hrs} - 96,34 \text{ Ton/hrs}$$

$$IP = 2,89 \text{ Ton/hrs}$$

✓ **Producción Esperada = PE**

$$PE = \text{Productividad Real Esperada} \times \text{Tiempo Neto Real}$$

$$PE = 99,23 \text{ Ton/hrs} \times 226,21 \text{ hrs/mes}$$

$$PE = 22447 \text{ Ton/mes}$$

✓ **Incremento de Producción = IProd.**

$$IProd. (\text{Ton/mes}) = \text{Producción Esperada} - \text{Producción Real}$$

$$IProd. = 22447 \text{ Ton/mes} - 21792 \text{ Ton/mes}$$

$$IProd. = 655 \text{ Ton/mes}$$

$$IProd. (\text{Ton/año}) = \text{Incremento Producción} (\text{Ton/mes}) \times 12 (\text{mes/año})$$

$$IProd. = 655 \text{ Ton/mes} \times 12 (\text{mes/año})$$

$$IProd. = 7860 \text{ Ton/año}$$

✓ **Ingresos Adicionales**

Ingresos Adicionales = Contribución Marginal x Incremento de Producción

$$\text{Ingresos Adicionales} = 300 \text{ \$/Ton} \times 7860 \text{ Ton/año}$$

<i>Ingresos Adicionales = 2358000 \\$/año</i>
--

A continuación se muestra de forma resumida los resultados obtenidos.
(Véase tabla 16).

Tabla 16: Resultados Obtenidos

Decapado II Laminación en Caliente	
Demoras totales (hrs/mes)	335,99
Demoras por encalles (hrs/mes) en c/b	13,17
% Reducción de demoras por encalles	50
Reducción de demoras	6,59
Tiempo neto real (hrs/mes)	226,21
Tiempo neto real esperado	219,62
Producción (Ton/mes)	21792
Productividad real (Ton/hrs)	96,34
Productividad real esperada (Ton/hrs)	99,23
Incremento de productividad (Ton/hrs)	2,89
Producción real	21792
Producción esperada	22447
Incremento de la producción (Ton/mes)	655
Incremento de la producción (Ton/año)	7860
Contribución marginal (\\$/Ton)	300
Ingresos adicionales (\\$/año)	2358000

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

En base al estudio realizado y a los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo, se concluye lo siguiente:

1. Por medio de un análisis estadístico realizado, se determinó que la línea que ha estado más crítica con respecto a las demoras por encalles, es el Decapado II, ya que en esta se han generando mayor índice de eventos, afectando de manera directa en la producción programada.
2. Los rodillos de la niveladora II del Decapado II se encuentran actualmente desgastados, no han podido ser sustituidos por falta de repuesto.
3. Los operadores presentan deficiencia en la realización de las actividades que les competen.
4. Iluminación deficiente en la máquina soldadora. Este equipo solo cuenta con una lámpara, y dificulta a los operadores centrar la banda antes de realizar el proceso de soldadura.
5. Los carros acumuladores tanto de la entrada como los de la salida del Decapado se encuentran limitados, ya que no hay recursos para la adquisición de repuestos.
6. Falta de comunicación entre el operador de la cortadora de bordes y el operador del púlpito principal.
7. Existe una cuadrilla de trabajadores que en la mayoría de los casos, no registran las observaciones al momento de generarse algún evento

en la línea, por lo tanto, hay incertidumbre con la información registrada en el sistema.

8. Las causas principales que generaron encalles con más frecuencia durante el estudio realizado, fueron las siguientes:

- Soldadura descuadrada.
- Por reventarse fleje.
- Bordes golpeados.

9. No se cumple rigurosamente con un plan de mantenimiento de los equipos, y en los períodos establecidos por los mismos, por falta de recursos.

10. En ocasiones, los operadores de la línea no cumplen con lo establecido en las prácticas operativas.

11. El plan de mejoras permitirá disminuir las demoras por encalles en el Decapado II, además permitirá aumentar la producción y los ingresos adicionales, el estimado de esto será:

- Incremento de producción (Tn/mes): 655
- Incremento de producción (Tn/año): 7860
- Ingresos adicionales(\$/Tn): 2358000

RECOMENDACIONES

En función de los resultados y las conclusiones obtenidas se recomiendan las siguientes acciones:

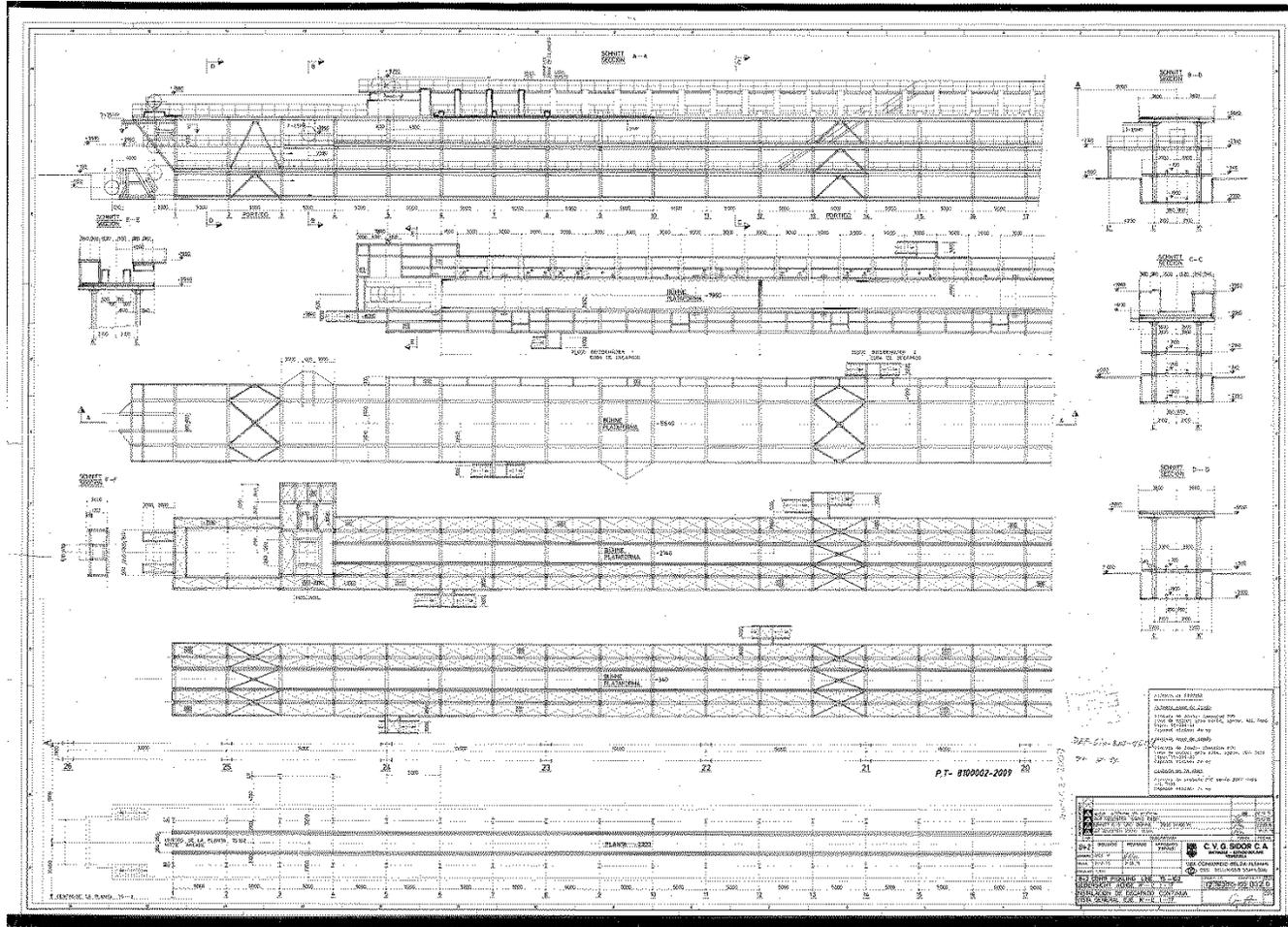
1. Garantizar que el método de descarte de material en la entrada, sea el mismo en todos los turnos de trabajo.
2. Velar por el mantenimiento correctivo de los equipos que componen la línea.
3. Capacitar al personal de operaciones, a través de cursos y charlas.
4. Asegurarse de que los operadores registren las observaciones por turno y al momento en que se generen encalles, para llevar un control eficiente en el sistema de interrupciones.
5. Realizar recorridos continuos por el área, para detectar las fallas que pudieran generar eventos durante el proceso.
6. Sustituir los rodillos de la niveladora II, para garantizar la disminución de las ondulaciones que presenta el material proveniente del laminador en caliente.
7. Asegurarse de que los cuatro (4) centradores de canto estén operativos, para la correcta cuadratura (90 °) de la soldadura.
8. Asignar un ayudante al operador de la cortadora de bordes, para agilizar más rápido el trabajo al momento de generarse encalles y así evitar que se prolongue las demoras.

9. Mantener a disposición de la línea repuestos (cabezales, rodillos, válvulas, etc.), a fin de que al requerir cambios de los mismos se pueda hacer de forma inmediata.
10. Instalar cámara (lado motor) de la cortadora de bordes, para que el operador del púlpito principal pueda visualizar los encalles que se generen en esa zona.
11. Verificar alineación y ajuste de los brazos sostenedores de bandas según práctica y planos.
12. Calibrar los cabezales de acuerdo al espesor que se este procesando, empleando un espécímetro.
13. Llevar un control detallado de las causas que generan encalles en la cortadora de bordes, donde especifique la cantidad exacta de cada subcausa, con el fin de facilitar la aplicación de métodos de mejora.
14. Aplicar la propuesta del plan de mejora, para disminuir los eventos que pudieran presentarse durante el proceso.

Bibliografía

- Gutiérrez, d (2009). ***Estudio de Ingeniería para la Disminución de los encalles en la cortadora de borde de los decapados continuo.*** Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería en Mantenimiento. Universidad Gran Mariscal de Ayacucho.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Edo. de México. Roberto. Metodología de la investigación. Derechos Reservados © 1991.
- Manual de Decapado (2012).
- Manual de procedimientos para elaborar mejoras continuas. Sidor (2012).
- Práctica operativa de Decapado.
- Práctica operativa de la cortadora de bordes.
- Ramírez, T. ***“Como hacer un proyecto de investigación”*** (Nueva Edición), Editorial Panapo de Venezuela, C.A. Caracas – Venezuela.
- ROJAS NARVÁEZ, Rosa. Orientaciones prácticas para la elaboración de informes de investigación. Segunda edición ampliada y corregida. Puerto Ordaz 1997.
- Sistema de demora Decapados I y II. (2010-2013)
- Turmero Iván. Láminas del material de Ingeniería de métodos.

ANEXOS

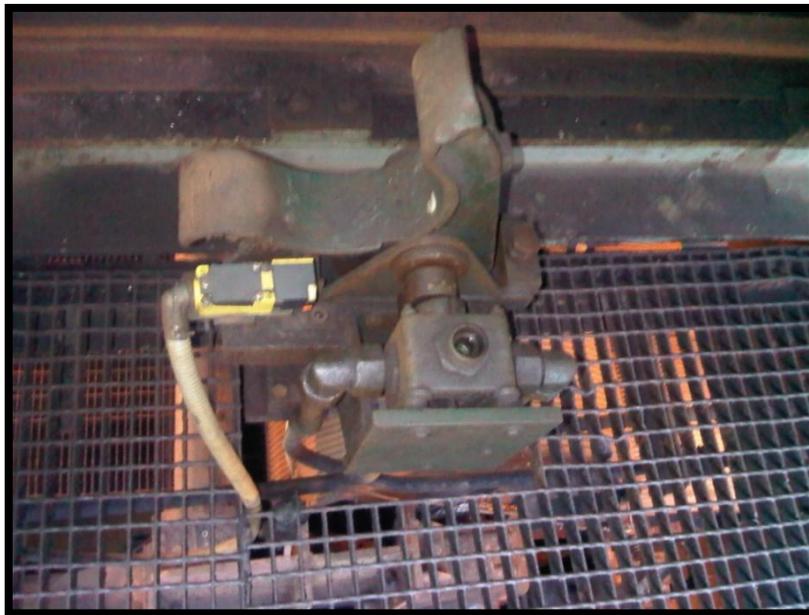


Anexo 1: Instalación de Decapado Continuo (Vista superior 1)
Fuente: Documentos Sidor.

APÉNDICES



Apéndice 1: rotura estructura carro acumulador por desvíos de bandas
Fuente: Elaboración Propia



Apéndice 2: Horquilla
Fuente: Elaboración Propia



Apéndice 3: Fisura en rodillo vertical por desvío de banda
Fuente: Elaboración Propia



Apéndice 4: Cuchilla (tronzadora de chatarra)
Fuente: Elaboración Propia



Apéndice 5: Brazos Sostenedores de Banda
Fuente: Elaboración Propia



Apéndice 5: Sellos Dañados
Fuente: Elaboración Propia