



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

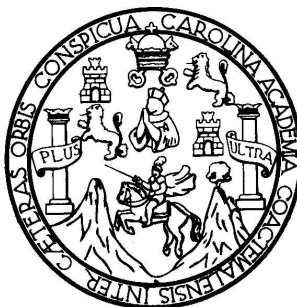
**PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE  
TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES, EN LA PLANTA  
TUBAC, S.A.**

**Diego Fernando Rodríguez Hernández**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE  
TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES, EN LA PLANTA  
TUBAC, SA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

**DIEGO FERNANDO RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila
VOCAL IV:	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V:	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
EXAMINADOR:	Ing. Pablo Rodolfo Zúñiga Ramírez
EXAMINADOR:	Ing. Raúl Guillermo Izaguirre Noriega
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE  
TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES, EN LA PLANTA  
TUBAC, S.A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha marzo de 2009.

  
**Diego Fernando Rodríguez Hernández**



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 03 de noviembre de 2009  
REF.EPS.DOC.730.11.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Diego Fernando Rodríguez Hernández** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **200511755**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES EN LA PLANTA TUBAC, S.A.”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

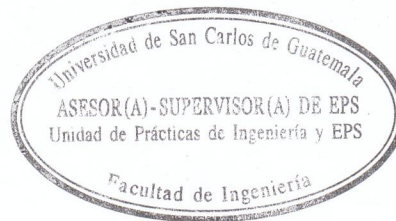
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
EESZ/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 03 de noviembre de 2009  
REF.EPS.D.1560.11.09

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

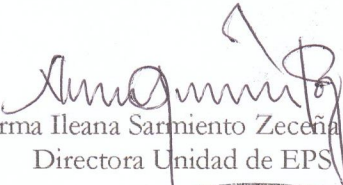
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES EN LA PLANTA TUBAC, S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Diego Fernando Rodríguez Hernández** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

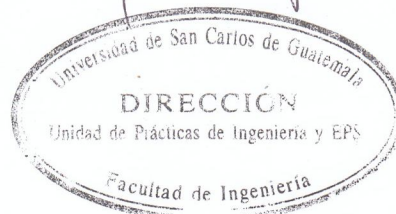
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES EN LA PLANTA TUBAC, S.A., del estudiante Diego Fernando Rodríguez Hernández, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, noviembre de 2009

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA MÁQUINA ENDEREZADORA DE TUBERÍA Y ANÁLISIS DE RIESGOS INDUSTRIALES, EN LA PLANTA TUBAC, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Diego Fernando Rodríguez Hernández**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, febrero de 2010

/cc  
cc. archivo



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**MI MADRE** Ana Margarita Hernández García, por su incondicional amor, apoyo y paciencia al guiarme en toda la vida, así como por su dedicado esfuerzo.

**MI TÍA** Olga Lidia Hernández García, por su apoyo incondicional, por ser una fuente de inspiración, y por ser un excelente ejemplo de responsabilidad, perseverancia, y superación en mi vida.

**MIS TÍOS** Héctor Daniel Hernández García y Julio Armando Hernández García, por ser una fuente de inspiración y por demostrarme que con trabajo duro y perseverancia todo es posible.

**MI ABUELA** Ana Margoth García Pérez, por su amor, dedicación y buen ejemplo.

**MIS AMIGOS** Francisco Chávez, Misael Boche, Jorge Salazar Cap, Rodrigo Ventura, German Jerez, Jorge Díaz y Paolo Bonilla, por su apoyo incondicional y por los buenos momentos que pasamos durante nuestra época de estudiantes.

**AL PUEBLO DE GUATEMALA**, por brindarme la oportunidad de desarrollarme académicamente.

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, y en especial;

**A LA FACULTAD DE INGENIERÍA**, por ser una fuente de conocimiento e inspiración.

Agradezco sinceramente a todas aquellas personas que colaboraron para la elaboración de este proyecto, especialmente a:

Licda. Amanda de Ángel

Ing. Werner Méndez

Ing. Carlos Pinto

Sr. Julio Juárez

Sr. Heberto López

Y a todas las personas que laboran en la planta TUBAC, S.A.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XV</b>

### 1. GENERALIDADES

1.1. Información general sobre la empresa	
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Visión y misión	2
1.1.4. Productos	3
1.2. Situación actual de la empresa	
1.2.1. Área de molinos de la línea Mc.Kay	4
1.2.2. Proceso de fabricación de tubería	5
1.2.2.1. Descripción del proceso	5
1.2.2.2. Maquinaria utilizada	8
1.2.2.3. Actividades desarrolladas por el personal	12
1.2.3. Aspectos físicos de la planta	13

### 2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Riesgos industriales y seguridad industrial	
2.1.1. Definición de riesgo industrial	17
2.1.2. Tipos de riesgos industriales	19

2.1.3. Seguridad industrial	20
2.1.4. Nomenclatura relacionada.	21
2.1.5. Instituciones relacionadas con la seguridad industrial y la reducción de desastres naturales en Guatemala.	24
2.1.6. Legislación	25
.	
2.2. Análisis de riesgos industriales para el área de conformado y soldado de tubería de la línea Mc.Kay	
2.2.1. Identificación de los riesgos mas probables	28
2.2.1.1. Riesgos relacionados con la mano de obra	29
2.2.1.2. Riesgos relacionados con la maquinaria	30
2.2.1.3. Riesgos externos.	32
2.2.2. Propuesta para reducir los riesgos industriales identificados.	34
2.2.2.1. Propuesta del equipo necesario	34
2.2.2.2. Propuesta de procedimientos y acciones.	36
2.2.2.3. Propuesta de capacitación	37

### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

3.1. Ventajas y desventajas del proceso de fabricación de tubería en la planta TUBAC, S.A.	39
3.2. Causas y consecuencias de las deformaciones producidas en la tubería.	43

3.3.	Corrección de las deformaciones por medio de una máquina enderezadora.	
3.3.1.	Principio de funcionamiento	47
3.3.2.	Resultado esperado	49
3.4.	Componentes de una máquina enderezadora de tubería.	
3.4.1.	Parte inferior de la enderezadora.	50
3.4.2.	Conjunto de rodos inferiores.	51
3.4.3.	Parte superior de la enderezadora.	52
3.4.4.	Conjunto de rodos superiores.	53
3.4.5.	Motor eléctrico.	54
3.4.6.	Cajas reductoras.	55
3.4.7.	Sistema de transmisión.	57
3.4.8.	Sistema de graduación radial (altura entre rodos).	59
3.4.9.	Sistema de graduación angular.	60
3.4.10.	Sistema de graduación axial.	61
3.4.11.	Sistema neumático e hidráulico.	63
3.4.12.	Controles eléctricos.	63
3.5.	Justificación económica del montaje.	64
3.6.	Planificación del montaje.	
3.6.1.	Actividades relacionadas con el montaje.	
3.6.1.1.	Recopilación de información de la maquinaria	67
3.6.1.1.1.	Ensamble preliminar	68
3.6.1.1.2.	Levantamiento de planos y diagramas	69
3.6.1.1.3.	Inspección general de los componentes de la maquinaria.	69
3.6.1.2.	Limpieza superficial con chorro de arena.	69

3.6.1.3. Mantenimiento y modificaciones.	70
3.6.1.3.1. Mantenimiento	70
3.6.1.3.2. Modificaciones	73
3.6.1.4. Cimentación.	74
3.6.1.4.1. Descripción de la cimentación.	74
3.6.1.4.2. Señalado, trazado y escarbado	76
3.6.1.4.3. Colocación de parrilla de fundición	77
3.6.1.4.4. Nichos de anclaje y pernos de anclaje.	77
3.6.1.4.5. Fundición y fraguado.	78
3.6.1.5. Montaje.	80
3.6.1.5.1. Colocación y anclaje de la parte inferior de la enderezadora.	80
3.6.1.5.2. Colocación de los rodos inferiores.	81
3.6.1.5.3. Montaje de la parte superior de la maquinaria	82
3.6.1.5.4. Colocación de rodos superiores.	83
3.6.1.5.5. Montaje de la mesa de evacuación y sistema hidráulico.	84
3.6.1.5.6. Montaje de la mesa de alimentación.	86
3.6.1.5.7. Montaje de transmisiones y cajas reductoras	86
3.6.1.5.8. Montaje del motor eléctrico y poleas de transmisión.	87
3.6.1.6. Instalación de los controles neumáticos y eléctricos.	88
3.6.1.7. Ajustes finales.	89
3.6.2. Cronograma de actividades.	90

3.6.3.	Elaboración de un Diagrama de Gantt y determinación de la ruta crítica del proyecto.	
3.6.3.1.	Identificación de las actividades críticas para el montaje.	94
3.6.3.2.	Posibles inconvenientes.	95
3.6.3.3.	Elaboración de cronograma general utilizando Project.	96
3.6.3.4.	Elaboración de un Diagrama de Gantt del proyecto.	103
3.6.3.5.	Determinación de la ruta crítica.	110
3.6.3.6.	Tiempo estimado del montaje.	112
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>113</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>115</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>117</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>121</b>





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Bobina de acero	7
2	Sistema de identificación de extintores	22
3	Sistemas de graduación radial y axial de los rodos superiores de la enderezadora SUTTON.	48
4	Rodos superiores e inferiores de la máquina enderezadora SUTTON	49
5	Fotografía de la base de la máquina enderezadora SUTTON.	51
6	Fotografía de la parte superior de la enderezadora SUTTON.	53
7	Acople tipo rejilla.	55
8	Caja reductora de velocidad correspondiente a Los rodos superiores de la enderezadora SUTTON	56
9	Armazón que soporta rodó superior de la enderezadora SUTTON.	60
10	Mecanismo sprocket-cadena del sistema de graduación axial.	62
11	Secciones de la cimentación.	77
12	Plano de la sección transversal de la mesa de evacuación.	85
13	Cronograma general de actividades (abril- mayo)	92
14	Cronograma general de actividades (junio- julio)	93
15	Cronograma general del proyecto	97
16	Limpieza superficial y cimentación (cronograma).	98
17	Montaje de la parte superior e inferior de la maquinaria (cronograma).	99

18	Montaje del sistema de potencia, sistema de transmisión, y de los controles eléctricos y neumáticos (cronograma).	100
19	Mantenimiento a poleas, ejes de transmisión y cajas reductoras. (cronograma).	101
20	Mantenimiento a rodos de enderezado, cilindros neumáticos, y sistema de graduación angular. (cronograma).	102
21	Diagrama de Gantt del proyecto.	104
22	Limpieza superficial de la enderezadora y cimentación de las secciones I, II y III. (Gantt)	105
23	Montaje de la enderezadora (Diagrama de Gantt).	106
24	Montaje de la base y de la parte superior de la enderezadora. (Diagrama de Gantt)	107
25	Montaje de los sistemas de potencia, de transmisión y de control. (Diagrama de Gantt)	108
26	Montaje de la base y de la parte superior de la enderezadora. (Diagrama de Gantt)	109
27	Ruta crítica del proyecto.	111

## TABLAS

I	Cantidad de juntas tipo cardan según tamaño.	58
II	Costos relacionados con el montaje.	65
III	Listado de actividades necesarias para el montaje.	90
IV	Cronograma general de actividades.	91

## GLOSARIO

<b>Acople</b>	Unir o encajar entre si dos piezas de manera que ajusten perfectamente.
<b>Biselado</b>	Corte oblicuo en el borde de una lámina o plancha, cuyo objetivo es eliminar las zonas filosas de la pieza.
<b>Bobina (Coil):</b>	Rollo de lámina de acero.
<b>Chapa</b>	Se refiere al grosor de una lámina de metal.
<b>Empalme</b>	Acción de unir dos láminas de acero de manera que queden en comunicación.
<b>Molino de conformado:</b>	Máquina compuesta por un conjunto de rodos destinados a formar el tubo.
<b>Nicho de anclaje:</b>	Cavidad cúbica o prismática en donde se colocan los pernos de anclaje, su geometría es tal que contribuye a la adherencia con el resto de la cimentación.
<b>Perno de anclaje:</b>	Perno cuya función es unir la maquinaria con la cimentación. Existen gran variedad, el mas utilizado es el que tiene forma de "L".
<b>Riesgo industrial</b>	Probabilidad de que una situación peligrosa se convierta en un daño a las instalaciones de la planta o al personal.

**Seguridad industrial**

Conjunto de conocimientos y técnicas que se emplean con el objetivo de reducir los riesgos industriales.

**Talamina:**

Polvo negro formado por partículas metálicas y lubricante, el cual se desprende al trabajar lámina negra.

## RESUMEN

TUBAC, S.A. es una empresa líder en la fabricación de tubería de acero por medio del proceso de conformado y soldadura eléctrica. Con dicho proceso es posible fabricar tubería de excelente calidad a un precio adecuado. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias la tubería fabricada puede presentar deformaciones en su superficie, lo cual representa una pérdida económica para la empresa. Estas deformaciones superficiales pueden ser corregidas por medio de una máquina enderezadora de tubería. El presente reporte se enfoca en la descripción de las actividades necesarias para realizar el montaje de una máquina enderezadora de tubería en la empresa Tubac, S.A. Así mismo se describe la planificación de dichas actividades y se incluye un estudio de riesgos industriales para el área donde se instalara la maquinaria.

En el capítulo uno se describen aspectos generales de la empresa Tubac S.A., como historia, ubicación, misión y visión, productos, maquinaria utilizada, aspectos físicos de la planta, etc.

En el capítulo dos se describen algunos conceptos relacionados con seguridad industrial y se incluye el análisis de riesgos industriales para el área de conformado y soldado de la línea Mc. Kay. En dicha área se realizara el montaje de la maquinaria.

En el capítulo tres se describen las ventajas y desventajas del proceso utilizado para la fabricación de tubería, las causas y consecuencias de las

deformaciones superficiales, el principio de funcionamiento de la maquinaria, los componentes principales de la maquinaria, la justificación económica del montaje, la descripción de las actividades necesarias, el cronograma general de dichas actividades, el Diagrama de Gantt del proyecto, la determinación de la ruta crítica, un análisis de los posibles inconvenientes, y por ultimo una estimación del tiempo necesario para realizar el montaje.

## OBJETIVOS

- **General**

Planificar las actividades necesarias para el montaje eficiente de una máquina enderezadora de tubería en la línea del molino Mc.Kay de la empresa Tubac, S.A. Y elaborar un análisis de riesgos industriales para el área de conformado y soldado del molino MC. Kay.

- **Específicos:**

1. Identificar las actividades necesarias para ejecutar el montaje de la máquina enderezadora y la relación entre ellas.
2. Planificar y calendarizar dichas actividades de tal manera que se logre un montaje eficiente, aprovechando al máximo los recursos disponibles y afectando lo menos posible las actividades del departamento de producción.
3. Elaborar un Diagrama de Gantt del montaje, identificar las actividades críticas del proyecto y elaborar un esquema de la ruta crítica del mismo.
4. Identificar los posibles inconvenientes que se puedan presentar durante el desarrollo del montaje.

5. Estimar el tiempo necesario para el montaje y la fecha de terminación del mismo.
  
6. Identificar los riesgos más probables que existen en el área de conformado y soldado del molino MC. Kay y proponer una serie de acciones para mitigar los mismos.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tubería de acero es un elemento imprescindible en aplicaciones industriales y estructurales. Esto se debe a que resulta ser un medio ideal para la transportación de fluidos (como vapor de agua, gases industriales, petróleo, etc.) y al mismo tiempo posee las propiedades mecánicas adecuadas para una aplicación estructural. TUBAC, SA es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de tubería de acero de excelente calidad. Actualmente existe una gran variedad de procesos para la fabricación de tubería de acero, sin embargo el más utilizado en Guatemala (y en TUBAC, SA) es el llamado proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica, esto se debe a que otros procesos como la fabricación por extrusión requieren temperaturas bastante elevadas para fundir el material, y por lo tanto no resultan económicamente factibles.

El proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica consiste en alimentar una serie de rodos con bandas de lámina de acero, los rodos (de diferente tamaño y geometría) están dispuestos de tal manera que conforman el tubo, es decir, se le da una forma cilíndrica a la banda metálica introducida. Finalmente, se pasa la banda metálica ya conformada por unos electrodos de soldar, que al hacer contacto con los extremos de la banda elevan la temperatura hasta el punto de fusión, obteniendo como resultado la tubería. Por medio de este proceso se puede producir tubería de excelente calidad a un costo conveniente. Sin embargo, en ciertas ocasiones la tubería puede presentar deformaciones en su superficie. Si bien muchas veces estas deformaciones no afectan demasiado las características funcionales del producto, la mayoría de veces si lo hacen. Esto representa un gran problema en

aplicaciones industriales que requieren precisión y una evidente pérdida económica para la empresa dado que el precio del producto se ve afectado notablemente.

Las deformaciones mencionadas anteriormente se pueden corregir por medio de una máquina enderezadora de tubería. Es por eso que se realizara el montaje de dicha maquinaria en el área de conformado y soldado de tubería de la línea del molino Mc.Kay, la cual se encuentra dentro de las instalaciones de la empresa TUBAC, S.A. Ahora bien, debido a que el montaje de dicha maquinaria se realizara cerca del área de producción de tubería, es muy importante la correcta planificación del mismo. Dicha planificación tendrá como objetivo lograr aprovechar al máximo los recursos de la planta y afectar en lo menos posible las actividades del departamento de producción.

En el presente reporte se describen las características principales de la maquinaria mencionada, las actividades necesarias para su montaje, la identificación de las actividades críticas y los posibles inconvenientes, la elaboración del Cronograma General de actividades y del Diagrama de Gantt del proyecto, y la estimación de la duración del mismo. Además, se considero conveniente realizar un análisis riesgos industriales para el área de conformado y soldado de tubería en la línea de el molino Mc.Kay. El principal objetivo de dicho análisis es identificar los riesgos más probables que existen en el área y proponer acciones para mitigarlos.

# **1. GENERALIDADES**

## **1.1 Información general sobre la empresa**

### **1.1.1. Reseña histórica**

Tubos de Centro America (Tubac, S.A.) inició sus operaciones en 1995, logrando una gran participación en el mercado centro americano, norteamericano y del caribe. Tubac, S.A. conllevó un fuerte esfuerzo administrativo y financiero del grupo CADINSA, para su creación fue establecida como sociedad anónima el 27 de agosto de 1993. A mediados del año 1999, Tubac, S.A. fue adquirida por el grupo Duferco.

En sus inicios solamente se fabricaba tubería con lámina negra, en 1996 se implementó la planta galvanizada diversificando los productos ofrecidos por la compañía. También se implementó el proceso de roscado.

A finales de año 2005, Tubac, S.A. da un gran paso en la competitividad y diversificación de productos adquiriendo un nuevo molino con la capacidad de producir tubería desde 4" hasta 8" y calibres desde 2mm hasta 12mm. A mediados del 2006, Tubac, S.A. nuevamente diversifica sus productos adquiriendo una máquina laminadora con

capacidad para láminas de 4 pies x 8 pies y calibres desde 0.70mm hasta 12mm.

### **1.1.2. Ubicación**

Actualmente las instalaciones de Tubac, S.A. se encuentran ubicadas al final de la Avenida Petapa, Km.11.5 Finca el Frutal, San Miguel Petapa, Guatemala C.A.

### **1.1.3. Visión y misión**

**Visión:** Ser líderes en innovación y diferenciación de productos en la región Centroamericana, México y el Caribe en tubería y otros productos de acero, con el mejor servicio y alta calidad.

**Misión:** Satisfacer las necesidades de nuestros clientes a través de la fabricación de tubería y comercialización de productos derivados de acero, ofreciendo el mejor servicio, realizando nuestros procesos con calidad y buscando la rentabilidad que proporcione una fuente de trabajo estable para nuestros empleados, dentro de un marco de desarrollo sostenible.

#### 1.1.4. Productos

Los productos fabricados por Tubac, S.A. se pueden organizar en cinco grupos:

- Tubería para cañería
- Tubería industrial
- Tubería estructural
- Costanera
- Lámina

Cada uno de estos productos se describen mas detalladamente a continuación.

•**Tubería para cañería:** tubería utilizada para transportación de líquidos y vapor. Se fabrica bajo las especificaciones de la norma ASTM A-53 y BS 1387, la sección es redonda con diámetros entre ½" y 8".

•**Tubería industrial:** tubería utilizada en lo que es fabricación de puertas, balcones, ventanas, etc. Y cualquier otro uso mecánico de baja resistencia. Esta tubería es fabricada bajo las especificaciones de la norma ASTM A-513. Se fabrica tubería con sección redonda desde ½" hasta 1.90" de diámetro, y sección cuadrada desde ½" hasta 2".

•**Tubería estructural:** tubería utilizada en estructuras metálicas. Esta tubería es fabricada bajo las especificaciones de la norma ASTM A-500. Se fabrica tubería con sección redonda desde ½" hasta 8" de diámetro, y sección cuadrada desde ½" hasta 8".

- Costanera:** Polin en forma de “C” comúnmente utilizado como vigas en techos, se fabrican secciones desde 3”x2” hasta 8”x2”

- Lámina:** utilizada en diversas aplicaciones estructurales, se fabrican láminas de 4 pies x 8 pies y calibres desde 0.70mm hasta 12mm.

Además de los productos mencionados anteriormente, Tubac, S.A. también produce pedidos especiales de acuerdo con las necesidades y requerimientos del cliente.

## **1.2. Situación actual de la empresa.**

### **1.2.1. Área de la línea del molino Mc.Kay**

Antes del año 2005 el diámetro de la tubería fabricada en la planta de Tubac, S.A. estaba limitado a seis pulgadas y solo era posible trabajar lámina de chapa delgada. A finales de este año se realizó el montaje de un nuevo molino de conformado en las instalaciones de la empresa. Este nuevo molino (marca Mc. Kay) tiene la capacidad de trabajar tubería de hasta ocho pulgadas de diámetro. Dado que se diversificaron los productos elaborados en la planta, la adquisición del molino Mc. Kay represento un gran impulso financiero para empresa. No obstante, también fue necesario invertir dinero, recursos y tiempo en las instalaciones cercanas al molino.

Actualmente el área de la línea del molino Mc. Kay cuenta con una unidad desenrolladora de bobina, una unidad empalmadora, un acumulador de bobina, un molino de conformado, una soldadura de alta frecuencia, una cortadora automatizada, una biseladora, un equipo para prueba hidrostática, tres grúas, dos montacargas, bandas transportadoras y una sierra accionada manualmente. Las instalaciones de las grúas se encuentran a lo largo de toda el área y la capacidad de las mismas esta distribuida de la siguiente manera: una grúa de dieciséis toneladas y dos grúas de cinco toneladas. Estas grúas son utilizadas por el departamento de producción para transportar materia prima y producto terminado. A mediados del año 2009 el área cuenta con un personal integrado por dieciséis operarios y dos supervisores de producción. Dicho personal se turna para cubrir jornadas diurnas, nocturnas y/o mixtas.

## **1.2.2. Proceso de fabricación de tubería**

### **1.2.2.1. Descripción del proceso**

Actualmente existen una gran variedad de procesos para la fabricación de tubería de acero, sin embargo el mas utilizado en Guatemala es el llamado proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica. En Tubac, S.A. se utiliza este proceso para fabricar tanto tubería como costanera. Si se compara este proceso otros procesos de producción de tubería

relucen diversas ventajas. Por ejemplo, si comparamos el proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica con el proceso de extrusión, resaltan las ventajas económicas del primer proceso. Dado que en el proceso de extrusión es necesario fundir la materia prima para formar la tubería se necesita una gran cantidad de energía térmica, lo cual no es apropiado desde el punto de vista económico. En contraste, las exigencias energéticas del proceso de conformado y soldadura eléctrica se reducen a la energía eléctrica necesaria para poner en marcha la maquinaria de almacenaje, conformado, soldado y transporte.

El proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica consiste en alimentar una serie de rodos de conformado con bandas de lámina de acero. Estas láminas se obtienen cortando en tiras una bobina de acero, también conocida como coil (figura 1). El ancho de cada tira se determina en base al perímetro de la sección de la tubería o costanera. En el caso de tubería con sección circular, el ancho está en función del diámetro de la misma ( $Ancho = 2\pi r$ ).



**Figura 1. Bobina de acero**



Fuente: [http://img.alibaba.com/photo/203239460/Tinplate\\_coil.jpg](http://img.alibaba.com/photo/203239460/Tinplate_coil.jpg)

Una vez cortada en tiras la bobina, estas se transportan al área de conformado. En esta área se hace pasar cada tira de acero por unos rodos de diferente geometría. Estos rodos están dispuestos de tal manera que al ingresar la tira esta va adquiriendo forma cilíndrica conforme pasa por ellos. El conjunto de rodos junto con su sistema de potencia recibe el nombre de molino de conformado. Una vez que la tira adquiere forma cilíndrica y sus dos extremos se han empalmado finaliza el proceso de conformado. El siguiente paso es llevar a cabo el proceso de soldadura eléctrica. Este proceso consiste en suministrar energía a dos electrodos de tal forma que se genere un arco eléctrico, elevando la temperatura hasta el punto de fusión del material.

Es acertado considerar que al finalizar el proceso de soldadura eléctrica la tira de acero se ha convertido en tubería de excelente calidad. Sin embargo, aun quedan subproductos de la soldadura los cuales deben ser removidos por medio de un descordonador, este consiste en una pastilla de tungsteno que desprende el material excedente de la tubería. Es necesario que exista un descordonador tanto para el lado externo de la tubería como para el lado interno.

Una vez que ya no existan subproductos de la soldadura en la tubería, esta es cortada en segmentos y biselada en sus extremos. Luego de realizar el proceso de biselado, se procede a realizar la prueba hidrostática. Esta prueba consiste en introducir agua a presión en el interior de la tubería con el objetivo de garantizar la calidad de la soldadura. Por último, la tubería es agrupada y transportada a la bodega de producto terminado. Todos los procesos descritos anteriormente se realizan mientras la materia prima avanza constantemente, lo cual permite que se obtenga una producción continua.

#### **1.2.2.2. Maquinaria utilizada**

Durante el proceso de fabricación de tubería en el área del molino Mc Kay es necesario utilizar diferente tipo de maquinaria. Dicha maquinaria se describe a continuación:

**Maquinaria de corte Slitter:** Aunque esta máquina no se encuentra en el área del molino Mc Kay es de vital importancia para el proceso. Su función es cortar en tiras la bobina (coil) teniendo en cuenta el diámetro de tubería que se desea fabricar. La maquinaria cuenta con unas cuchillas especiales las cuales se separan entre si por medio de unos espaciadores de hule. Para alimentar esta maquinaria se utiliza un Uncoiler, el cual consiste en tambor giratorio en donde se coloca la bobina y cuya función es desenrollarla previo a ser cortada. Luego de realizar el corte se vuelve a enrollar la bobina con un Recoiler. Prácticamente el funcionamiento del recoiler es el mismo que el del uncoiler, la única diferencia radica en que el primero cuenta con separadores para las tiras de diferentes anchos.

**Unidad desenrolladora (ASPA):** Esta es la primera maquinaria que se encuentra en el área de conformado. Esta unidad se coloca la bobina de tira metálica para luego ser desenrollada y distribuida a la línea de producción. La función de esta maquinaria es la alimentación continua de materia prima evitando las pausas por falta de esta.

**Empalmadora:** Esta maquinaria sirve para unir dos bobinas soldando el final de una con el principio de la otra. Para realizar esta unión es necesario cortar ambas superficies a soldar con el objetivo de evitar irregularidades, luego se juntan

los dos extremos en la empalmadora previo a ser soldados por el soplete.

**Acumulador:** El objetivo del acumulador es almacenar tira metálica en un espacio reducido de tal forma que exista un suministro constante de materia prima hacia el área de conformado, incluso si parte de la línea de producción esta parada. Esta maquinaria es útil sobre todo cuando se esta utilizando la empalmadora, ya que permite unir dos bobinas sin parar la producción. En el caso del molino Mc. Kay, el acumulador consiste en una fosa de profundidad considerable en donde se deja caer la tira para ser utilizada según lo requiera la maquinaria de conformado.

**Molino Mc Kay:** El molino Mc Kay consiste en una serie de rodos de conformado los cuales le van dando forma cilíndrica con forme la tira metálica va pasando entre ellos. La dureza de estos rodos debe ser bastante elevada ya que están sometidos a carga constantemente. Los rodos son desmontables y existe un juego de rodos para cada diámetro de tubería. La distancia entre los rodos se puede graduar dependiendo de las necesidades del departamento de producción.

**Soldadura EMMEDI:** La función de esta maquinaria es soldar la banda una vez que esta ha adquirido forma cilíndrica.

Esta maquinaria se encuentra al final de los rodos de conformado. Después del proceso de soldado la tubería es enfriada haciéndola pasar por un baño de agua emulsiva.

**Cortadora:** Esta máquina consiste en una cierra circular que esta montada en una base móvil, la cual alcanza la velocidad de la tubería para luego realizar el corte. Una vez finalizado el corte la base móvil retrocede para comenzar de nuevo el proceso. Esta máquina permite cortar la tubería en longitudes iguales sin parar la producción.

**Biseladora:** Esta maquinaria consiste en un torno automático, el cual realiza un refrentado y un biselado en los extremos de la tubería. La viruta es limpiada del área por medio de aire comprimido.

**Maquinaria para prueba hidrostática:** Esta maquinaria sella los extremos de la tubería e ingresa agua emulsiva a una presión elevada. Esta máquina sirve para garantizar que la soldadura es de buena calidad.

### **1.2.2.3. Actividades desarrolladas por el personal**

Las actividades desarrolladas por el personal de producción en el área del molino Mc Kay son las siguientes:

- Transportar materia prima y producto terminado.
  
- Colocar materia prima en la unidad desenrolladora (ASPA).
  
- Ingresar la tira metálica en el molino de conformado.
  
- Operar la empalmadora cuando sea necesario unir dos bobinas.
  
- Realizar cambios de rodos según el tipo de tubería que se esta fabricando.
  
- Calibrar distancia y posición de los rodos de conformado.
  
- Quitar cierras de la cortadora para que el departamento de mantenimiento realice el mantenimiento respectivo. Y colocar las cierras en buen estado.
  
- Supervisar que el proceso de soldado se esta realizando adecuadamente, parando la maquinaria si se sospechara lo contrario.

- Retirar manualmente la viruta desprendida por el descordonador, e ingresarla en una compactadora manual para luego enviarla al área de residuos de la planta.
- Transportar la tubería terminada al área de biselado.
- Colocar la tubería en biseladora supervisando que el proceso se efectúe correctamente.
- Colocar la tubería en el equipo para prueba hidrostática.
- Agrupar la tubería y formar atados.
- Transportar los atados a la bodega de producto terminado.
- Cada operario es encargado de verificar constantemente el estado de la maquinaria que esta a su cargo.
- Algunos operarios son encargados de la lubricación de la maquinaria.

### **1.2.3. Aspectos físicos de la planta**

En este capítulo se describirá el espacio físico del área de conformado y soldado de la línea Mc Kay. El objetivo es formarse una idea del ambiente en que trabaja el personal y las condiciones de la planta. Es

necesario tener esta información en cuenta para realizar el estudio de riesgos industriales del área.

### **Edificación:**

La edificación del área del molino Mc Kay está formada por una estructura de acero y concreto, la cual está forrada de lámina galvanizada. Cuando se construyó el edificio se procuró que hubiera suficiente espacio para que no resultaran afectadas las actividades de producción. El techo del edificio es de dos aguas y cuenta con cierta cantidad de láminas transparentes para facilitar la iluminación natural. El piso es de concreto armado, el cual no está pulido para evitar accidentes en el área. Las puertas de la edificación son metálicas enrollables que permiten el tráfico de materia prima y producto terminado.

### **Ventilación:**

El edificio no cuenta con ventanas ni extractores para mejorar la ventilación. Sin embargo, la parte superior de la edificación permite que el aire y los vapores producidos evacúen el área. La ventilación se da entonces de forma natural. Es decir, que al mismo tiempo que el aire caliente sube evacuando el área (por diferencia de densidades), el aire fresco ingresa por las puertas de la edificación.

### **Iluminación:**

La iluminación del área se logra tanto por luz natural como artificial. La luz natural entra al edificio al atravesar las láminas transparentes que se encuentran en el techo. Sin embargo, muchas veces la luz natural no



es suficiente para que el personal desarrolle sus actividades eficazmente. Por tal motivo el área cuenta con varias lámparas reflectoras para mejorar la iluminación, las cuales se conectan durante la noche o bien durante el día si la situación lo amerita.

**Ruido:**

El nivel de ruido en la planta es bastante elevado. Dado la naturaleza de los materiales y del proceso de producción de tubería es prácticamente imposible reducir los niveles de ruido en el área. El ruido es producido tanto por las vibraciones de la maquinaria como por el trabajo que se realiza sobre la materia prima. Por otro lado, el proceso de transporte de producto terminado también genera ruido considerable.



## 2. FASE DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. Riesgos industriales y seguridad industrial

#### 2.1.1. Definición de riesgo industrial

Si se desea realizar un estudio de riesgos industriales es imprescindible que se definan primero algunos términos relacionados con el tema. Cuando se afirma que cierta actividad es riesgosa, se está sugiriendo que durante el desarrollo de dicha actividad pudiese ocurrir un daño en determinado momento. Pero, ¿Cuál es la diferencia entre un riesgo, un peligro, y un accidente? Definir y diferenciar cada uno de estos términos es muy importante a la hora de realizar un estudio de riesgos industriales. Si recurrimos a la literatura especializada en el tema encontramos estas tres definiciones:

*“**Peligro:** Fuente de energía y factores psicológicos y conductuales que, cuando no se controlan, conllevan a incidencias perjudiciales.”<sup>1</sup>*

*“**Accidente:** Evento que ocurre por casualidad o por causas desconocidas (y, por lo tanto, no prevenibles).”<sup>1</sup>*

*“Riesgo: Efecto supuesto de un peligro no controlado, apreciado en términos de la probabilidad de que sucederá, la severidad máxima que cualquier lesión o daño, y la sensibilidad del público a tal incidencia.”<sup>1</sup>*

Entonces, se puede afirmar que el desarrollo de toda actividad humana implica que existan peligros relacionados. Estos peligros, si no se controlan llegan a significar daños al personal, a la maquinaria, a las instalaciones, al medio ambiente, etc. Ahora bien, dicho en palabras sencillas; un riesgo es la probabilidad de que un peligro se pueda transformar en daño, considerando las consecuencias más desfavorables de esta transformación. Pero, ¿Qué es un riesgo industrial? Un riesgo industrial es un riesgo inherente a la industria, dicho en otras palabras, son eventos de naturaleza industrial que probablemente lleguen a ocurrir y causar un daño o pérdida. Ahora bien, un accidente es un evento desfavorable que es totalmente impredecible. Durante el desarrollo de cualquier actividad, por muy controlada y organizada que sea, existe la posibilidad de que ocurra un accidente. Dado que un estudio de riesgos industriales se enfoca en predecir los peligros y sus consecuencias, la reducción de accidentes queda fuera de los alcances del mismo.

Es evidente que resulta muy importante que la gerencia de una planta visualice los riesgos industriales que existen durante el desarrollo de las actividades de la misma, de tal forma que se tenga la capacidad de reducir los daños que se pudiesen ocurrir. Sin embargo, muchas veces la gerencia se enfoca únicamente en los logros económicos de las actividades industriales, por lo que es muy importante visualizar los riesgos industriales desde el punto de vista económico. Por ejemplo, si

bien resulta inapropiado expresar las lesiones del personal de la planta en pérdidas monetarias, existe un costo asociado (tratamiento, rehabilitación, etc.). Por otro lado, el costo de los daños a la maquinaria y a las instalaciones es mas evidente, pudiendo incluso afectar la producción de la planta.

### **2.1.2. Tipos de riesgos industriales**

Los riesgos industriales se pueden clasificar según su naturaleza. Entre los principales tipos de riesgos industriales que existen actualmente se encuentran los siguientes:

- **Riesgos relacionados con las condiciones de la planta.** Originados por mala iluminación, ventilación, textura del piso, niveles de ruido excesivos, etc.
- **Riesgos en el manejo de materia prima y producto terminado:** Originados por las actividades de empaquetado y transporte de cargas entre diferentes puntos de la planta.
- **Riesgos relacionados con el manejo de desechos y subproductos:** Por ejemplo, el manejo de muchos de los subproductos de la industria metalmecánica implica el riesgo de corte.
- **Riesgos mecánicos:** Originados por la exposición a las partes no protegidas de la maquinaria utilizada en la planta.

- **Riesgos relacionados con la exposición energía eléctrica:**  
Originados al trabajar con componentes eléctricos sin el conocimiento necesario o bien sin el equipo adecuado.
- **Riesgos relacionados con la exposición a productos químicos:**  
Originados al manipular productos químicos sin el equipo adecuado.

### **2.1.3. Seguridad industrial**

La seguridad industrial es una disciplina que estudia las normas y métodos para reducir los riesgos industriales inherentes a las actividades de producción. Esta disciplina se desarrollo a partir de las actividades industriales a finales del siglo XIII. Según Grimaldi “muchos casos de lesiones que ocurren en lugares de trabajo pueden ser anticipados.” Es aquí donde la seguridad industrial juega un papel sumamente importante, identificando los riesgos que existen en determinado proceso de producción y proponiendo normas y métodos para reducirlos.

La seguridad industrial implica entonces la protección de los trabajadores, la implementación de controles técnicos, y la formación vinculada al control de riesgos. Para proteger a los trabajadores en el área de trabajo es indispensable el uso del equipo adecuado según la naturaleza de las actividades, la protección de partes móviles de la maquinaria, la colocación de rótulos que indiquen el equipo necesario y la

señalización de los riesgos que existen en el área, así como la implementación de procedimientos destinados a reducir los riesgos industriales. Cabe destacar que la seguridad industrial no es un concepto absoluto ya que es imposible garantizar la ausencia de accidentes en una actividad industrial.

Muchas veces la gerencia de una planta se enfoca bastante en los resultados económicos de las actividades de la misma, es por eso que es importante resaltar que un buen manejo de la seguridad industrial implica un ahorro considerable de costos ya que un accidente dentro de la planta puede tener consecuencias tanto para el personal como para la maquinaria y para el producto que se fabrica. Además, si se logra un ambiente de trabajo adecuado, es evidente que la productividad del personal se incrementa notablemente.

#### **2.1.4. Nomenclatura relacionada.**

El objetivo de esta sección es describir alguna nomenclatura y simbología relacionada con la seguridad industrial. Es importante tener en cuenta esta información ya que facilita la comunicación con el operario o el técnico que labora en las instalaciones de la planta. Tal vez la nomenclatura que más importancia hay que prestarle en cualquier planta es la que se relaciona con los tipos de extintores. Existen cuatro tipos de extintores, cada uno de estos tienen una aplicación específica:

1. **Extintores para fuego clase "A". (Verde):** Fuego producido por combustible común.

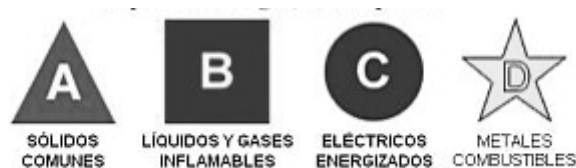
2. **Extintores para fuego clase "B". (Rojo):** Fuego producido por líquidos inflamables, grasas o gases.

3. **Extintores para fuego clase "C" (Azul):** Para apagar todo fuego relacionado con equipos eléctricos, el agente extintor no es conductor de la electricidad.

4. **Extintores para fuegos clase "D" (Amarillo):** Para apagar todo tipo de fuego con metales como el magnesio, el titanio, el potasio y el sodio.

También existen extintores que pueden apagar mas de una clase de fuego, estos se denominan como clases AB, BC, ABC, etc. Es común utilizar un sistema de identificación de extintores según su clase, el cual se muestra a continuación:

**Figura 2. Sistema de identificación de extintores.**



Fuente: <http://siahoanaco.over-blog.es/article-33377031.html>



Por otro lado, también existe un código general de colores relacionado con seguridad industrial. Los colores asignados son los siguientes:

- Rojo:** Es un color que señala peligro, detención inmediata y obligada.
- Naranja:** Se usa como color básico para designar partes peligrosas de máquinas o equipos mecánicos que puedan cortar, aplastar o lesionar. También se utiliza en equipos de transporte.
- Amarillo:** Indica atención y peligros físicos como caídas, golpes, etc.
- Verde:** Indica seguridad y la ubicación del equipo de primeros auxilios.
- Azul:** Se utiliza para indicar advertencia y para llamar la atención de un arranque de maquinaria.
- Púrpura:** Indica riesgo producido por radiaciones ionizantes.
- Blanco:** Indica vía libre o vía de una sola dirección, también se aplica a zonas que deben mantenerse en buen estado de limpieza.
- Negro:** Generalmente se combina con los demás colores para resaltar su significado, o para significados especiales.

Por último, es importante tomar en cuenta la simbología relacionada con las advertencias, prohibiciones y obligaciones dentro de la planta ya que con esta simbología se le comunica al operario los riesgos que conlleva determinado proceso de producción, el equipo necesario dentro de la planta, etc. En la sección de anexos se pueden consultar alguna de esta simbología.

### **2.1.5. Instituciones relacionadas con la seguridad industrial y la reducción de desastres naturales en Guatemala.**

Según el Artículo 11 del Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo, el Ministerio del Trabajo y Previsión Social, así como el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), son los encargados de la aplicación, control y vigilancia de las medidas de higiene y seguridad en los centros de trabajo. Por lo tanto, toda empresa que se dedique a la actividad industrial debe cooperar con dichas instituciones, así como acatar las normas que estas promuevan.

El Ministerio de Trabajo y Previsión Social fue creado el 8 de febrero de 1947 con la emisión que hiciera el Congreso de la República del Decreto número 330, Código de Trabajo, que cobró vigencia el 1 de mayo de 1947 y que claramente en su artículo 274 estableció; "El Ministerio de Trabajo y Previsión Social tiene a su cargo la dirección, estudio y despacho de todos los asuntos relativos al trabajo y la previsión social."

Por otro lado, el 30 de octubre de 1946 el Congreso de la República de Guatemala emite el Decreto número 295, "LA LEY ORGÁNICA DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL". Se crea así "Una Institución autónoma, de derecho público de personería jurídica propia y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones, cuya finalidad es aplicar en beneficio del pueblo de Guatemala, un Régimen Nacional, Unitario y Obligatorio de Seguridad Social, de

conformidad con el sistema de protección mínima" Se forma así el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

En cuanto a la reducción de desastres, el 12 de diciembre de 1996 se estableció por el decreto número 109-96 del Congreso de la República la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) la cual fue creada como la entidad encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de la presencia de los desastres. Dicha institución esta integrada por dependencias y entidades del sector público y del sector privado.

#### **2.1.6. Legislación.**

En Guatemala los esfuerzos para mejorar las condiciones de trabajo en la industria se iniciaron en 1923, en este año los gobiernos de Centroamérica se reunieron con el objetivo de unificar las leyes protectoras de los obreros. Posteriormente, en 1961 entro en vigor el Código de Trabajo de la República de Guatemala, el cual contiene las medidas de higiene y seguridad en el trabajo en el título V.

Por otro lado, en la Constitución de la Republica de Guatemala en el Título II del Capítulo II, Sección VII se refiere a salud, seguridad y asistencia social. En esta sección establece que el goce de salud es un derecho fundamental del ser humano sin discriminación alguna y que el estado deberá velar por la salud y asistencia social de todos los habitantes, para lo cual desarrollará a través de instituciones, acciones de prevención.

Ahora bien, tal como se mencionó al inicio del capítulo, el actual Código de Trabajo regula en el título V, capítulo único, Artículo 197, lo relativo a seguridad e higiene en el trabajo, estableciendo entre otros aspectos que todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores y para este efecto, debe proceder dentro del plazo fijado por la Inspección General del Trabajo, a introducir por su propia cuenta, todas las medidas de higiene y seguridad industrial en los lugares de trabajo.

En el Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo, se establecen las condiciones de observancia general de la República de Guatemala, y sus normas son consideradas de orden público. Por lo que se refiere a las obligaciones de los patronos, el reglamento es más amplio:

**Artículo 4to.** Todo patrono o su representante, intermediario o contratista debe adoptar y poner en práctica en los lugares de trabajo, las medidas adecuadas de seguridad e higiene para proteger la vida, la salud y la integridad corporal de sus trabajadores especialmente en lo relativo:

- a) A las operaciones y procesos de trabajo;
- b) Al suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal;
- c) A las edificaciones, instalaciones y condiciones ambientales;

- d) A la colocación y mantenimiento de resguardos y protecciones de las máquinas de todo genero de instalaciones.

**Artículo 5to.** Son también obligación de los patronos:

- a) Mantener en buen estado de conservación, funcionamiento y uso, la maquinaria, instalaciones y útiles;
- b) Promover la capacitación de su personal en materia de higiene y seguridad en el trabajo;
- c) Facilitar la creación y funcionamiento de las “Organizaciones de Seguridad” que recomienden las autoridades respectivas;
- d) Someter a exámenes médicos a los trabajadores para constatar su estado de salud y su aptitud para el trabajo antes de aceptarlos en su empresa, y una vez aceptados, periódicamente para control de su salud;
- e) Colocar y mantener en lugares visibles, avisos, carteles, etcétera, sobre higiene y seguridad.

Por lo tanto, según la legislación guatemalteca el patrono es el responsable de velar por la seguridad industrial en los lugares de trabajo, y es deber del estado velar por que las acciones tomadas para brindar seguridad a los trabajadores sean las adecuadas.

## **2.2. Análisis de riesgos industriales para el área de conformado y soldado de tubería de la línea Mc.Kay**

En este capítulo se identificaran y analizaran los posibles riesgos que se pudiesen llegar a suscitar en el área de conformado y soldado de la línea Mc.Kay. Luego de recopilar esta información se procederá a elaborar una propuesta para reducir los riesgos identificados.

### **2.2.1. Identificación de los riesgos mas probables**

El primer paso necesario para realizar el estudio de riesgos industriales en el área fue identificar cada una de las situaciones peligrosas a las que podrían estar expuestas el personal, la maquinaria, o bien las instalaciones de la planta. Para obtener esta información se recurrió a un estudio de campo en el área de interés. Este estudio de campo consistió en la recolección de información por medio de la observación directa de las actividades realizadas en el área, y por medio de entrevistas con el personal y el supervisor de producción.

Luego de realizar el estudio de campo mencionado se recopiló toda la información relacionada con los posibles riesgos industriales del área. Además, se encontró conveniente clasificar los riesgos industriales que se identificaron en tres grupos:

- Riesgos relacionados con la mano de obra
- Riesgos relacionados con la maquinaria
- Riesgos externos.

Cada uno de estos grupos se detallara en los capítulos siguientes, así como los riesgos industriales que los conforman.

#### **2.2.1.1. Riesgos relacionados con la mano de obra**

Este grupo se encuentra conformado por todos aquellos riesgos que se pudiesen ocasionar debido a un descuido o a prácticas inadecuadas por el personal del área. La mayoría de estos riesgos fueron identificados al observar la manera como los operarios del área desarrollaban sus actividades diarias. Los riesgos identificados son los siguientes:

- Riesgo de cortadura en la manipulación de fleje (bandas de lámina delgadas), el cual es utilizado para agrupar tubería en “atados”.
- Riesgo de cortadura durante el transporte de tubería que no ha sido biselada todavía.
- Riesgo de lesiones provocadas por resbalar en el área, sobre todo en el área de refrigeración (luego del proceso de soldadura) y en el área de prueba hidrostática, donde se derrama constantemente agua emulsiva.
- Riesgo que quemadura al limpiar área del descordonador, donde se acumula viruta caliente la

cual debe ser removida constantemente durante el proceso. Así mismo existe riesgo de cortadura al transportar y compactar viruta desprendida por el descordonador.

- Riesgo de daños a los órganos auditivos provocados por el ruido presente en la planta.
- Riesgo de ser atropellado por algún camión que transporte materia prima o producto terminado, situación que es muy probable si el operario no está atento, el ruido es considerable, y el conductor es imprudente.
- Riesgo de lesiones graves al personal del área, e incluso riesgo de muerte, si en dado momento llegase a caer el producto terminado que está estibado en el área. Esto puede suceder si el producto terminado no es colocado adecuadamente, si se estiba demasiado, o si el operario de la grúa es descuidado.

#### **2.2.1.2. Riesgos relacionados con la maquinaria**

Este grupo está conformado por todos aquellos riesgos que son producidos por la maquinaria. Estos riesgos pueden ser causa del funcionamiento propio de la maquinaria, o bien de algún desperfecto que está presente. Es evidente que estos



riesgos pueden afectar tanto al personal como a la maquinaria misma y a las instalaciones de la planta. Los riesgos identificados son los siguientes:

- Riesgos de daño en los circuitos eléctricos de la maquinaria. Si esto llegase a ocurrir se podrían dañar los componentes eléctricos de la maquinaria, provocar daños al personal por exposición a corriente eléctrica, e incluso aumentar el riesgo de incendio en la planta. Es importante verificar el estado de los aislantes en los circuitos, y restringir el acceso de los mismos al personal debidamente capacitado en el tema.
- Riesgo de exposición del personal a partes móviles de la maquinaria. Esta situación podría provocar que el personal sufra fracturas o cortaduras. Es importante colocar la adecuada protección a las partes móviles de la maquinaria y advertir al personal del peligro tanto verbal como gráficamente.
- Riesgo de incendio provocado por procesos que liberan calor, sobretodo en el área de soldado y conformado de tubería. En esta área el calor se produce ya sea por el arco eléctrico o bien por la fricción entre la lámina y los rodos de conformado. El riesgo es relativamente bajo ya que no se trabaja con material considerablemente inflamable, sin embargo es posible que algunas grasas o lubricantes puedan incendiarse. Es importante conocer sobre las diferentes clases de incendio y los agentes

extintores adecuados para cada una de ellas, en la sección de anexos se encuentra información relacionada con el tema.

- Riesgo de lesiones al personal en caso que la máquina se averíe o que se quiebren ciertos componentes de la misma. Si esto pasara es posible que se desprendan componentes de la maquinaria a gran velocidad lo cual puede llegar a resultar fatal. Este riesgo esta presente principalmente en el área de roscado-biselado y en el área de corte.

#### **2.2.1.3. Riesgos externos.**

Se considerara riesgo externo a todo aquel que no esta relacionado con el proceso de producción, generalmente estos riesgos son ocasionados por factores climáticos. Los riesgos identificados son los siguientes:

- Riesgo de sismo o terremoto; el riesgo de exista actividad sísmica en la localidad de la planta esta presente, por lo que hay que tomar las precauciones correspondientes.
- Riesgo de inundación; este riesgo es elevado sobre todo en época de invierno o en periodo de huracanes. La cercanía del río Villa Lobos a las instalaciones de la planta aumentan este riesgo,

este río no se caracteriza por tener un caudal elevado pero en invierno o durante un huracán el caudal podría aumentar exageradamente.

- Riesgo de aislamiento de la planta, este riesgo se puede derivar de un deslave cerca de la carretera que conecta con la ciudad de Guatemala, o bien si se llegase a dañar el puente que conecta con Villa Nueva.
- Riesgo de daños ocasionados por rayos; en una tormenta existe el riesgo de que las instalaciones de la planta resulte dañadas por descarga eléctrica, sobre todo la edificación de la planta. Por tal motivo es importante monitorear el estado de los pararrayos que se encuentran en los techos de la misma.
- Riesgo de contaminación del aire, la cual se llega a producir por la elevada concentración de polvo en la localidad, especialmente en verano. Esta contaminación imposibilita el buen funcionamiento de la maquinaria y afecta la salud y concentración del personal.

## **2.2.2. Propuesta para reducir los riesgos industriales identificados.**

Luego de identificar los riesgos que existen en el área es posible analizar sus causas y proponer acciones para reducirlos. Las acciones se enfocan al uso adecuado de equipo industrial, la correcta aplicación de procedimientos y métodos durante las actividades de producción y mantenimiento, y la constante capacitación del personal. Las propuestas englobadas en cada uno de estos aspectos se detallan en los próximos capítulos.

### **2.2.2.1. Propuesta del equipo necesario**

En este capítulo se describirá el equipo necesario para reducir parte de los riesgos que existen en la planta. Es importante mencionar que aunque el personal cuente con el equipo adecuado esto no garantiza que no existan los riesgos anteriormente identificados. Es por eso que además de utilizar el equipo, el personal debe estar atento durante el desarrollo de sus actividades diarias, evitando situaciones riesgosas. El equipo necesario identificado se describe a continuación:

- Guantes: Indispensables para disminuir el riesgo de cortadura al manipular fleje y tubería que aun no ha sido biselada. También se necesitan reducir el riesgo de quemaduras en el área del descordonador y para evitar cortaduras al compactar la viruta.

- Herramienta para desprender viruta (Pinzas y ganchos): Es importante utilizar la herramienta adecuada para retirar viruta del descordonador de tal forma que se facilite el proceso y se reduzca el riesgo de quemaduras o cortaduras.
- Tapones: Necesarios para evitar daños provocados por la exposición al ruido que existen en la planta y reducir el riesgo de que el personal sufra de sordera.
- Casco: Indispensable el uso de casco en toda la planta pero en especial en el área de estibado de producto terminado, de tal forma que se minimicen el riesgo de daño al personal si se llegase a caer producto.
- Lentes de protección: El uso de lentes de protección es muy importante en aquellos procesos en donde se desprendan partículas, sobre todo en el área de corte de tubería.
- Mascarilla: El uso de uso de mascarillas es adecuado si la concentración de polvo fuese tan grande como para afectar las actividades en la planta.
- Extintores: Indispensable colocar extintores cerca de las áreas propensas a incendio.
- Protectores de partes móviles de maquinaria: Es importante cubrir las partes móviles de la maquinaria que

puedan causar daño al personal. De esta forma se reduce el riesgo de fracturas o cortaduras en el área. En la sección de anexos se muestran partes de maquinaria en donde es común que el operario sufra cortaduras o lesiones si hay exposición a las mismas.

#### **2.2.2.2. Propuesta de procedimientos y acciones.**

A continuación se proponen algunos procedimientos y acciones que serían adecuadas tomar para reducir los riesgos que existen en la planta:

- Colocación de rótulos que indiquen el uso del equipo y los diferentes riesgos que existen en la planta.
- Revisión y mantenimiento preventivo a la maquinaria para evitar daños de la misma, daños al producto terminado o a la materia prima, o daños al personal.
- Revisión constante de los componentes eléctricos de la maquinaria.
- Limpieza constante del área de refrigeración y prueba hidrostática de tal forma que no exista agua emulsiva derramada en el suelo. De esta forma se reduce el riesgo de lesión al personal por resbaladura.

- Limitación de la velocidad de los camiones que transportan materia prima o producto terminado dentro de las instalaciones de la empresa. De esta forma se reduce el riesgo de ser atropellado a las afueras del área de producción. Esto se puede lograr colocando rótulos y túmulos cerca de donde transita el personal.
- Revisión constante de la colocación de producto terminado en la bodega, de tal manera que no se estribe demasiado y que las condiciones en la bodega sean lo suficientemente seguras como para transitar por el área. Además, verificar que el producto terminado este colocado de tal forma que no represente un peligro si se llegase a suscitar un sismo.
- Limitación de la velocidad en que puede avanzar la grúa en el área de bodega de producto terminado, de tal manera que se reduzca el riesgo de que caiga producto por descuido del operario, causando daño al personal y a la maquinaria.
- Limpieza y despeje de los pasillos de entrada y salida del área de producción, de tal forma que si se llegase a suscitar un incendio o un sismo se facilite la evacuación del personal.

### **2.2.2.3. Propuesta de capacitación**

De todas las acciones que serán necesarias tomar para reducir los riesgos industriales en la planta, la capacitación del personal es la más importante. Esto se debe a que aunque el equipo y los

procedimientos sean los más adecuados, si el personal no cuenta con la debida capacitación para realizar sus actividades diarias los riesgos industriales que existen en la planta se vuelven mas probables. Las propuestas de capacitación al personal son las siguientes:

- Capacitación del personal encargado de operar grúas y montacargas en el área de bodega de producto terminado.
- Capacitación del personal encargado de operar la maquinaria necesaria para la producción de tubería, haciendo énfasis en el uso de esta maquinaria y los riesgos que este conlleva.
- Capacitación al personal sobre el uso adecuado del equipo de protección (guantes, tapones, casco, etc.) y las consecuencias de no utilizarlo.
- Capacitación al personal sobre el uso del extintor y como utilizarlo efectivamente en caso de incendio.
- Capacitación a todo el personal sobre las acciones adecuadas a tomar en caso que ocurra un sismo, un incendio, o bien una inundación en la planta.



### **3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

#### **3.1 Ventajas y desventajas del proceso de fabricación de tubería en la planta TUBAC, S.A.**

Como se mencionó en el Capítulo 1, existen varios procesos para fabricar tubería de acero. Sin embargo, el más utilizado en Guatemala es el llamado proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica. Este proceso es utilizado en TUBAC, S.A. para fabricar tubería de sección redonda y costanera. Es indudable que este proceso tiene muchas ventajas en comparación con otros procesos de producción de tubería, como es el caso del proceso de extrusión. Fabricar tubería de acero por extrusión requiere una gran cantidad de energía térmica. Por lo tanto, desde el punto de vista económico resulta más apropiado producir tubería por conformado y soldado. Por otro lado, el proceso de fabricación por conformado y soldadura eléctrica también tiene desventajas que no se pueden obviar.

El objetivo de este capítulo es analizar todas las ventajas y desventajas del proceso de fabricación de tubería por conformado y soldado, el cual es el utilizado en la planta TUBAC, S.A.

Una de las ventajas de este proceso, es que es posible fabricar tubería de prácticamente cualquier diámetro, realizando ajustes en los rodos del molino y en el ancho de la banda de acero introducida. Además, también es posible ajustar el largo de la tubería variando el intervalo de tiempo en que se corta la misma. Esto permite que se pueda fabricar eficazmente tubería con diámetros o longitudes poco comunes, satisfaciendo las necesidades de clientes que necesiten tubería para aplicaciones especiales. Es evidente que esto representa una gran ventaja competitiva para la planta.

Otra ventaja, como ya se mencionó anteriormente, es el ahorro energético al no ser necesario fundir la materia prima para elaborar la tubería.<sup>1</sup> Por lo tanto, resulta mucho más económico el proceso de conformado y soldado en comparación a otros procesos, ya que prácticamente los elementos que consumen más energía (en este caso energía eléctrica) son los sistemas de potencia del molino de conformado, el sistema de acumulación de materia prima, el equipo de soldadura y el equipo de corte. Una ventaja derivada del hecho de que no es necesario fundir la materia prima, es la considerable reducción de riesgos de incendio en la planta o bien quemaduras por parte del personal. Aunque, es importante resaltar que el riesgo siempre permanece latente en el proceso de soldado.

Por último, una ventaja del proceso de conformado y soldado que no se puede dejar de mencionar es la capacidad de ingresar nueva materia prima sin realizar paros en la producción. Esto es posible por medio de un acumulador de materia prima que tal como se mencionó en el capítulo 1 consiste en una fosa en donde se deja caer la materia prima y de donde se extrae según las necesidades del proceso de conformado.

Es evidente que por medio del proceso de conformado y soldado se puede producir tubería de excelente calidad a un costo apropiado. Sin embargo, también existen inconvenientes que son importantes mencionar. El primero de ellos se refiere al proceso de soldadura. Este proceso es indispensable para la fabricación de tubería, sin embargo también limita la presión máxima que puede soportar la misma, ya que a una elevada presión la tubería se romperá siempre en la región de soldadura. Una soldadura deficiente implica tubería de mala calidad, e incluso puede ocasionar situaciones peligrosas. Es por eso que es sumamente importante verificar que el proceso de soldadura se desarrolle correctamente. Con ese objetivo se implementó en la planta la prueba hidrostática, la cual consiste en introducir agua en la tubería incrementando la presión gradualmente hasta una presión máxima de referencia.

Existen dos desventajas del proceso de conformado y soldado que se relaciona directamente con el ambiente de trabajo en la planta, y por lo tanto afecta directamente al personal. Estos son; la producción de ruido en el proceso de conformado y la contaminación del área de trabajo. El primero de ellos se debe al hecho de que en el proceso de conformado se obliga a la banda metálica a pasar entre los rodos de conformado, lo cual produce un ruido considerable. Este ruido se agrega al ruido ocasionado por los motores y transmisiones del molino. Es por eso que es sumamente importante que el personal utilice equipo de protección.

La segunda desventaja se debe a que en el proceso de conformado se reprenen partículas metálicas con lubricante de la banda metálica ingresada. Estas partículas también son conocidas como talamina. El problema radica en que se contamina el área de producción afectando el rendimiento del personal. El problema empeora cuando la talamina se mezcla con el agua emulsiva

utilizada en procesos de refrigeración. Esto forma lodos que además de contaminar el área resulta peligroso para el personal, ya que la mezcla resultante hace del piso una superficie bastante deslizante.

Otra desventaja del proceso de conformado y soldado son las dobladuras superficiales en la tubería. Estas pueden resultar como consecuencia de diversos factores, tales como la diferencia de temperatura en el proceso de soldado, materia prima poco dúctil, ajustes y graduaciones en la maquinaria, etc. Todos estos factores se analizarán más detalladamente en el siguiente capítulo. Ahora bien, el problema de estas deformaciones superficiales radica en que como no se logra una superficie totalmente homogénea, se ve afectada notablemente su utilidad en aplicaciones estructurales o de conducción de fluidos. Es evidente que esto afecta también el valor de la tubería en el mercado.

En resumen el proceso de producción de tubería por conformado y soldado tiene las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- No es necesario fundir la materia prima.
- Es más económico que otros procesos de producción de tubería.
- Se pueden trabajar diversos diámetros haciendo ajustes a la maquinaria y a las bandas metálicas.
- Se pueden producir tubería de cualquier largo, variando el intervalo de corte de la misma.
- El riesgo de incendio en la planta es muy bajo.
- El riesgo de quemaduras es muy bajo.

Desventajas:

- La presión máxima de la tubería se ve limitada por la soldadura de la misma.
- Se produce ruido considerable en el proceso de conformado.
- Contaminación de la planta por talamina desprendida en el proceso de conformado.
- Deformaciones superficiales en la tubería ocasionadas por diversos factores.

### **3.2 Causas y consecuencias de las deformaciones producidas en la tubería.**

Como se mencionó en el capítulo anterior, una de las desventajas del proceso de fabricación de tubería por conformado y soldadura eléctrica son las formación de deformaciones superficiales en la tubería. Este la tubería que presenta este defecto representa un porcentaje considerable de la producción (aproximadamente del 3 al 5%). Estas deformaciones superficiales son de especial interés ya que son las que se pretenden reducir por medio de la máquina enderezadora de tubería, la cual se implementara en la planta. Resulta entonces bastante adecuado analizar que factores causan las deformaciones superficiales de la tubería y cuales son las consecuencias de las mismas.

La primera causa que se puede identificar tiene que ver con la materia prima. Si se analiza el proceso de conformado, es evidente que la banda metálica adquiere una forma totalmente cilíndrica solo si es lo suficientemente

dúctil para acomodarse a la forma de los rodos. De lo contrario, se formarían en la banda metálica pequeñas “quebraduras” conforme esta va siendo moldeada por los rodos de conformado. Mucha de la materia prima utilizada en la planta proviene del extranjero, razón por lo cual resulta difícil verificar su ductilidad antes de realizar la compra. Afortunadamente, es poca la materia prima que no cuenta con la suficiente ductilidad como para ser conformada adecuadamente.

Otra causa de deformaciones en la tubería es la diferencia de temperaturas que se producen en el proceso de soldado. Esto se ocurre sobre todo cuando el amperaje aplicado es muy elevado. El problema radica en que al elevar la temperatura en una pequeña región, esta se expande mientras el resto de la tubería permanece sin ningún cambio, como resultado se genera una deformación en la tubería. Si luego del proceso de soldadura la tubería tuviera el tiempo suficiente para recuperar su forma original antes de enfriarse, no se producirían deformaciones por este proceso. Sin embargo, luego del proceso de soldado la tubería pasa por un proceso de refrigeración, razón por la cual la deformación resulta permanente.

Tal vez la principal causa de deformaciones en la tubería es el proceso de calibración del molino de conformado. Resulta útil describir este proceso para entender mejor como se dan las deformaciones derivadas del mismo. Cada molino de conformado tiene la capacidad de trabajar tubería con un rango de diámetros determinado. En el caso del molino Mc. Kay, este rango está entre las 2” y 8” (5.08cms-20.32cms). Ahora bien, en la planta se cuenta con un juego de rodos para cada diámetro de tubería que se fabrica. De esta forma, si se desea cambiar el diámetro de la tubería que se está produciendo, hay que cambiar el juego de rodos en el molino y el ancho de las bandas metálicas que

se ingresan. Luego de este cambio, es necesario calibrar la posición de cada rodó, ya que al tener diferentes dimensiones que el rodo anterior, el conjunto de rodos no queda totalmente alineado. Ahora bien, para calibrar la posición de los rodos de conformado es necesario pasar materia prima a través de ellos, con el objetivo de asegurarse que esta se ajusta adecuadamente a los mismos. Al analizar el proceso de calibración, es evidente que la tubería formada mientras se realiza dicho proceso tendrá dobladuras considerables.

Se puede entonces identificar tres causas de las deformaciones en la tubería; materia prima poco dúctil, el proceso de soldadura eléctrica al trabajar con amperajes elevados y el proceso de calibración del molino luego del cambio de rodos de conformado. Para finalizar, se identificaran las consecuencias de estas deformaciones.

Se pueden mencionar dos consecuencias; el deterioro de la utilidad técnica de la tubería, y la reducción del precio de venta de la misma. El problema de la tubería con dobladuras o deformaciones en su superficie es que ya no se puede utilizar eficientemente en aplicaciones industriales o estructurales. Por ejemplo, en aplicaciones de conducción de fluidos frecuentemente es necesario unir varios tramos de tubería, lo cual se logra roscando los extremos de la tubería y utilizando coplas. Sin embargo, si la tubería esta doblada o deformada, el proceso de roscado se dificulta pudiendo incluso causar daños a la maquinaria y/o al personal. Esto se debe a que para realizar el proceso de roscado la tubería debe girar alrededor de un eje de forma simétrica, situación que no ocurre si esta doblada. Se puede afirmar que una de las consecuencias de las deformaciones en la tubería es la dificultad de realizar el proceso de roscado. Por otro lado, es obvio que la tubería no resulta adecuada para muchas

aplicaciones estructurales, sobre todo aquellas en las que se necesite trabajar con márgenes de tolerancia ajustados.

Derivado de todo lo descrito anteriormente, existe una consecuencia económica y es que al no llenar los requisitos para aplicaciones industriales y estructurales la tubería se considera de segunda calidad. Esto afecta considerablemente su precio de venta, el cual cae a un 65% del precio original. Por tal razón la administración de la planta esta interesada en reducir el porcentaje de tubería con deformaciones.

### **3.3 Corrección de las deformaciones por medio de una máquina enderezadora.**

Como se mencionó al principio del capítulo anterior, se desea montar en la planta una máquina enderezadora de tubería. El objetivo es tener la capacidad de corregir las deformaciones superficiales que se ocasionan en el proceso de conformado y soldado. La máquina enderezadora que se adquirió fue fabricada en 1969 por la compañía de Ingeniería SUTTON. Es evidente que la maquinaria ha tenido un tiempo de servicio considerable. Razón por la cual será necesario realizar ciertas actividades de mantenimiento, las cuales se detallaran más adelante. En los siguientes capítulos se describirá el principio de funcionamiento de la maquinaria y los resultados que se desean obtener con la misma.

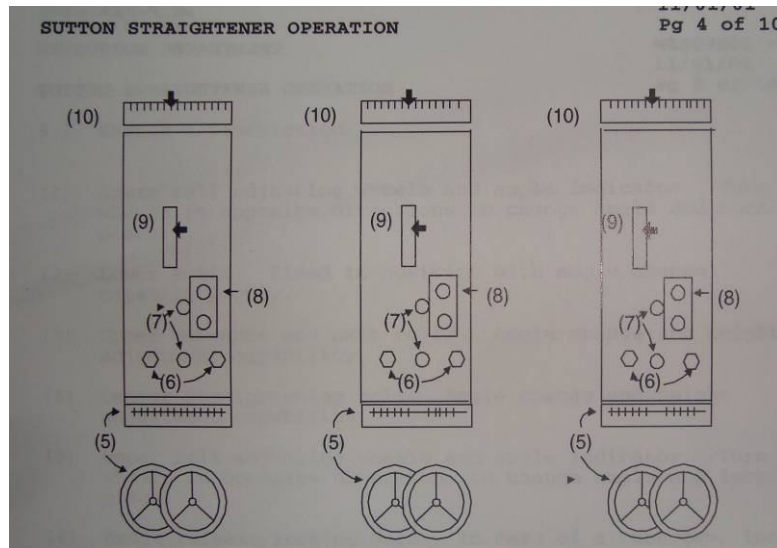


### **3.3.1 Principio de funcionamiento.**

El principio de funcionamiento de una enderezadora de tubería es bastante simple. El proceso prácticamente consiste en hacer pasar ajustadamente la tubería por una serie de rodos robustos. Estos rodos están alineados de tal forma que al pasar la tubería entre ellos se corrigen las dobladuras o deformaciones superficiales. Es muy importante calibrar la distancia entre los rodos cuidadosamente con el objetivo de no afectar la sección transversal del tubo. La máquina enderezadora cuenta con un sistema de graduación radial (altura de rodos superiores) y un sistema de graduación axial (distancia entre rodos), de esta forma se pueden trabajar diferentes diámetros de tubería eficientemente.

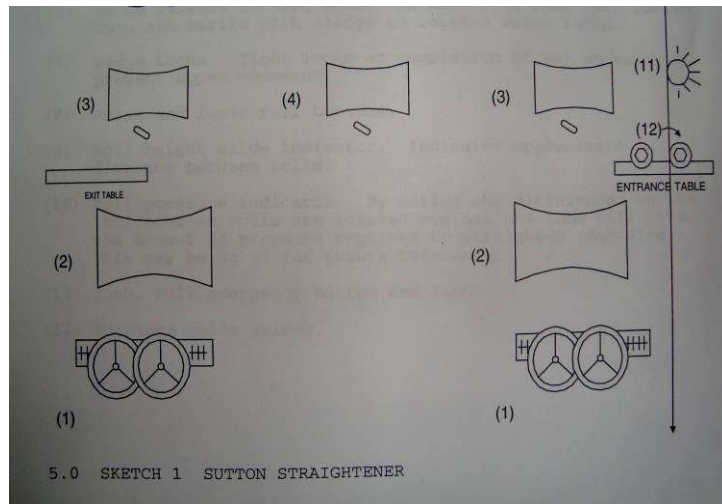
Es importante mencionar que tanto los rodos superiores como los inferiores cuentan con un sistema de graduación angular con el cual es posible graduar el ángulo entre el eje de rotación de los rodos y la tubería ingresada. Esta graduación es bastante indispensable para un proceso de enderezado efectivo, ya que permite acomodar la superficie del rodo con la forma cilíndrica de la tubería. De esta forma los rodos tienen la mayor área de contacto posible con la superficie del tubo reduciendo el riesgo de “ovalar” la tubería. Además, al tener contacto el rodo con la tubería a un ángulo determinado, la tubería gira conforme va avanzando entre los rodos. Se logra entonces que los rodos tengan contacto con toda la superficie del tubo.

**Figura 3. Sistemas de graduación radial y axial de los rodos superiores de la enderezadora SUTTON.**



La máquina enderezadora cuenta con un total de cinco rodos. Tres de estos se ubican en la parte superior de la misma y los dos restantes en la parte inferior. Los rodos inferiores son más robustos por razones de diseño, el motivo es que estos a parte de soportar cargas de torsión y axiales (que se producen al enderezar la tubería) soportan también una carga radial considerable debido al peso de la tubería y a la reacción del contacto con los rodos superiores. Los rodos superiores e inferiores giran con la misma velocidad angular pero en sentidos opuestos. Claramente esta condición es fundamental para que la tubería avance sin mayor complicación entre los rodos de la enderezadora.

**Figura 4. Rodos superiores e inferiores de la máquina enderezadora SUTTON**



### **3.3.2 Resultado esperado.**

El resultado esperado con el montaje de una máquina enderezadora de tubería es que se elimine por completo el tubo torcido o con deformaciones superficiales en las bodegas de producto terminado de la línea del molino Mc. Kay. Como ya se explicó en capítulos anteriores, el objetivo de la maquinaria es corregir las posibles deformaciones que se puedan originar en el proceso de producción. De esta forma, la tubería torcida recupera la utilidad técnica con la cual había sido diseñada originalmente. Siendo considerada como tubería de primera categoría.

Claramente se espera un beneficio económico derivado de esta actividad, ya que la tubería de primera categoría tiene un valor de venta 54% mayor que

la tubería de segunda categoría. En el capítulo 3.5 se detallara mas profundamente la justificación económica del montaje.

### **3.4 Componentes de una máquina enderezadora de tubería.**

Con el objetivo de planificar adecuadamente el montaje de la máquina enderezadora de tubería descrita en el capítulo anterior es sumamente importante conocer a profundidad todos los componentes que la conforman, ya que el conocimiento de estos componentes es indispensable para lograr tener una idea global de las actividades necesarias para realizar dicho montaje. Por tal motivo, en el presente capítulo se describirán los componentes mas importantes de la máquina enderezadora de tubería. Además, se explicaran brevemente las funciones principales de estos componentes.

#### **3.4.1 Parte inferior de la enderezadora.**

Básicamente la parte inferior de la máquina consiste en una base robusta *de hierro fundido*, su función es brindar estabilidad a la maquinaria y a la vez soportar las vibraciones que se puedan producir por el funcionamiento de la misma. Así mismo es en esta parte donde se ensamblan los rodos inferiores, los cuales son indispensables para el proceso de enderezado. La parte inferior de la enderezadora cuenta también con tres ejes robustos orientados verticalmente. Estos ejes sirven como guías para ensamblar la partes superior de la maquinaria.

**Figura 5. Fotografía de la base de la máquina enderezadora SUTTON.**



### **3.4.2 Conjunto de rodos inferiores.**

La función de los rodos inferiores es sumamente importante en el proceso de enderezado de tubería. Junto con los rodos superiores enderezan la tubería cuando esta pasa ajustadamente entre el espacio que existe entre ellos.

Tal como se mencionó en el capítulo 3.3.1 los rodos inferiores son mucho más grandes y robustos que los rodos superiores, debido a que soportan cargas considerablemente mayores. Estas cargas son producidas por el

proceso de enderezado, por el peso de la tubería y por la reacción de la misma con los rodos superiores.

Cada rodo inferior cuenta con un juego de cuatro cojinetes cónicos, los cuales están distribuidos en dos cunas dobles, una en cada extremo del rodó. Estos cojinetes le permiten al rodo girar libremente alrededor del eje que lo sostiene. El conjunto eje-rodo se encuentra montado en una base giratoria, de esta forma se puede modificar la posición en la que hace contacto el rodo. Esto se describirá mas detalladamente en el capítulo 3.4.9, referente al sistema de graduación angular.

### **3.4.3 Parte superior de la enderezadora.**

La parte superior de la enderezadora consiste en una estructura de hierro fundido cuya función es soportar los tres rodos superiores, los sistemas de graduación, parte del sistema de transmisión, el sistema de lubricación y los sistemas de control (tanto eléctrico como neumático). Además, la parte superior de la enderezadora tiene tres huecos en sus extremos, de tal forma que estos encajan con los tres ejes verticales de la base de la enderezadora.

**Figura 6. Fotografía de la parte superior de la enderezadora SUTTON.**



#### **3.4.4 Conjunto de rodos superiores.**

Los rodos superiores junto con los rodos inferiores son sumamente importantes en el proceso de enderezado. Sin embargo, estos soportan una carga mucho menor. Además, el sentido de giro está invertido. Obviamente esta condición es indispensable para que la tubería avance por el espacio que existe entre los rodos. Es importante mencionar que todos los rodos tienen una velocidad angular igual, de no ser así se ocasionarían daños en la tubería y en la maquinaria.

De manera similar a los rodos inferiores, cada rodo superior cuenta con un juego de cuatro cojinetes cónicos y están montados en una base giratoria que integra el sistema de graduación angular. Además, los rodos superiores cuentan con dos sistemas de graduación adicionales; el sistema de graduación

radial (altura del rodó), el sistema de graduación axial (distancia horizontal entre rodos). El objetivo de estos sistemas de graduación es poder adaptar la maquinaria según lo requiera las dimensiones de la tubería. De esta forma se tiene la capacidad de trabajar tuberías de diferentes diámetros de una forma eficiente. Los sistemas de graduación y su influencia en el proceso de enderezado se describirán más adelante.

#### **3.4.5 Motor eléctrico.**

La función del motor eléctrico es proporcionar a los rodos la tracción necesaria para el proceso de enderezado. Se trata de un motor de corriente alterna, trifásico, con una velocidad máxima de 1185 rpm y una potencia máxima de 150HP. El motor trabaja con un voltaje de 440 voltios y su consumo máximo según el fabricante es de 178 amperios. La frecuencia nominal del motor es de 60 Hertz. Sin embargo, se instalara un variador de frecuencia con el objetivo de poder controlar la velocidad del mismo eficientemente. Las ventajas de instalar un variador de frecuencia se describirán más detalladamente en la sección 3.4.12. referida a controles eléctricos.

El motor eléctrico se acopla a un reductor de velocidad por medio de un acople tipo rejilla. Este tipo de acople consiste en dos “masas” dentadas las cuales se acoplan con los ejes por medio de cuatro cuñas y entre si por medio de una rejilla, tal como se muestra en la figura 7. Este tipo de acople es ideal para aplicaciones con mucha carga y vibraciones considerables, ya que además de transmitir la tracción adecuadamente absorbe vibraciones por medio de la rejilla protegiendo la maquinaria.



**Figura 7. Acople tipo rejilla.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/acoplamiento-flexible-acoplamiento-de-rejilla-382682.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/acoplamiento-flexible-acoplamiento-de-rejilla-382682.jpg)

Como se mencionó anteriormente el acople cuenta con cuatro cuñas. Es decir, dos cuñas para cada masa y su respectivo eje. Estas cuñas están desfasadas 180 grados entre si y sus dimensiones son 1.5cms de ancho, 6cms de largo y 0.5cms de grosor. La relación del reductor al cual se acopla el motor eléctrico es de 5:1. Este reductor hace girar una polea ubicada en la parte superior de la enderezadora, la cual le da tracción al sistema de transmisión por medio de 8 fajas tipo V. El sistema de transmisión se describirá más detalladamente en el capítulo 3.4.7.

### **3.4.6 Cajas reductoras.**

En total la enderezadora cuenta con tres cajas reductoras de velocidad. La primera caja como se mencionó en la sección 3.4.5. reduce la velocidad del motor eléctrico en relación 5:1. Este reductor transmite tracción a las otras dos

cajas reductoras por medio de un sistema de fajas y poleas. La relación de las otras dos cajas reductoras es de 15:1. Cada una de estas cajas reductoras corresponde a un conjunto de rodos de la enderezadora. Es decir, se tiene una caja para los rodos superiores de la enderezadora y una para los rodos inferiores. Se puede observar que la velocidad de los rodos superiores e inferiores es igual en todo momento. Sin embargo, se necesita que las direcciones de giro sean opuestas, es por eso que la polea que transmite a las cajas reductoras cuenta con un mecanismo encarado de invertir el sentido de giro.

**Figura 8. Caja reductora de velocidad correspondiente a los rodos superiores de la enderezadora SUTTON.**



Se deduce que la relación de velocidades para todo el sistema de reductores es de 75:1. Es decir que el motor eléctrico debe dar 75 revoluciones para que un rodo de la enderezadora de una. Ahora bien, si la velocidad máxima del motor es de 1185rpm y la relación es de 75:1; la velocidad máxima

de los rodos de la enderezadora será entonces de 15.8 rpm. Hay que mencionar que el torque impartido por los rodos será 75 veces mayor al impartido por el motor eléctrico. Es evidente que en el proceso de enderezado se necesita un torque considerable para forzar la tubería entre los rodos, especialmente si se trata de tubería con diámetro grande.

**Figura 9. Interior de caja reductora de velocidad correspondiente a rodos superiores de enderezadora SUTTON.**



### **3.4.7 Sistema de transmisión.**

El sistema de transmisión prácticamente consta de dos partes; el sistema de poleas y fajas, y el sistema de ejes de transmisión con juntas tipo cardan. La función del sistema de poleas y fajas es transmitir entre el primer reductor acoplado al motor eléctrico y los ejes de transmisión para cada una de las cajas reductoras restantes. Se tratan de dos poleas y ocho fajas tipo V. La primera

polea se encuentra ubicada en la parte más alta de la enderezadora, en el mismo nivel del motor eléctrico. La segunda polea se ubica en la parte baja de la parte superior de la enderezadora, esta polea cuenta con un mecanismo interno encargado de invertir el sentido de giro de las transmisiones acopladas a la misma.

El sistema de transmisión de la enderezadora cuenta con un total de siete ejes de transmisión con juntas tipo cardan. Dos de estos ejes se conectan entre la polea ubicada en la parte baja y las cajas reductoras restantes. Los otros cinco ejes corresponden a los rodos de la enderezadora, es decir, tres ejes de transmisión para los rodos superiores y dos para los rodos inferiores. La longitud de las transmisiones esta en función de la distancia que existen entre los ejes de la caja reductora y cada rodó. Cada transmisión cuenta con dos juntas tipo cardan, las cuales varían en tamaño dependiendo de la carga a las que estarán sometidas. Se determinaron tres tamaños de juntas cardan según el fabricante de la marca Mechanics; Mechanics 8.5, Mechanics 9 y Mechanics 10. A continuación se muestra una tabla con información sobre la cantidad de juntas tipo cardan según su tamaño.

**Tabla I. Cantidad de juntas tipo cardan según tamaño.**

<b>Distribución de las juntas tipo cardan.</b>		
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Ubicación</b>
Mechanics 9	4	Ejes de transmisión entre polea y cajas reductoras.
Mechanics 10	4	Ejes de transmisión entre caja reductora y rodos inferiores.
Mechanics 9	4	Ejes de transmisión entre caja reductora y rodos superiores de los extremos.
Mechanics 8.5	2	Eje de transmisión entre caja reductora y rodo superior de en medio.
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	

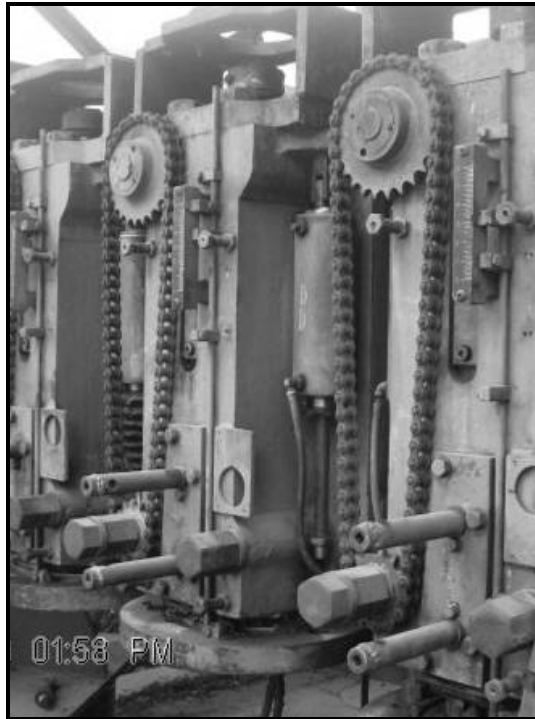
### **3.4.8 Sistema de graduación radial (altura entre rodos).**

El sistema de graduación radial consiste en un mecanismo de tornillo sin fin y una estructura que tiene una cavidad roscada. Esta estructura soporta el rodo y tiene la capacidad de moverse verticalmente por medio de unos rieles ubicados en el interior de la enderezadora. Cuando se imparte tracción al tornillo sin fin la estructura baja o sube según la dirección del giro. La tracción es impartida por medio de un motor de 1HP.

Como una medida de seguridad cada sistema de graduación de altura cuenta con un cilindro neumático ensamblado entre la parte baja de la estructura que soporta el rodo y la parte superior de la enderezadora. La función de este cilindro neumático es fijar y asegurar la posición vertical del rodó, de lo contrario se generarían oscilaciones verticales. Estas oscilaciones se deberían a las fuerzas producidas en el proceso de enderezado y a la holgura que existe en el mecanismo de tornillo sin fin.

Es importante mencionar que solo los rodos superiores de la enderezadora cuentan con este sistema de graduación ya que la altura de los rodos inferiores permanece constante. Por último, hay que resaltar la importancia de este sistema de graduación ya que permite trabajar diferentes diámetros de tubería según se requiera haciendo bastante versátil la maquinaria.

**Figura 9. Armazón que soporta rodo superior de la enderezadora SUTTON.**



#### **3.4.9 Sistema de graduación angular.**

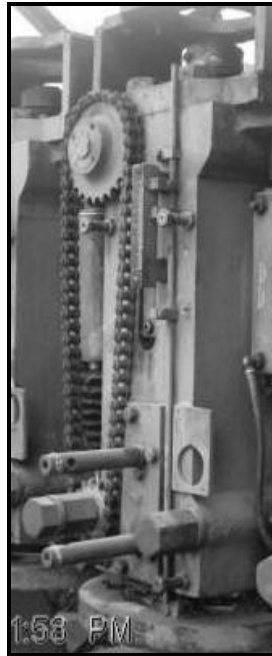
El sistema de graduación angular es bastante simple, y sumamente importante. El objetivo de este sistema es tener la capacidad de girar el rodo respecto un eje vertical. En el proceso de enderezado es indispensable que el rodo tenga un ángulo adecuado al hacer contacto con la tubería. Este ángulo es optimo cuando la superficie del rodo tiene el mayor contacto posible con la tubería. De esta forma se evita que se produzcan deformaciones durante el proceso de enderezado, sobre todo en la sección transversal de la tubería.

El sistema de graduación angular consiste en una base circular giratoria y dos barras roscadas que hacen contacto en sus extremos. Esta base soporta el rodo y tiene la libertad de girar respecto al eje vertical. Al hacer avanzar en determinado sentido una de las dos barras roscadas (haciéndola girar), la base gira en sentido del avance de la misma hasta que hace contacto con la otra que permanece inmóvil. Ahora bien, si se desea girar en el sentido contrario basta con hacer retroceder la primera barra y hacer avanzar la otra. Si se hacen avanzar ambas barras se produce una fuerza de reacción entre ellas imposibilitando el movimiento angular. De esta forma se logra asegurar la posición angular del rodó.

#### **3.4.10 Sistema de graduación axial.**

El objetivo del sistema de graduación axial es tener la capacidad de modificar la distancia horizontal que existen entre los rodos superiores de la enderezadora. Los rodos inferiores de la enderezadora no cuentan con este sistema de graduación. Se trata de un mecanismo de cremallera-piñón por medio del cual es posible mover horizontalmente la armazón que contiene al rodo de enderezado. La cremallera se encuentra fijada en la parte superior de la enderezadora, el piñón se encuentra acoplado a un eje que atraviesa la armazón en su parte superior y se le aplica tracción en su otro extremo por medio de un mecanismo de sprocket-cadena. La tracción se aplica manualmente por medio de una manivela.

**Figura 10. Mecanismo sprocket-cadena del sistema de graduación axial.**



Este sistema de graduación es importante por que en el proceso de enderezado es necesario graduar la distancia entre los rodos superiores en función del diámetro de la tubería. Al trabajar con diámetros pequeños es conveniente que los rodos se ubiquen relativamente cerca con el objetivo de evitar deformaciones durante el proceso. Estas deformaciones se producen si existen pequeñas diferencias en la altura de los rodos y si la distancia horizontal entre ellos es considerable. Si se trabaja tubería con diámetros mayores, es posible separar más los rodos ya que este tipo de tubería es muy poco susceptible a las deformaciones mencionadas.



### **3.4.11 Sistema neumático e hidráulico.**

El sistema neumático de la maquinaria se limita al control de los cilindros utilizados en el sistema de graduación radial. Este sistema prácticamente consiste en las tres válvulas neumáticas y sus respectivas mangueras. Por otro lado, será necesario instalar un sistema hidráulico para accionar la mesa de evacuación, la cual se describirá mas adelante. El sistema hidráulico estará conformado por mangueras, tres electroválvulas y un depósito para aceite hidráulico con su respectiva bomba.

### **3.4.12 Controles eléctricos.**

La máquina que se desea montar cuenta con controles eléctricos bastante básicos. Prácticamente se reducen a los circuitos de apagado-encendido del motor eléctrico y el circuito de variación de frecuencia. Este último resulta bastante interesante ya que al variar la frecuencia de alimentación del motor según las necesidades del mismo es posible obtener un beneficio económico. Un circuito variador de frecuencia es un sistema para el control de velocidad y torque que proporciona un motor eléctrico de corriente alterna. En este tipo de motor la velocidad es directamente proporcional a la frecuencia de alimentación mientras que el torque es inversamente proporcional. Esto es, a frecuencias bajas el motor proporciona un torque elevado y una velocidad baja y a frecuencias altas un torque bajo y una velocidad alta.

Ahora bien, cuando se pone en marcha un motor eléctrico el consumo de energía eléctrica que necesita para vencer la inercia de sus componentes es bastante elevado. Una vez puesto en marcha el motor, el consumo de energía eléctrica baja considerablemente, sin embargo la empresa eléctrica factura en base a los picos de consumo. Es evidente que esto representa un gasto injustificado para la planta ya que se paga por energía que en realidad no se consume.

Por esa razón resulta conveniente un circuito variador de frecuencia, ya que con este es posible arrancar el motor con energía de baja frecuencia. De esta forma se logra que el motor desarrolle un torque elevado sin aumentar considerablemente el consumo de energía eléctrica. Una vez puesto en marcha el motor la frecuencia de alimentación se puede aumentar gradualmente hasta llegar a una velocidad angular adecuada para el proceso de enderezado. De esta forma se reducen los picos de consumo de energía, lo cual representa un beneficio económico para la planta.

### **3.5 Justificación económica del montaje.**

Para realizar la justificación económica del montaje se tomaran en cuenta todas las inversiones y gastos que se tendrán que cubrir durante el proyecto. Una vez ya considerada toda esta información, se procederá a calcular el beneficio económico que representa el montaje de la maquinaria para la empresa. Por último, se procederá a calcular el tiempo aproximado en que se recuperara la inversión. En la siguiente tabla se muestran todos los gastos que serán necesarios cubrir para realizar el montaje:

**Tabla II. Costos relacionados con el montaje.**

<b>Costos relacionados con el montaje.</b>		
<b>Costo maquinaria</b>		
Maquinaria	Q240,000.00	\$30,000.00
Flete	Q72,000.00	\$9,000.00
<b>Costo cimentación</b>		
13 quintales de varilla de 1/2 pulgada	Q4,420.00	
80 bolsas de cemento 4000 PSI	Q4,532.00	
2 metros cúbicos de arena	Q180.00	
2 metros cúbicos de piedrin tamiz 1/2	Q373.60	
6 bolsas de cemento de expansión (6 libras)	Q60.00	
4 pernos de anclaje	Q2,400.00	
10.5 metros cúbicos de cemento preparado (Mixto Listo)	Q9,500.00	
<b>Costo montaje</b>		
Balancín para el montaje.	Q12,000.00	
4 Cilindros hidráulicos para mesa de evacuación	Q16,000.00	
Central hidráulica	Q15,000.00	
3 Electroválvulas	Q4,500.00	
Material mesa de evacuación (8 láminas de 1/4´´x4´x8´)	Q7,841.00	
Doblado de lámina para mesa de evacuación	Q1,280.00	
<b>Costo mantenimiento</b>		
Alzas para ejes verticales (lámina de 1 1/4´´x4´x8´)	Q4,475.00	
Rectificación de eje rodo inferior	Q15,000.00	
Juego de cojinetes rodo inferior	Q10,000.00	
Retenedores	Q6,000.00	
2 cruces cardan para transmisión	Q6,000.00	
<b>Instalación eléctrica</b>		
Variador de frecuencia para motor de la enderezadora	Q75,000.00	
Materiales para tablero eléctrico	Q10,000.00	
<b>Gastos varios</b>	Q6,000.00	
<b>Total</b>	<b>Q522,561.60</b>	

Ahora bien, se tiene que el monto promedio de ventas mensuales de tubería redonda producida en el molino MC. Kay es de Q800,000.00 aproximadamente. De esta cantidad se sabe que aproximadamente el 5% se trata de tubería de segunda, la cual presenta dobladuras superficiales. Además, se sabe que el precio de la tubería de segunda cae un 65% de su precio original. Con esta información se procede a calcular el benéfico económico de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio} = \frac{A}{0.65} - A$$

Donde A es el monto de ventas mensual que corresponde a la tubería de segunda. De esta forma se calcula el monto de ventas que se tendría si la tubería de segunda categoría fuera de primera, y luego se le resta el monto que corresponde a la tubería de segunda. El resultado de esta operación se considera como el beneficio económico del proyecto. Ahora bien, se tiene que el 5% de Q800,000.00 es Q40,000.00. Por lo tanto:

$$\text{Beneficio} = \frac{Q40,000.00}{0.65} - Q40,000.00$$

$$\text{Beneficio} = Q21,538.46$$

Por lo tanto el beneficio económico del proyecto es de Q21,538.46 mensuales. Para estimar el tiempo en que se recuperara la inversión se calcula la razón entre el costo total de la maquinaria y el beneficio económico.

$$t = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}}$$

$$t = \frac{Q522,561.60}{Q21,538.46}$$

$$t \cong 24 \text{ meses}$$

Por lo tanto, se estima que la inversión realizada en el montaje se recuperara a los dos años aproximadamente. Esta información comprueba que el montaje de la máquina enderezadora de tubería resulta económicamente factible para la empresa.

### **3.6 Planificación del montaje**

#### **3.6.1 Actividades relacionadas con el montaje.**

##### **3.6.1.1 Recopilación de información de la maquinaria**

Esta es la primera tarea que se necesita realizar y es indispensable para poder identificar las diferentes etapas que se necesitaran para realizar el montaje. Además la información recopilada será una excelente herramienta que hará posible predecir los posibles inconvenientes que se puedan suscitar durante el montaje. El objetivo prácticamente es recopilar toda la información posible sobre la maquinaria que pueda ser de ayuda

para planificar el montaje de una forma eficiente. Esta tarea consiste en dos fases: el ensamble preliminar, y el levantamiento de planos y diagramas.

#### **3.6.1.1.1 Ensamble preliminar**

Esta fase consiste en ensamblar todos los componentes de la parte superior de la maquinaria y recopilar toda la información que se pueda sobre esta. Se tiene particular interés en la parte superior de la maquinaria debido a que esta se conforma por muchos más componentes que las otras partes y definitivamente es mucho mas compleja que la parte inferior.

Para realizar esta actividad será necesario fabricar tres estructuras metálicas que sirvan como apoyo a la parte superior de la maquinaria. Estas estructuras son bastante simples, cada una de estas prácticamente consiste en tubo de treinta y cinco centímetros y de longitud variable que se orientaran verticalmente. A cada extremo del tubo esta soldada una plancha cuadrada de acero con un espesor de una pulgada. Estas estructuras soportaran la parte superior de la maquinaria y se ubicaran por debajo de las cavidades cilíndricas en donde encajan los ejes verticales de la base de la enderezadora. Es importante resaltar que durante el ensamble preliminar no se pretende poner en marcha el equipo, el objetivo es únicamente recopilar información sobre la maquinaria.

#### **3.6.1.1.2 Levantamiento de planos y diagramas**

El objetivo de esta fase es recopilar todos los planos y diagramas relacionados con la maquinaria y el montaje de la misma. Cuando se compró la maquinaria se adquirieron también algunos planos relacionados con los rodos de enderezado y su ubicación. Sin embargo, también será necesario elaborar algunos planos que serán de utilidad durante el montaje. Sobre todo durante el proceso de cimentación y durante la elaboración de la mesa de evacuación.

#### **3.6.1.1.3 Inspección general de los componentes de la maquinaria.**

Por último se inspeccionaran detalladamente los componentes de la maquinaria revisando su correcto funcionamiento. Esta tarea es necesaria para poder determinar si será necesario realizar modificaciones o reparaciones a la maquinaria, ya sea para corregir daños que pueda tener o bien para adaptarla a las necesidades del departamento de producción.

#### **3.6.1.2 Limpieza superficial con chorro de arena.**

Para que la superficie de la maquinaria tenga un buen acabado superficial y evitar que exista corrosión en el futuro, es necesario

realizar una limpieza superficial previa al pintado de la maquinaria. El proceso que se utilizará es el de limpieza con chorro de arena, este proceso también es conocido como "sanblastado". Consiste en hacer pasar aire comprimido por encima de un depósito de arena, el cual es arrastrado a una presión elevada que impacta sobre la superficie a limpiar. La arena funciona como un abrasivo desprendiendo toda la corrosión y suciedad que se encuentra en la superficie de la maquinaria. Luego de este proceso se aplica pintura anticorrosiva con el objetivo de inhibir la oxidación de la maquinaria. Se estima que dos días son suficientes para realizar esta tarea.

### **3.6.1.3 Mantenimiento y modificaciones.**

#### **3.6.1.3.1 Mantenimiento**

Luego de inspeccionar los diferentes componentes de la maquinaria se determinó que algunas piezas están dañadas, razón por la cual es necesario realizar ciertas tareas de mantenimiento previo a realizar el montaje. Las tareas son las siguientes:

- **Mantenimiento de poleas de transmisión:** Será necesario desarmar las poleas de transmisión limpiar y lubricar todos sus componentes. Una de estas poleas tiene un mecanismo que invierte el giro, por lo cual hay



que realizar el respectivo mantenimiento a los engranes del mismo. . Para realizar esta tarea se estima que se necesitan tres días. Para realizar esta tarea de mantenimiento se estima que se necesitaran dos días por cada polea.

- **Mantenimiento a cajas reductoras de velocidad:** De igual forma que las poleas de transmisión es necesario desarmar las cajas reductoras de velocidad, realizar una limpieza de todos sus componentes eliminando residuos de aceite y aplicar el respectivo lubricante. Seria adecuado que algunos engranes que se encuentren muy desgastados se cambiaran de posición siempre y cuando no afecte la relación de las cajas reductoras. . Para realizar el mantenimiento a las dos cajas reductoras de velocidad se estima que se necesitaran nueve días.
- **Mantenimiento a ejes de transmisión:** El mantenimiento a cada uno de los siete ejes de transmisión consiste en desarmarlos por completo y limpiar cada uno de sus componentes con solvente. Luego de esto se armaran y se aplicara grasa donde se necesite. Un eje de transmisión no cuenta con sus respectivas cruces cardan, razón por la cual es necesario adquirirlas nuevas. Todos los demás ejes de transmisión cuentan con sus respectivas cruces cardan, sin embargo muchas de ellas no tienen un seguro que impide que se desarmen. Por tal motivo será necesario fabricar y colocar dicho seguro a las que les haga falta. Para realizar el mantenimiento de

los siete ejes de transmisión se estima que se necesitaran doce días.

- **Mantenimiento a rodos de enderezado:** El mantenimiento que se realizará a los rodos de enderezado consiste en verificar el correcto funcionamiento de todos sus componentes, sobre todo de los rodamientos. Además se desarmara cada rodo de enderezado para limpiar y lubricar sus componentes. La gran mayoría de rodos están en buen estado, sin embargo el eje de un rodo inferior se encuentra bastante desgastado, por lo cual resulta necesario agregar material alrededor del eje y luego rectificarlo. Además, un rodo inferior tiene los cojinetes en muy mal estado por lo cual será necesario adquirir un juego de cojinetes nuevo y colocarlo. Para realizar esta tarea de mantenimiento se estima que se necesitan nueve días para los rodos inferiores y diez días para los rodos superiores.
- **Mantenimiento a cilindros neumáticos:** El mantenimiento a los cilindros neumáticos se reduce a limpiar y lubricar los componentes además de colocar los sellos y retenedores que sean necesarios. Para realizar esta tarea se estima que se necesitan cuatro días.
- **Mantenimiento a sistema de graduación angular:** En el caso del sistema de graduación angular la tarea consiste en limpiar el área antes de que se realice el montaje de

los rodos inferiores y en verificar el estado de los pernos. En caso de que la rosca de los pernos de este sistema estén dañados será necesario colocar pernos nuevos. Estos se pueden fabricar de barra roscada. Para realizar esta tarea se estima que se necesitan cuatro días.

- **Mantenimiento a los sistemas de graduación radial y axial:** Estos sistemas en general están en muy buen estado por lo que el mantenimiento se reduce a limpiar sus componentes y aplicar lubricante donde se requiera. Se estima que un día es suficiente para realizar esta tarea.

### **3.6.1.3.2 Modificaciones**

La única modificación que se le realizó fue elevación de la parte superior de la maquinaria para poder aumentar la capacidad de diámetro que puede trabajar la misma. Durante el ensamble preliminar se logro determinar que el diámetro de tubería máximo que puede trabajar la máquina es de seis pulgadas (15.24 cms). Sin embargo, la planta produce tubería redonda de hasta ocho pulgadas (20.32 cms) de diámetro.

Debido a esto es necesario elevar la parte superior de la maquinaria para que esta tenga la capacidad de trabajar diámetros de tubería mayores. La forma de hacerlo es

bastante simple; se fabricaran tres espaciadores circulares de dos pulgadas y media (6.35 cms) de alto, estos espaciadores tendrán un hueco en el centro por donde se ensamblaran cada uno de los ejes verticales de la base de la enderezadora. De esta forma la parte superior de la enderezadora se elevara dos pulgadas y media, aumentando a capacidad de la maquinaria de seis pulgadas a ocho pulgadas y media (21.59 cms).

#### **3.6.1.4 Cimentación.**

##### **3.6.1.4.1 Descripción de la cimentación.**

A continuación se describirán los principales aspectos que se tomaron en cuenta para el diseño de la cimentación, previo a describir las características de la cimentación misma.

El primer aspecto a tomar en cuenta es el tipo de terreno que existe donde se pretende realizar la cimentación. Tal como lo menciona el Ingeniero David Enrique Aldana en su tesis Consideraciones para Cimentación de Maquinaria; “Un factor de mucha importancia dentro de la cimentación es la selección del terreno donde se trabajara.... Se pueden dividir los terrenos, sin dar a esta división un carácter científico, en dos categorías: las rocas y los suelos sueltos.”<sup>2</sup> En nuestro caso de interés, el

terreno en donde se encuentra ubicada la planta se puede considerar como suelo suelto. Esto implica que el terreno sufre modificaciones con relativa facilidad. Hay que tener especial cuidado durante la excavación para evitar derrumbes, y en caso de excavaciones profundas generalmente es necesario un apuntalamiento. Este tipo de suelos no son convenientes para realizar cimentaciones de maquinaria, sin embargo, si no se tiene acceso a otro tipo de suelo se recomienda colocar una capa de mampostería en la parte mas baja del cimiento (ver anexos). En el caso de la cimentación para la máquina enderezadora se cubrió la parte mas baja de la cimentación con una capa de concreto con una concentración alta de piedrin.

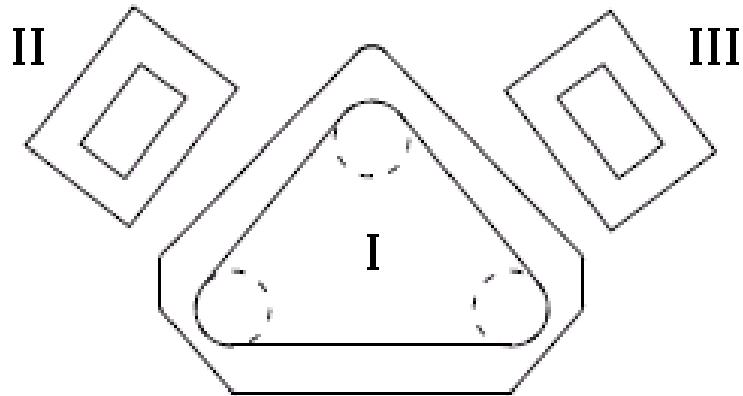
Otro aspecto importante a tener en cuenta son las cargas y las vibraciones que actuaran en el cimiento, las cuales serán producidas durante el proceso de enderezado. Estas cargas se pueden clasificar como cargas estáticas y cargas dinámicas. En el caso de la enderezadora el peso de la maquinaria contribuirá a la carga estática que soportara la cimentación. Por otro lado, las cargas dinámicas están constituidas principalmente por las cargas de torsión que se producen al enderezar la tubería. Estas cargas tienden a retorcer la cimentación, para contrarrestarlas y evitar esta situación desfavorable es necesario ampliar las dimensiones del cimiento. Teniendo en cuenta esto, se diseño la base de la cimentación considerablemente más grande que la base de la maquinaria.

Por último, es necesario colocar una parrilla de fundición para facilitar la adherencia de la cimentación y proporcionar cierta ductilidad a la misma. Esta parrilla de fundición consiste en una estructura fabricada de varilla de acero. Además, será necesario elaborar los nichos en donde irán colocados los pernos de anclaje. Luego que haya fraguado la cimentación se procederá a colocar la maquinaria con los pernos de anclaje y aplicar cemento de expansión. Todos estos procesos se describirán más detalladamente en los próximos capítulos.

#### **3.6.1.4.2 Señalado, trazado y escarbado**

En esta actividad se señalara y trazara el área donde se instalara la maquinaria. Luego de esto, se procederá a romper la cimentación que existe en el área y a escarbar donde sea necesario. Resulta conveniente clasificar la cimentación en tres secciones tal como lo muestra la figura 11. La sección I es la más grande y corresponde a la cimentación de la base de la enderezadora, las secciones II y III corresponden a la cimentación de las cajas reductoras de velocidad.

**Figura 11. Secciones de la cimentación.**



#### **3.6.1.4.3 Colocación de parrilla de fundición**

La función de la parrilla de fundición es servir como armazón a la cimentación, mejorar la adherencia de la misma, y proporcionar cierto grado de ductilidad. Prácticamente consiste en una estructura elaborada de varillas de acero de  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro. Para elaborar las parrillas de fundición para todas las secciones serán necesarios cinco días, tres días para la sección I y dos días para las secciones restantes.

#### **3.6.1.4.4 Nichos de anclaje y pernos de anclaje.**

Una vez terminada la cimentación será necesario fijar la maquinaria a esta por medio de pernos de anclaje. Estos pernos tienen la forma de una "L" y están roscados en un

extremo. La parte roscada ira orientada verticalmente y la parte horizontal quedara sumergida en la cimentación. El objetivo es que el perno quede adherido a la cimentación y que pase por un agujero que se encuentra en la base de la maquinaria, la cual quedara fijada por medio de una tuerca y su respectiva arandela de seguridad.

Ahora bien, para que los pernos queden bien adheridos es necesario aplicar cemento de expansión el cual tiene la propiedad de expandirse durante el fraguado. Para obtener un buen resultado de este tipo de cemento es necesario elaborar nichos de anclaje, estos sirven para contener el cemento de expansión y tiene una geometría diseñada para propiciar una mejor adherencia al resto de la cimentación. Los nichos de anclaje se pueden fabricar de diversas formas y materiales, sin embargo para aprovechar los recursos con los que cuenta la empresa se elaboraran de secciones de tubería prestando la debida atención a las características geométricas que deben cumplir. El tiempo estimado que se necesita para elaborar los nichos de anclaje es de un día.

#### **3.6.1.4.5 Fundición y fraguado.**

Es importante mencionar que para la fundición de la sección I se contrataron los servicios de una compañía especializada con el objetivo de garantizar la calidad de la cimentación en



esta sección. Se desea garantizar la calidad de la misma ya que es la sección que se encontrara sometida a más carga. Debido a esto, las tareas del departamento de mantenimiento se limitaron a preparar y colocar las parrillas de fundición para todas las secciones, elaborar los nichos de anclaje, y llevar a cabo la fundición de las secciones II y III.

Los materiales necesarios para llevar a cabo esta tarea son los siguientes; ochenta bolsas de cemento de 4000psi (40 para cada sección), 13 quintales de varilla de ½ pulgada, dos metros cúbicos de arena, dos metros cúbicos de piedrin y seis libras de cemento de expansión. La duración estimada del proceso de fundición es de un día, sin embargo se fundirá primero la sección I y luego las demás secciones debido a que se necesita saber la altura de la cimentación en estas ultimas y para determinarla lo más adecuado es montar primero la maquinaria y tomar como referencia los rodos de enderezado. Se considera que el tiempo de fraguado para cada sección es de dos semanas.

### **3.6.1.5 Montaje.**

#### **3.6.1.5.1 Colocación y anclaje de la parte inferior de la enderezadora.**

Para realizar el montaje de las diferentes partes de la maquinaria se tienen disponibles tres grúas, dos montacargas y diversos accesorios como ganchos, cadenas, etc. La capacidad de las grúas esta distribuida de la siguiente manera; una grúa de dieciséis toneladas y dos de cinco toneladas. Las dos grúas de cinco toneladas se mueven conjuntamente, y junto con la grúa de dieciséis toneladas son utilizadas por el departamento de producción para transportar materia prima y producto terminado.

Ahora bien, la base de la enderezadora fue pesada en la bascula de la empresa y se determinó que pesa diecisiete toneladas (sin rodos inferiores), lo cual representa un problema ya que será necesario utilizar las tres grúas combinadas para realizar el montaje. Para tal fin será necesario construir un balancín para el montaje de tal manera que la carga de la base de la enderezadora se distribuya uniformemente entre las tres grúas. El balancín consiste en una estructura metálica la cual se enganchara en la base de la enderezadora y tendrá tres agujeros en su parte superior para enganchar cada una de las grúas. Las

distancias entre estos agujeros determinan la carga que soportara cada grúa por lo que hay de calcularlas cuidadosamente. Para la construcción de este balancín serán necesarios aproximadamente cinco días hábiles. Una vez terminado el balancín se procederá a enganchar la base de la maquinaria a este y a poner en posición las grúas.

Cuando ya todo esta listo se procede a elevar la base de la enderezadora lentamente y colocarla en su posición. La posición adecuada de la maquinaria es tal que los agujeros para el anclaje coincidan con los nichos de anclaje. Luego de esto se procede a colocar los pernos de anclaje y a aplicar el cemento de expansión. Se consideran dos semanas para el tiempo de fraguado. Luego de esto se procede a colocar los rodos inferiores de la enderezadora.

#### **3.6.1.5.2 Colocación de los rodos inferiores.**

Colocar los rodos inferiores es importante ya que esta tarea será de gran ayuda para determinar la altura de las cajas reductoras. Antes de llevar a cabo esta tarea, todas las actividades de mantenimiento que se realizaran a los rodos deben estar terminadas con el objetivo de reducir los contratiempos en etapas mas avanzadas del montaje. Los rodos inferiores serán colocados en su lugar utilizando un

montacargas. Se estima que un día es suficiente para realizar esta tarea.

#### **3.6.1.5.3 Montaje de la parte superior de la maquinaria**

Como primer paso, es necesario limpiar y lubricar los ejes verticales de la base de la enderezadora, ya que son en estos donde la parte superior se ensambla. Para realizar esta tarea se estima que se necesitaran dos días ya que hay que lijar toda la superficie de los tres ejes y aplicar el respectivo lubricante. Luego, es necesario repetir el proceso en la parte superior de la enderezadora. Esto es, limpiar y lubricar los orificios que se encuentran en esta y que encajan con los ejes de la base.

Ahora bien, para llevar a cabo esta limpieza en la parte superior de la maquinaria se necesita levantarla de tal manera que quede accesible el área que se necesita limpiar. Para tal fin se utilizará un montacargas, el cual levantara y sostendrá la maquinaria mientras se realiza el proceso de limpieza y lubricación. Se estima que esta tarea se completará en un día, ya que el área a limpiar es menor que el de la base de la enderezadora.

Luego de realizar la limpieza y lubricación respectiva en todas las áreas en donde se va a ensamblar se procederá a levantar cuidadosamente la parte superior de la enderezadora con la grúa de dieciséis toneladas. Esto no significa ningún problema ya que al determinar el peso de la parte superior de la maquinaria resulto ser de catorce toneladas. La única dificultad que hay que tomar en cuenta es que las cadenas que soportaran la parte superior de la enderezadora deben estar cuidadosamente colocadas con el objetivo de que no gire. Es sumamente importante que cuando se ensamble la maquinaria se haga de forma horizontal, de lo contrario existe el riesgo de que el peso de la maquinaria dañe los ejes de la base de la enderezadora.

#### **3.6.1.5.4 Colocación de rodos superiores.**

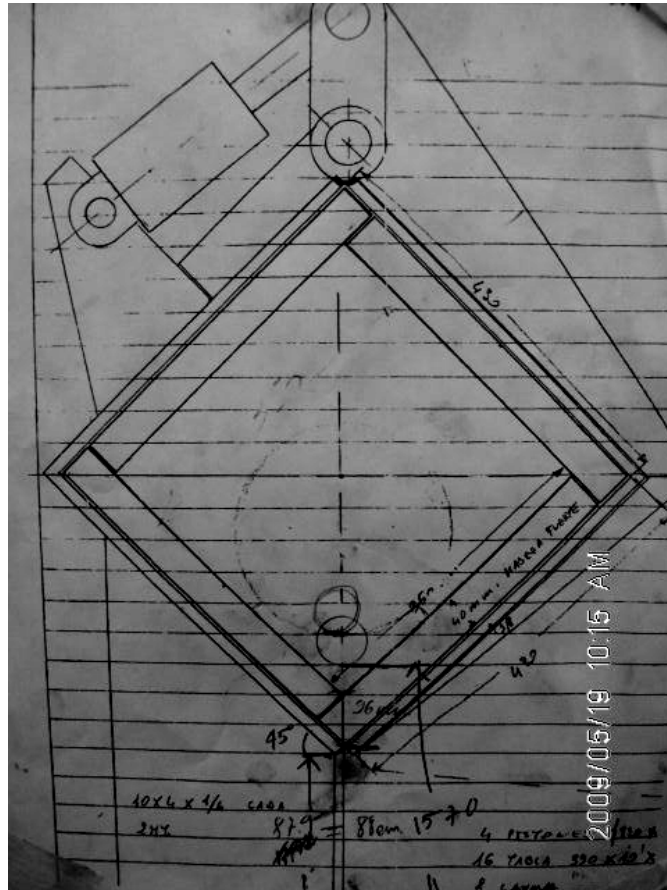
Luego de realizar el montaje de la parte superior de la enderezadora se procederá a colocar los rodos superiores de la enderezadora de manera similar a como se colocaron los inferiores. Una vez colocados todos los rodos se puede proceder a determinar la altura en que quedaran montadas las cajas reductoras de velocidad, ya conocido este dato es posible realizar la cimentación de las secciones II y III. Se estima que será necesario un día para colocar los tres rodos superiores de la enderezadora.

### **3.6.1.5.5 Montaje de la mesa de evacuación y sistema hidráulico.**

Cada vez que termine el proceso de enderezado, el tubo será expulsado de la enderezadora por los rodos de la misma. Resulta necesario entonces fabricar y montar una mesa de evacuación en el área. La función de esta mesa es recibir y agrupar los tubos que salen de la enderezadora. La mesa de evacuación consistirá en una estructura de sección cuadrada tal como se muestra en la figura 12. Esta estructura recibirá el tubo en su interior y luego lo soltara para que caiga en una sección especial donde será atado.

La mesa de evacuación será fabricada de láminas de acero con espesor de un cuarto de pulgada (63.5 mm). Estas láminas serán dobladas a 45 grados de tal forma que dos de estas formen la sección cuadrada de la mesa de evacuación. El largo total de la mesa será de catorce metros. La estructura estará articulada en su parte superior y será accionada por cuatro cilindros hidráulicos. Cada vez que se accionen los cilindros la estructura se abrirá por la parte de abajo dejando caer el tubo.

**Figura 12. Plano de la sección transversal de la mesa de evacuación.**



El sistema hidráulico estará formado por tres electroválvulas, mangueras hidráulicas, y un depósito de aceite hidráulico con su respectiva bomba. La instalación del sistema hidráulico se realizará conjuntamente con la elaboración de la mesa de evacuación. Por último, será necesario realizar una pequeña cimentación en la base de la mesa de evacuación. Se estima que para realizar este montaje se necesitaran dos semanas hábiles.

#### **3.6.1.5.6 Montaje de la mesa de alimentación.**

Cuando se compró la maquinaria también se adquirió una mesa de alimentación en donde se colocara tubo a enderezar. Esta mesa de alimentación consiste en una estructura metálica con forma de canal en donde se ingresa el tubo a enderezar. El tubo es empujado hacia la enderezadora por medio de un carrito, el cual es impulsado por medio de una soga atada en la base del mismo. La soga pasa por un mecanismo de dos poleas alimentado por un motor eléctrico. El carrito puede avanzar o retroceder dependiendo del sentido de giro del motor.

Debido a que la mesa de alimentación se encuentra en muy buen estado solamente es necesario alinearla cuidadosamente con la entrada de la enderezadora y anclarla con pernos de expansión. La mesa de alimentación no estará sometida a cargas significantes, por lo que se considera que no es necesario hacer una cimentación especial en el área. El tiempo estimado para realizar este montaje es de cuatro días.

#### **3.6.1.5.7 Montaje de transmisiones y cajas reductoras**

Luego de determinar la altura adecuada para la cimentación de las cajas reductoras se procede a realizar el



montaje de las mismas. Esta tarea se realizará con la ayuda de un montacargas debido a que el área en donde irán montadas las cajas reductoras no es accesible para ninguna de las grúas utilizadas por el departamento de producción.

Una vez ya montadas las cajas reductoras se procederá a colocar los cinco ejes de transmisión que van acoplados entre las cajas reductoras de velocidad y los rodos de enderezado. Luego de realizar esto se ensamblara la polea inferior en la parte superior de la enderezadora y se colocaran los otros dos ejes de transmisión. Estos últimos ejes transmiten la tracción desde la polea inferior hasta las dos cajas reductoras de velocidad. Se estima que serán necesarios ocho días hábiles para completar estas tareas.

#### **3.6.1.5.8 Montaje del motor eléctrico y poleas de transmisión.**

Tanto el motor eléctrico, la polea de transmisión superior y el primer reductor de velocidad irán montados en la parte superior de la enderezadora. Para realizar el montaje de estos componentes se utilizará la grúa de dieciséis toneladas. Una vez colocados en su lugar todos los elementos se procederá a acoplar el motor con el reductor de velocidad, y este con la polea de transmisión. Por último, se colocaran en las poleas las ocho fajas tipo "V". Se estima

que serán necesarios cuatro días hábiles para realizar estas tareas.

#### **3.6.1.6 Instalación de los controles neumáticos y eléctricos.**

Una vez que todos los componentes de la maquinaria estén en su lugar se procederá a instalar los controles neumáticos, hidráulicos y eléctricos de la misma. La instalación neumática de la maquinaria se limita a los cilindros del sistema de graduación de altura, las mangueras neumáticas, y las respectivas válvulas del sistema. El aire comprimido que se utilizará para activar los cilindros se obtendrá de una línea general que existe en el área, por lo que no será necesario instalar un compresor cerca de la enderezadora. Se estima que para instalar el sistema neumático serán suficientes tres días.

Por último, los sistemas eléctricos se reducen al control de encendido del motor, el variador de frecuencia de alimentación del motor principal, el encendido de los motores del sistema de graduación de altura, y los circuitos de protección para el equipo. Se estima que para instalar estos controles se necesitara aproximadamente una semana.

### **3.6.1.7 Ajustes finales.**

Por último, se propone considerar una semana adicional para el montaje. El objetivo es tener el tiempo suficiente para realizar ajustes finales o bien solventar algún problema que se pueda suscitar al poner en marcha la maquinaria. Por ejemplo, puede ser necesario realizar ciertas calibraciones en el sistema de graduación de altura de los rodos superiores con el objetivo de que estos queden en un punto medio entre el rango que es capaz de trabajar la maquinaria.

### 3.6.2 Cronograma general de actividades

Con el objetivo de hacer un cronograma general de actividades para el montaje de la máquina enderezadora, se elaboró un listado de las actividades especificando el tiempo estimado para realizarlas y las relaciones con las demás actividades si existiesen. El listado elaborado es el siguiente:

**Tabla III. Listado de actividades necesarias para el montaje.**

<b>Tarea</b>	<b>Tiempo Estimado</b>	<b>Predecesora</b>
Limpieza superficial de la maquinaria	2 días	Ninguna
Cimentación (sección i: base de enderezadora)	15 días	Ninguna
Determinación de altura de cajas reductoras	2 días	Cimentación (sección i)
Cimentación (secciones ii y iii)	14 días	Determinación de altura cajas reductoras.
Montaje de la base de la enderezadora	18.5 días	Cimentación (sección i: base de la enderezadora)
Montaje de la parte superior de la enderezadora	6 días	Montaje de la base de la enderezadora
Colocación del rodo superior medio (para alineación de mesa)	1 día	Colocación del rodo superior medio (para alineación de mesa)
Elaboración y montaje de la mesa de evacuación y instalación del sistema hidráulico	15 días	Colocación del rodo superior medio (para alineación de mesa)
Montaje de la mesa de alimentación.	4 días	Ninguna
Montaje del sistema de potencia y transmisión	8 días	Cimentación (secciones ii y iii: cajas reductoras)
Montaje del sistema eléctrico y neumático	5 días	Ninguna
Ajustes finales.	5 días	Ninguna
Mantenimiento a polea ubicada en la base de la enderezadora	2 días	Ninguna
Mantenimiento a polea acoplada al motor.	2 días	Ninguna
Mantenimiento a cajas reductoras	9 días	Ninguna
Mantenimiento a transmisiones	12 días	Ninguna
Mantenimiento a rodos inferiores	9 días	Ninguna
Mantenimiento a rodos superiores	10 días	Ninguna
Mantenimiento a cilindros neumáticos	3 días	Ninguna
Elaboración y colocación de alzas para ejes verticales	7 días	Ninguna
Mantenimiento a sistema de graduación angular	4 días	Ninguna

Con base a esta información se elaboró el cronograma general de actividades, el cual se muestra a continuación:

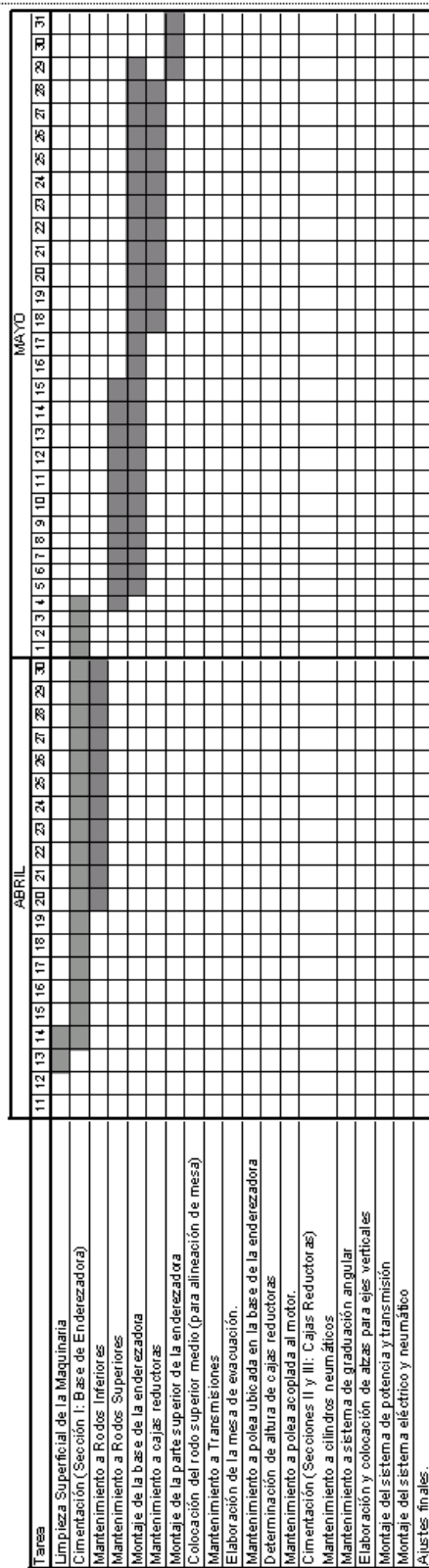
**Tabla IV. Cronograma general de actividades.**

<b>Tarea</b>	<b>Tiempo Estimado</b>	<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>
Limpieza Superficial de la Maquinaria	2 días	13/04/2009	14/04/2009
Cimentación (sección i: base de enderezadora)	15 días	14/04/2009	04/05/2009
Determinación de altura de cajas reductoras	2 días	22/06/2009	23/06/2009
Cimentación (secciones ii y iii: cajas reductoras)	14 días	24/06/2009	13/07/2009
Montaje de la base de la enderezadora	18.5 días	05/05/2009	29/05/2009
Montaje de la parte superior de la enderezadora	6 días	29/05/2009	08/06/2009
Colocación del rodo superior medio (para alineación de la mesa de evacuación.)	1 día	01/06/2009	01/06/2009
Elaboración y montaje de la mesa de evacuación y instalación del sistema hidráulico	15 días	02/06/2009	22/06/2009
Montaje de la mesa de alimentación	4 días	23/06/2009	26/06/2009
Montaje del sistema de potencia y transmisión	8 días	14/07/2009	23/07/2009
Montaje del sistema eléctrico y neumático	6 días	24/07/2009	31/07/2009
Mantenimiento a polea ubicada en la base de la enderezadora	2 días	18/06/2009	19/06/2009
Mantenimiento a polea acoplada al motor.	2 días	22/06/2009	23/06/2009
Mantenimiento a cajas reductoras	9 días	18/05/2009	28/05/2009
Mantenimiento a transmisiones	12 días	01/06/2009	16/06/2009
Mantenimiento a rodos inferiores	9 días	20/04/2009	30/04/2009
Mantenimiento a rodos superiores	10 días	04/05/2009	15/05/2009
Mantenimiento a cilindros neumáticos	4 días	29/06/2009	02/07/2009
Elaboración y colocación de alzas para ejes verticales	7 días	13/07/2009	21/07/2009
Mantenimiento a sistema de graduación angular	4 días	02/07/2009	07/07/2009
Ajustes finales.	5 días	03/08/2009	07/08/2009

Fecha de Inicio: 13/04/2009

Fecha de Finalización: 07/08/2009

**Figura 13. Cronograma general de actividades (abril- mayo)**





### **3.6.3 Elaboración de un Diagrama de Gantt y determinación de la ruta crítica del proyecto.**

#### **3.6.3.1 Identificación de las actividades críticas para el montaje.**

Luego de haber elaborado un listado general de las actividades necesarias para llevar a cabo el montaje es posible identificar las actividades críticas del proyecto. Identificar estas actividades será útil para elaborar el Diagrama de Gantt y determinar la ruta crítica posteriormente. “Se dice que una actividad es crítica si una demora en su comienzo causara una demora en la fecha de terminación del proyecto completo.”<sup>2</sup> En caso que la demora de una actividad no afectara la fecha de terminación del proyecto se dice que es una actividad no crítica, y la misma tiene un tiempo de holgura. La holgura se define como la diferencia entre el máximo tiempo disponible para realizar la actividad y su duración.

Teniendo claro el concepto de actividad crítica se procedió a clasificar las actividades necesarias para el proyecto, se identificaron las siguientes actividades como criticas:

- Limpieza Superficial de la Maquinaria
- Cimentación Sección I
- Montaje de la base de la enderezadora.
- Montaje parte superior



- Determinación de altura adecuada para las cajas reductoras
- Cimentación secciones II y III
- Montaje de sistemas de potencia y transmisión
- Ajustes finales

### **3.6.3.2 Posibles inconvenientes.**

Es importante tratar de pronosticar los posibles inconvenientes que se pueden suscitar durante el montaje con el objetivo de reducir el riesgo de un retraso del proyecto. Luego de analizar las tareas necesarias para el montaje se pudieron identificar algunos inconvenientes los cuales se describen a continuación.

El primer inconveniente esta relacionado directamente con los materiales necesarios para algunas tareas de mantenimiento. El problema radica en que algunos materiales o componentes mecánicos no están disponibles en bodega, por lo cual resulta necesario adquirirlos por medio de un distribuidor especializado. Esto puede causar un posible retraso en la adquisición de estos componentes. Para minimizar el riesgo de un retraso del proyecto resulta muy importante encargar los materiales con un tiempo prudente de anticipación.

El segundo inconveniente esta directamente relacionado con la disponibilidad de equipo para realizar el montaje. Tal como se mencionó anteriormente, a lo largo de todo el montaje se necesitaran

las grúas y montacargas utilizados por el departamento de producción para transportar materia prima y producto terminado. Esto representa un problema en caso de que se necesite realizar una tarea relacionada con el montaje al mismo tiempo que el departamento de producción necesite realizar algún movimiento. Resulta muy importante entonces que exista una muy buena coordinación entre ambos departamentos.

Por último es importante mencionar que algunos trabajos de mantenimiento se realizaran en un taller externo a la empresa. Tal es el caso de la rectificación del eje de un rodo inferior que se encuentra dañado. Es importante tener en cuenta este factor, ya que un posible retraso en alguna de estas tareas esta fuera del alcance del departamento de mantenimiento.

### **3.6.3.3 Elaboración de cronograma general utilizando Project.**

Con la información recopilada en el capítulo 3.6.2 se procede a elaborar un cronograma general de las actividades utilizando la aplicación Microsoft Project Professional. Esta aplicación es un poderoso software de administración de proyectos el cual será de mucha ayuda para elaborar el Diagrama de Gantt del montaje. Diferentes partes del cronograma se muestran a continuación:



Figura16. Limpieza superficial y cimentación (cronograma).

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
<input type="checkbox"/> <b>Montaje de Enderezadora de Tubería. (Línea Mc. Kay)</b>	<b>85 días</b>	<b>lun 13/04/09</b>	<b>vie 07/08/09</b>	
<input type="checkbox"/> <b>Limpieza Superficial de la Maquinaria</b>	<b>2 días</b>	<b>lun 13/04/09</b>	<b>mar 14/04/09</b>	
Limpieza con chorro de arena de la parte inferior de la maquinaria	1 día	lun 13/04/09	lun 13/04/09	
Limpieza con chorro de arena de la parte superior de la maquinaria.	1 día	lun 13/04/09	lun 13/04/09	
Aplicación de pintura anticorrosiva.	1 día	mar 14/04/09	mar 14/04/09 3	
<input type="checkbox"/> <b>Cimentación (Sección I: Base de Enderezadora)</b>	<b>15 días</b>	<b>mar 14/04/09</b>	<b>lun 04/05/09</b>	
Señalado y trazado del área de montaje (Todas las secciones)	1 día	mar 14/04/09	mar 14/04/09	
Escarbado (Todas las secciones)	5 días	mié 15/04/09	mar 21/04/09 7	
Elaboración de nichos de anclaje	1 día	mar 14/04/09	mar 14/04/09	
Elaboración de parrilla de fundición	3 días	mar 14/04/09	jue 16/04/09	
Colocación de nichos de anclaje	1 día	vie 17/04/09	vie 17/04/09 10	
Fundición	1 día	lun 20/04/09	lun 20/04/09 11	
Fraguado	10 días	mar 21/04/09	lun 04/05/09 12	
Determinación de altura de cajas reductoras	2 días	lun 22/06/09	mar 23/06/09 38	
<input type="checkbox"/> <b>Cimentación (Secciones II y III: Cajas Reductoras)</b>	<b>14 días</b>	<b>mié 24/06/09</b>	<b>lun 13/07/09 14</b>	
Elaboración de nichos de anclaje	1 día	mié 24/06/09	mié 24/06/09 14	
Elaboración de parrilla de fundición	2 días	mié 24/06/09	jue 25/06/09 14	
Colocación de nichos de anclaje	1 día	vie 26/06/09	vie 26/06/09 17	
Fundición	1 día	lun 29/06/09	lun 29/06/09 18	
Fraguado	10 días	mar 30/06/09	lun 13/07/09 19	
<input type="checkbox"/> <b>Montaje</b>	<b>69 días</b>	<b>mar 05/05/09</b>	<b>vie 07/08/09</b>	
<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento Mecánico y Modificaciones</b>	<b>67 días</b>	<b>lun 20/04/09</b>	<b>mar 21/07/09</b>	

Diagrama de Gantt

Listo

Figura 17. Montaje de la parte superior e inferior de la maquinaria (cronograma).

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
21 <input type="checkbox"/> <b>Montaje</b>	69 días	mar 05/05/09	vie 07/08/09	
22 <input type="checkbox"/> <b>Montaje de la base de la enderezadora</b>	18.5 días	mar 05/05/09	vie 29/05/09	6
23 Fabricación de balancín para el Montaje	5 días	mar 05/05/09	lun 11/05/09	
24 Quitar rodos inferiores. (para disminuir peso)	1 día	jue 07/05/09	jue 07/05/09	
25 Elevación y colocación de la base en el área de montaje	1 día	mar 12/05/09	mar 12/05/09	13,23
26 Colocación de los pernos de anclaje	0.5 días	mié 13/05/09	mié 13/05/09	25
27 Aplicación de cemento de expansión (growrn)	0.5 días	mié 13/05/09	mié 13/05/09	26
28 Fraguado de cemento de expansión.	10 días	jue 14/05/09	mié 27/05/09	27
29 Colocación de los rodos inferiores	1 día	jue 28/05/09	jue 28/05/09	28
30 Colocación de pernos de graduación angular	0.5 días	vie 29/05/09	vie 29/05/09	29
31 <input type="checkbox"/> <b>Montaje de la parte superior de la enderezadora</b>	6 días	vie 29/05/09	lun 08/06/09	
32 Limpieza de ejes verticales de la base de la enderezadora	2 días	vie 29/05/09	mar 02/06/09	22
33 Limpieza de orificios de la parte superior de la enderezadora	1 día	mar 02/06/09	mié 03/06/09	32
34 Lubricación	0.1 días	mié 03/06/09	mié 03/06/09	33
35 Elevación y colocación de la parte superior de la enderezadora	0.9 días	mié 03/06/09	jue 04/06/09	34
36 Colocación de alzas provisionales entre la base y la parte superior	1 día	jue 04/06/09	vie 05/06/09	35
37 Colocación de pernos de graduación angular	1 día	vie 05/06/09	lun 08/06/09	36
38 Colocación del rodo superior medio (para alineación de mesa)	1 día	lun 01/06/09	lun 01/06/09	22
39 Elaboración y montaje de la mesa de evacuación y sistema hidráulico.	15 días	mar 02/06/09	lun 22/06/09	38
40 Montaje de la mesa de alimentación	4 días	mar 23/06/09	vie 26/06/09	
41 <input type="checkbox"/> <b>Montaje del sistema de potencia y transmisión</b>	8 días	mar 14/07/09	jue 23/07/09	15
50 <input type="checkbox"/> <b>Montaje del sistema eléctrico y neumático</b>	6 días	vie 24/07/09	vie 31/07/09	
57 Ajustes finales.	5 días	lun 03/08/09	vie 07/08/09	
58 <input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento Mecánico y Modificaciones</b>	67 días	lun 20/04/09	mar 21/07/09	

Diagrama de Gantt

Listo

Figura 18. Montaje del sistema de potencia, sistema de transmisión, y de los controles eléctricos y neumáticos (cronograma).

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
21 <input type="checkbox"/> Montaje	69 días	mar 05/05/09	vie 07/06/09	
22 <input checked="" type="checkbox"/> Montaje de la base de la enderezadora	18.5 días	mar 05/05/09	vie 29/05/09	6
31 <input checked="" type="checkbox"/> Montaje de la parte superior de la enderezadora	6 días	vie 29/05/09	lun 08/06/09	
38 Colocación del rodo superior medio (para alineación de mesa)	1 día	lun 01/06/09	lun 01/06/09	22
39 Elaboración y montaje de la mesa de evacuación y sistema hidráulico.	15 días	mar 02/06/09	lun 22/06/09	38
40 Montaje de la mesa de alimentación	4 días	mar 23/06/09	vie 26/06/09	
41 <input checked="" type="checkbox"/> Montaje del sistema de potencia y transmisión	8 días	mar 14/07/09	jue 23/07/09	15
42 Montaje de cajas reductoras I y II.	2 días	mar 14/07/09	mié 15/07/09	
43 Colocación de rodos superiores restantes	1 día	mar 14/07/09	mar 14/07/09	
44 Colocación de ejes de transmisión.	2 días	jue 16/07/09	vie 17/07/09	42
45 Montaje de polea en la base de la enderezadora	1 día	lun 20/07/09	lun 20/07/09	
46 Montaje de motor eléctrico en la parte superior de la enderezadora	0.5 días	mar 21/07/09	mar 21/07/09	
47 Montaje de primer reductor de velocidad en la parte superior de la er	0.5 días	mar 21/07/09	mar 21/07/09	46
48 Colocación de polea acoplada al primer reductor	1 día	mié 22/07/09	mié 22/07/09	47
49 Colocación de fajas de transmisión	1 día	jue 23/07/09	jue 23/07/09	48
50 <input checked="" type="checkbox"/> Montaje del sistema eléctrico y neumático	6 días	vie 24/07/09	vie 31/07/09	
51 Colocación de controles eléctricos	2 días	vie 24/07/09	lun 27/07/09	41
52 Colocación y ajuste de variador de frecuencia para el motor	4 días	mar 28/07/09	vie 31/07/09	51
53 Ensamblaje de cilindros neumáticos	0.75 días	vie 24/07/09	vie 24/07/09	
54 Colocación de mangueras neumáticas	0.25 días	vie 24/07/09	vie 24/07/09	53
55 Colocación de válvulas neumáticas	1 día	lun 27/07/09	lun 27/07/09	54
56 Instalación de alimentación de aire comprimido	1 día	mar 28/07/09	mar 28/07/09	55
57 Ajustes finales.	5 días	lun 03/08/09	vie 07/08/09	
58 <input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento Mecánico y Modificaciones	67 días	lun 20/04/09	mar 21/07/09	

Diagrama de Gantt

Listo

Figura 19. Mantenimiento a poleas, ejes de transmisión y cajas reductoras. (cronograma).

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
58	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento Mecánico y Modificaciones</b>	67 días	lun 20/04/09	mar 21/07/09	
59	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a polea ubicada en la base de la enderezadora</b>	2 días	jue 18/06/09	vie 19/06/09	
60	Quitar polea de la base de la enderezadora	1 día	jue 18/06/09	jue 18/06/09	
61	Limpieza general de sus componentes	0.8 días	vie 19/06/09	vie 19/06/09	60
62	Lubricación	0.2 días	vie 19/06/09	vie 19/06/09	61
63	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a polea acoplada al motor.</b>	2 días	lun 22/06/09	mar 23/06/09	
64	Quitar polea acoplada al primer reductor de velocidad	1 día	lun 22/06/09	lun 22/06/09	
65	Limpieza general de sus componentes	0.8 días	mar 23/06/09	mar 23/06/09	64
66	Lubricación	0.2 días	mar 23/06/09	mar 23/06/09	65
67	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a cajas reductoras</b>	9 días	lun 18/05/09	jue 28/05/09	
68	Quitar engranajes y verificar su estado	3 días	lun 18/05/09	mié 20/05/09	
69	Quitar ejes de cajas reductoras	1 día	jue 21/05/09	jue 21/05/09	68
70	Cilindrado de ejes	2 días	vie 22/05/09	lun 25/05/09	69
71	Lubricación.	1 día	mar 26/05/09	mar 26/05/09	70
72	Colocación de engranajes y ejes.	2 días	mié 27/05/09	jue 28/05/09	71
73	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a Transmisiones</b>	12 días	lun 01/06/09	mar 16/06/09	
74	Desarmado de todos los ejes de transmisión (7)	1 día	lun 01/06/09	lun 01/06/09	
75	Limpieza general de todos los componentes	5 días	mar 02/06/09	lun 08/06/09	74
76	Identificación del tipo y tamaño de cruz para cada transmisión	0.5 días	mar 09/06/09	mar 09/06/09	75
77	Identificación de cruces faltantes	0.5 días	mar 09/06/09	mar 09/06/09	76
78	Compra de cruces faltantes	4 días	mié 10/06/09	lun 15/06/09	77
79	Armado de los ejes de transmisión.	1 día	mar 16/06/09	mar 16/06/09	78
80	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a Rodos Inferiores</b>	9 días	lun 20/04/09	jue 30/04/09	
87	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a Rodos Superiores</b>	10 días	lun 04/05/09	vie 15/05/09	
94	<input type="checkbox"/> <b>Mantenimiento a cilindros neumáticos</b>	4 días	lun 29/06/09	jue 02/07/09	
100	<input type="checkbox"/> <b>Elaboración de planos de mantenimiento</b>	7 días	lun 11/07/09	mar 24/07/09	

Diagrama de Gantt

Listo

**Figura 20. Mantenimiento a rodos de enderezado, cilindros neumáticos, y sistema de graduación angular. (cronograma).**

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
87	<b>Mantenimiento a Rodos Superiores</b>	10 días	lun 04/05/09	vie 15/05/09	
88	Desarmado de rodos Superiores	1 día	lun 04/05/09	lun 04/05/09	
89	Limpieza general	4 días	mar 05/05/09	vie 08/05/09	88
90	Verificación de cojinetes y retenedores	1 día	lun 11/05/09	lun 11/05/09	89
91	Cambio de retenedores.	2 días	mar 12/05/09	mié 13/05/09	90
92	Lubricación	1 día	jue 14/05/09	jue 14/05/09	91
93	Armado	1 día	vie 15/05/09	vie 15/05/09	92
94	<b>Mantenimiento a cilindros neumáticos</b>	4 días	lun 29/06/09	jue 02/07/09	
95	Quitar cilindros de la parte superior de la enderezadora	0.25 días	lun 29/06/09	lun 29/06/09	94
96	Limpieza general	0.75 días	lun 29/06/09	lun 29/06/09	95
97	Desarmado de los cilindros neumáticos	0.5 días	mié 01/07/09	mié 01/07/09	96
98	Verificar estado de retenedores.	0.5 días	mié 01/07/09	mié 01/07/09	97
99	Armado	1 día	jue 02/07/09	jue 02/07/09	98
100	<b>Elaboración y colocación de alzas para ejes verticales</b>	7 días	lun 13/07/09	mar 21/07/09	
101	Compra de material	4 días	lun 13/07/09	jue 16/07/09	100
102	Elaboración de alzas	2 días	vie 17/07/09	lun 20/07/09	101
103	Elevación de la parte superior y colocación de alzas	1 día	mar 21/07/09	mar 21/07/09	102
104	<b>Mantenimiento a sistema de graduación angular</b>	4 días	jue 02/07/09	mar 07/07/09	
105	Verificación de pernos de graduación angular	0.5 días	jue 02/07/09	jue 02/07/09	104
106	Quitar pernos de graduación angular defectuosos	0.5 días	jue 02/07/09	jue 02/07/09	105
107	Reparación de pernos defectuosos	2 días	vie 03/07/09	lun 06/07/09	106
108	Lubricación del sistema de graduación angular.	0.5 días	mar 07/07/09	mar 07/07/09	107
109	Colocación de pernos de graduación angular reparados	0.5 días	mar 07/07/09	mar 07/07/09	108



#### **3.6.3.4 Elaboración de un Diagrama de Gantt del proyecto.**

Un Diagrama de Gantt es una de las mejores herramientas para la planificación de proyectos. En este se especifican los tiempos de inicio y terminación de cada actividad en una escala de tiempo horizontal. Esta herramienta fue desarrollada y popularizada por el ingeniero norteamericano Henry Laurence Gantt entre 1910 y 1915.

La principal ventaja de esta herramienta es que facilita la visualización de las tareas más importantes del proyecto y las relaciones entre ellas. Además, con la ayuda del Diagrama de Gantt es fácil determinar las actividades críticas del proyecto y posteriormente la ruta crítica del mismo. Sin embargo, el Diagrama de Gantt tiene la limitación de no especificar la interdependencia entre las actividades del proyecto, por lo que es posible que algún imprevisto en la ejecución del mismo afecte la posición de las actividades en el diagrama. Aun así, un Diagrama de Gantt resultara una excelente herramienta para la planificación del montaje de la enderezadora de tubería.

Por tal motivo, con la información recopilada en los capítulos anteriores y con la ayuda de la aplicación Microsoft Project Professional se procedió a elaborar diagramas de Gantt para el proyecto. Dichos diagramas se muestra en las siguientes páginas.

Figura 21. Diagrama de Gantt del proyecto.

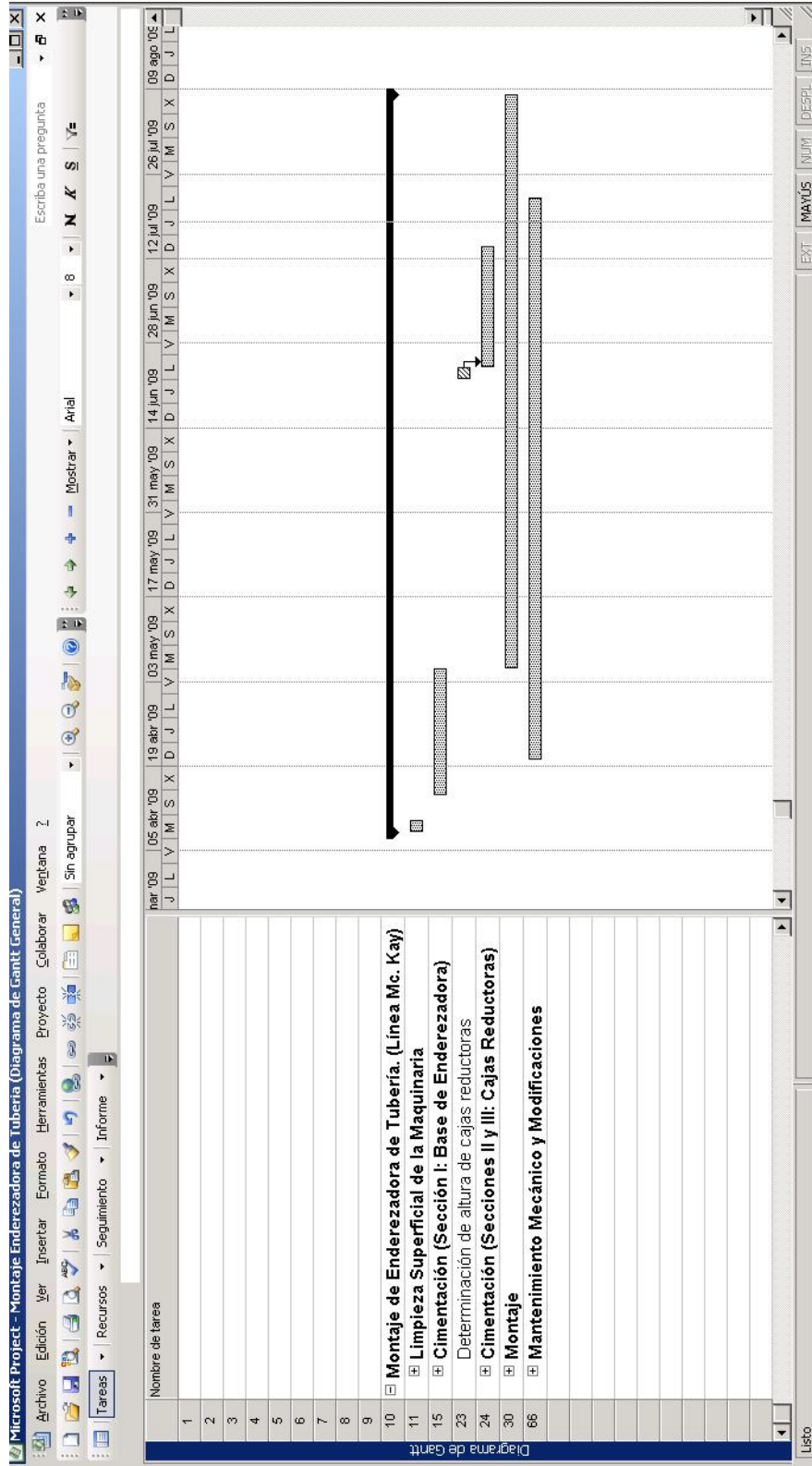


Figura 22. Limpieza superficial de la enderezadora y cimentación de las secciones I, II y III.

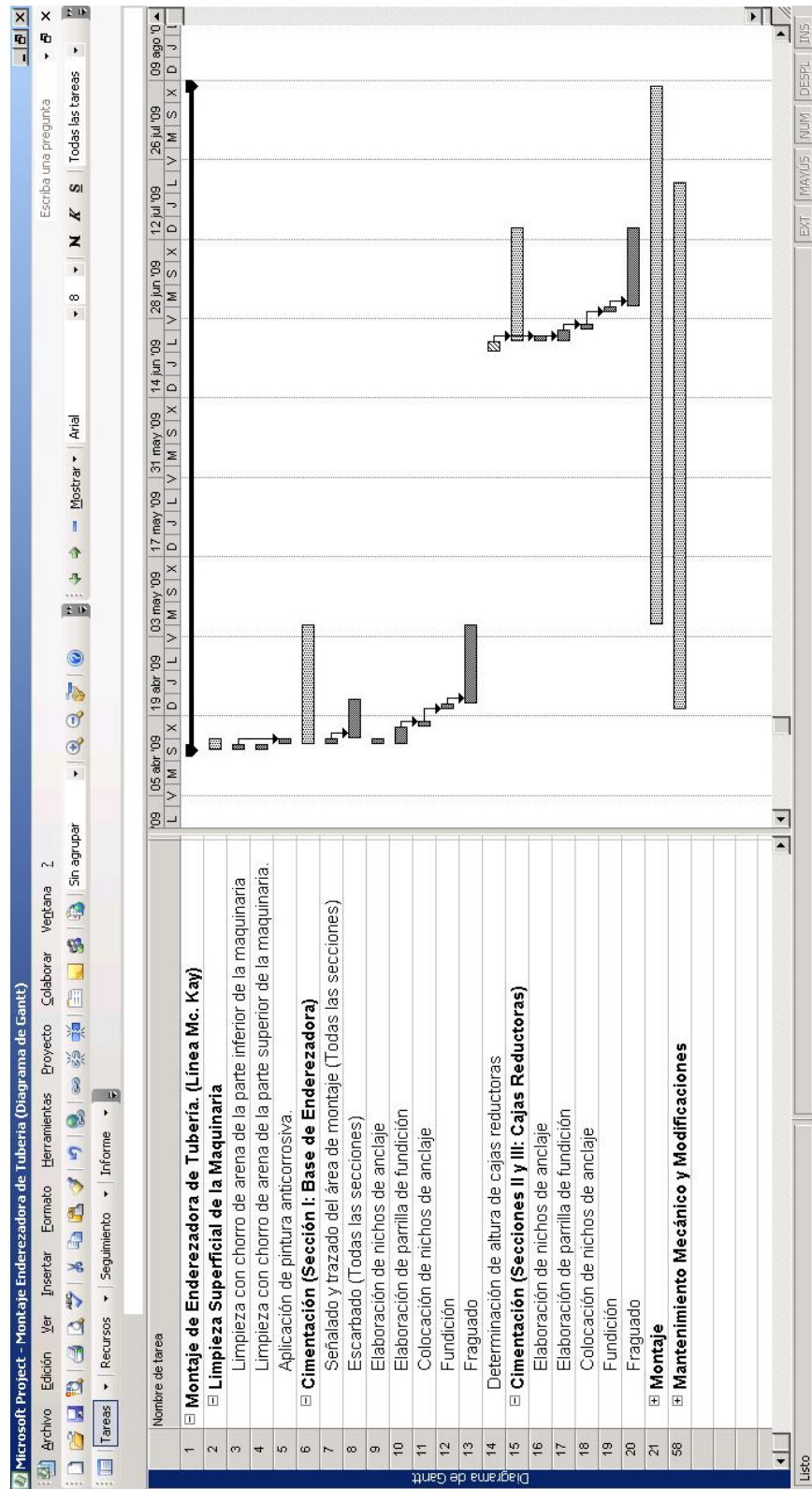


Figura 23. Montaje de la enderezadora (Diagrama de Gantt).

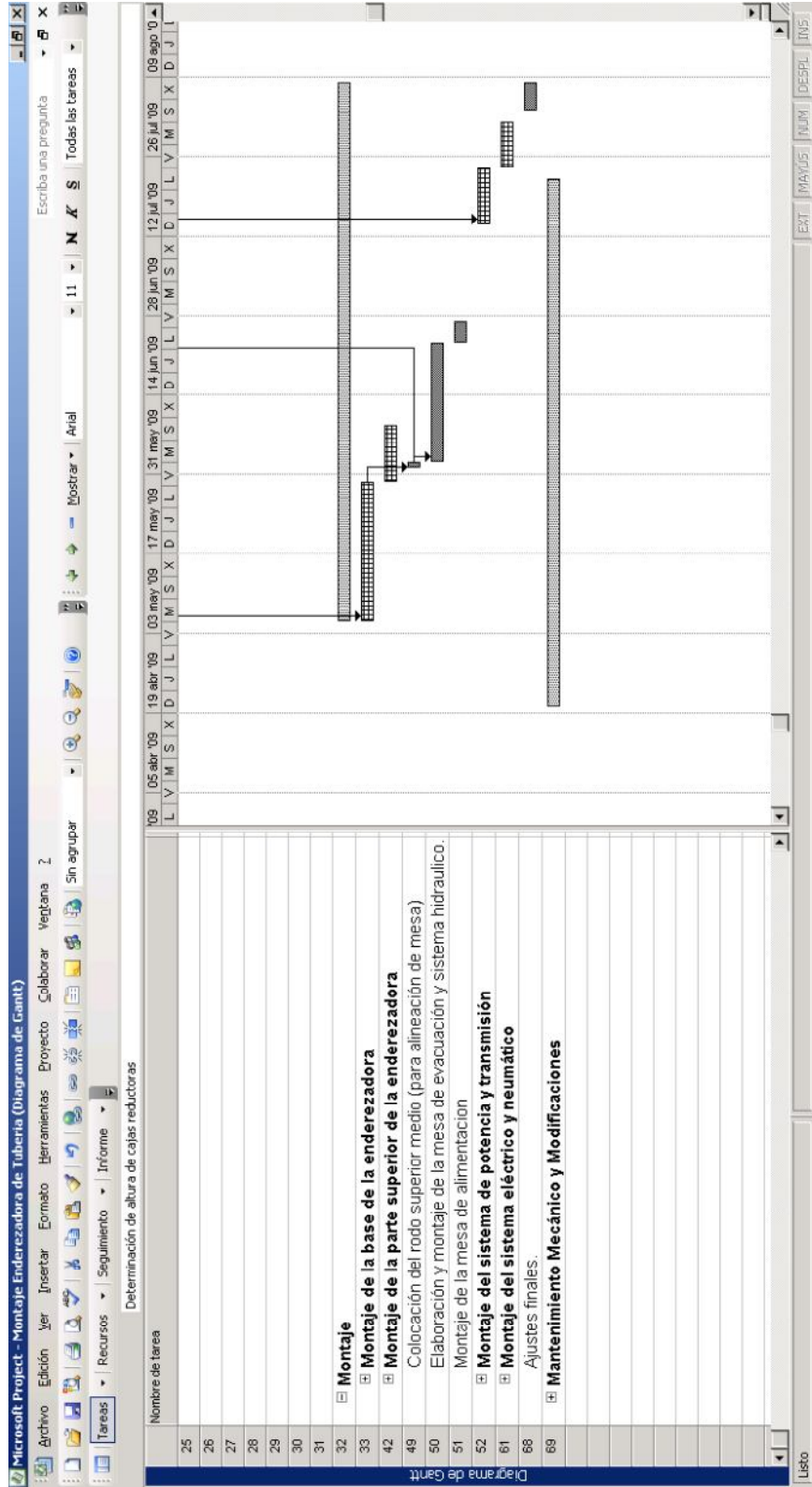


Figura 24. Montaje de la base y de la parte superior de la enderezadora (Diagrama de Gantt).

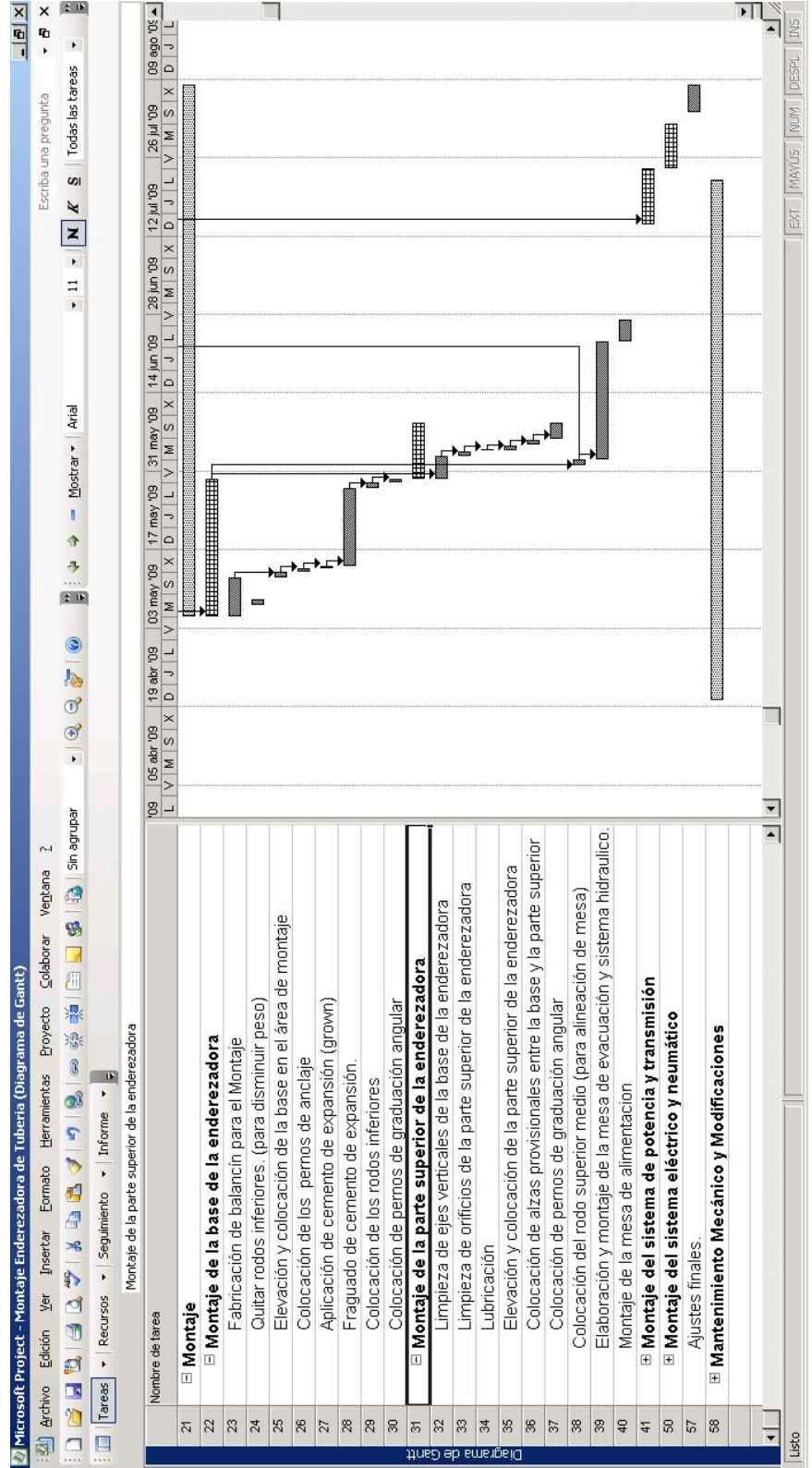


Figura 25. Montaje de los sistemas de potencia, de transmisión y de control. (Diagrama de Gantt).

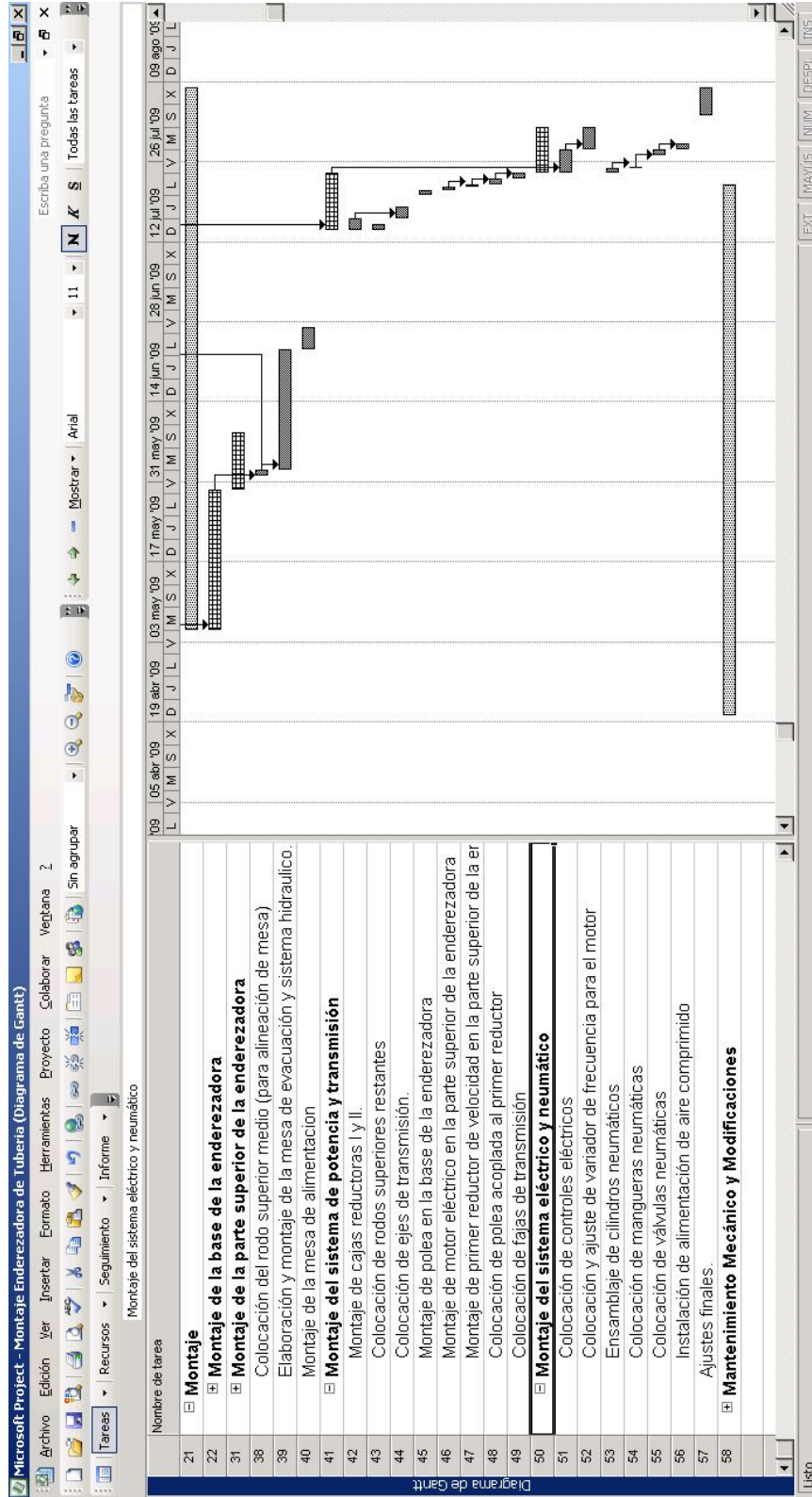
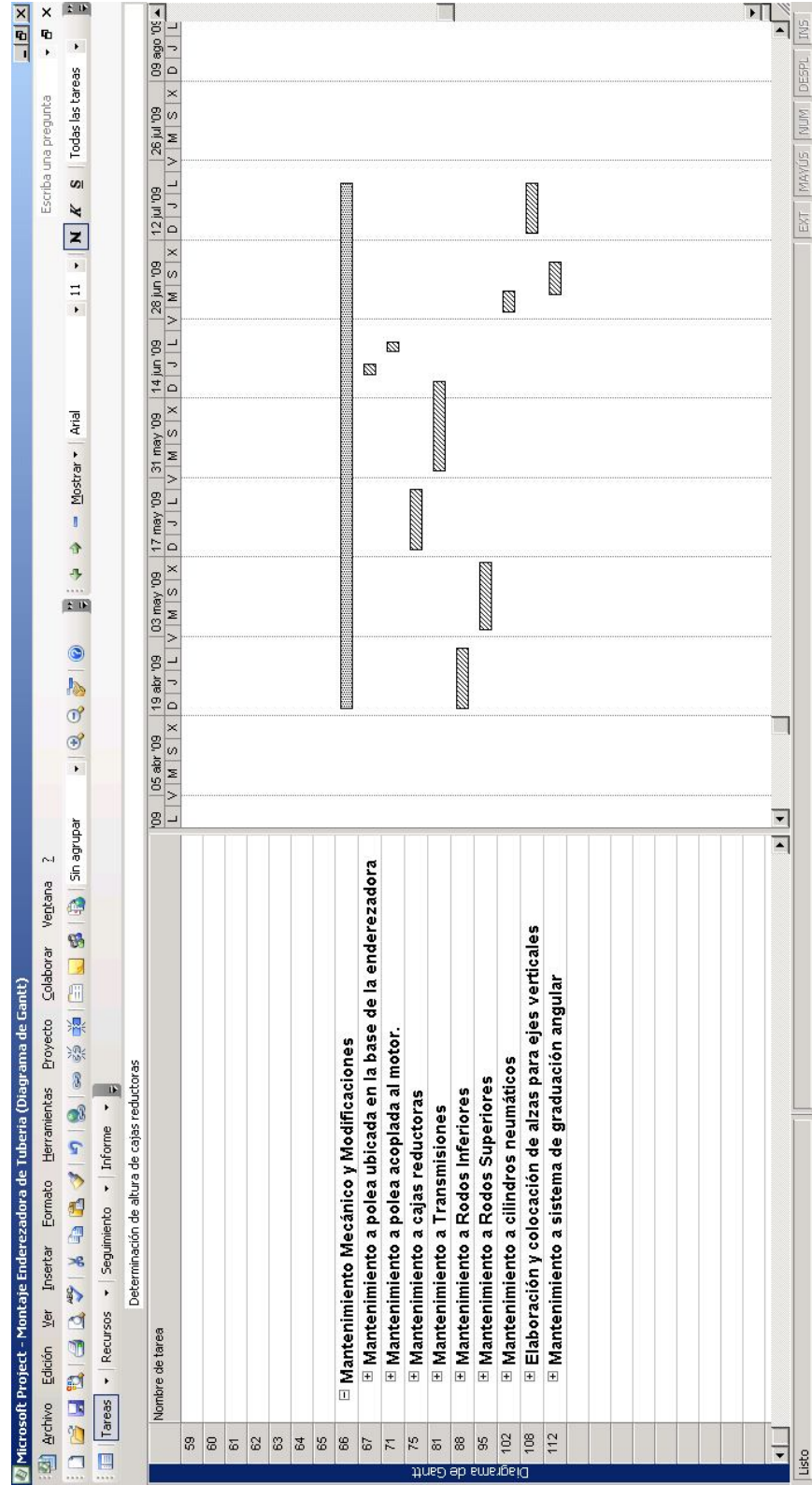


Figura 26. Mantenimiento mecánico y modificaciones. (Diagrama de Gantt).



### **3.6.3.5 Determinación de la ruta crítica.**

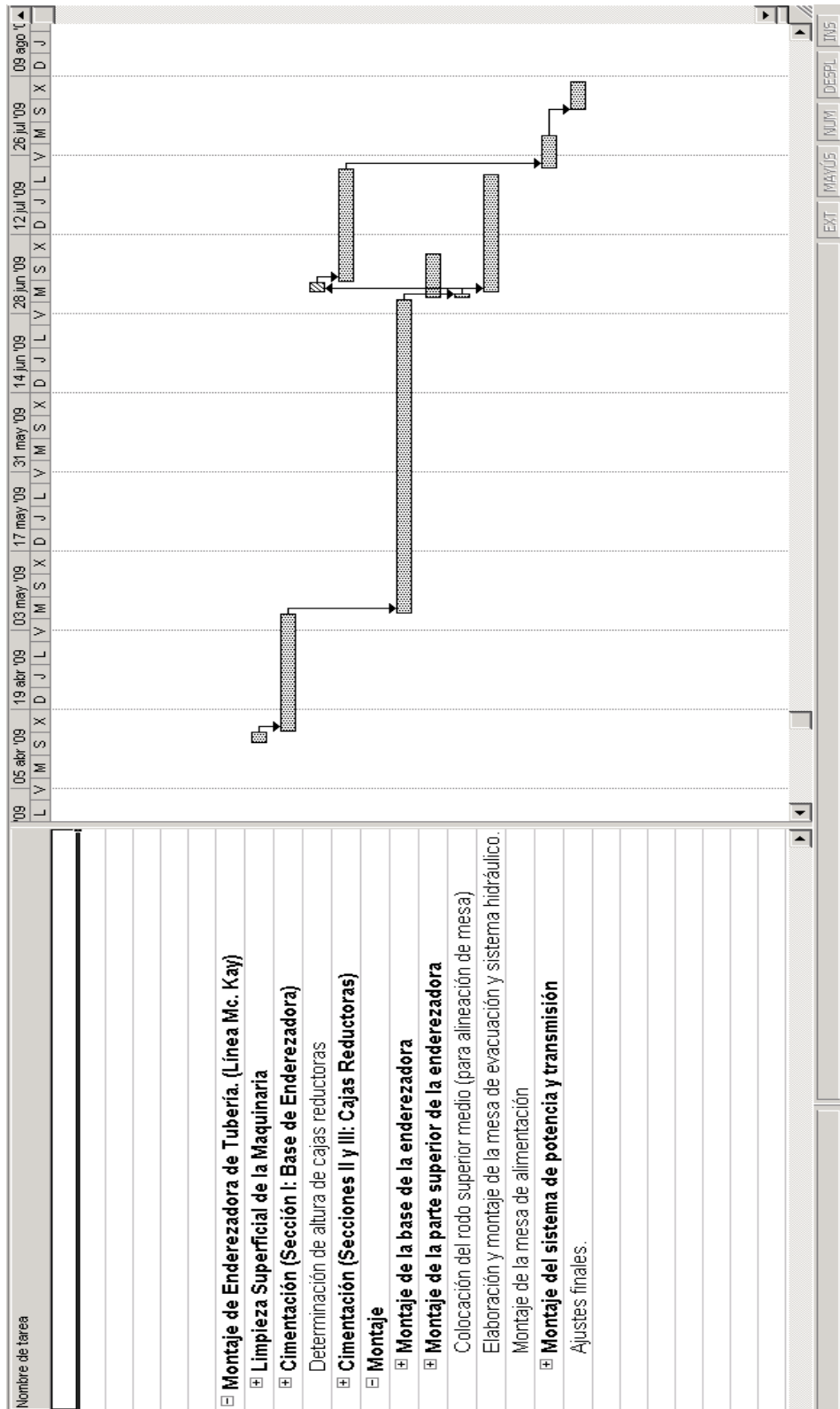
“La ruta crítica del proyecto se define como una cadena de actividades críticas, las cuales conectan los eventos de inicio y final del diagrama. En otras palabras, la ruta crítica identifica todas las actividades críticas del proyecto.”<sup>3</sup>

Es importante resaltar que todas las actividades que se incluyen en la ruta crítica no tienen ningún tipo de holgura, lo cual implica que si se llegase a atrasar el comienzo o el fin de alguna de estas actividades la duración del proyecto se vera afectada directamente. La importancia de determinar la ruta crítica es identificar las actividades que deben tener prioridad durante la ejecución del proyecto, de tal forma que no se vea atrasada la finalización del mismo.

Con ayuda del Diagrama de Gantt es posible visualizar las actividades críticas del proyecto, las cuales se identificaron en el capítulo 3.6.1. Se procede entonces a elaborar un esquema de la ruta crítica del proyecto el cual se muestra a continuación.



**Figura 27. Ruta crítica del proyecto.**



#### **3.6.3.6 Tiempo estimado del montaje.**

Una vez identificadas cada una de las tareas necesarias para el montaje y habiendo estimado el tiempo necesario para finalizar cada una de ellas, se determinó la duración aproximada del proyecto. El tiempo estimado es de ochenta y cinco días hábiles. Dado que las actividades relacionadas con el montaje se iniciaron el miércoles 13 de abril del año 2009, se estima que el proyecto será finalizado el día viernes 7 de agosto 2009.

## CONCLUSIONES

1. Un porcentaje considerable de tubería sufre deformaciones en su superficie durante el proceso conformado y soldado, lo cual afecta notablemente las características funcionales y el precio de la misma. Es posible corregir dichas deformaciones por medio de una máquina enderezadora de tubería.
2. Se determinó que el montaje de una máquina enderezadora de tubería en el área de conformado y soldado de la línea Mc. Kay representa un beneficio económico para la empresa, y que la inversión para el montaje de dicha maquinaria será recuperada en un lapso de dos años aproximadamente.
3. La adecuada planificación del montaje y la elaboración de un cronograma general de actividades para el mismo, será de gran utilidad para desarrollar eficientemente el proyecto sin afectar las actividades del departamento de producción.
4. Se determinó que la ruta crítica del proyecto está conformada por las siguientes actividades: limpieza superficial, cimentación, montaje de la base y de la parte superior de la maquinaria, determinación de la altura de cajas reductoras, montaje de sistemas de transmisión y ponencia, y ajustes finales.
5. Se determinó que los principales inconvenientes para el desarrollo del montaje son la dependencia hacia proveedores para la adquisición de ciertas piezas o materiales, la posible indisponibilidad de grúas y

montacargas para realizar el montaje, y la realización de algunos trabajos de mantenimiento en talleres externos a la empresa. Estos tres factores pueden causar un retraso en las actividades del proyecto.

6. Se determinó que en el área de conformado y soldado de la línea del molino Mc. Kay existen riesgos industriales relacionados con la mano de obra, con la maquinaria y con factores ambientales. Los cuales se pueden mitigar utilizando el equipo apropiado y tomando las acciones adecuadas.
7. Se determinó que los principales riesgos del área son: riesgo de cortadura al manipular materia prima o producto terminado, riesgo de lesiones en la cabeza o en el resto del cuerpo, riesgo de quemaduras, riesgo de exposición a partes móviles de la maquinaria, riesgo de que se suscite un sismo o una inundación en el área, entre otros.
8. El uso constante de agua emulsiva y aceite durante el proceso hace que la superficie del piso sea resbalosa, aumentando el riesgo de lesiones. El inadecuado almacenamiento del producto terminado también aumenta este riesgo.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere a los Gerentes de Producción y de Mantenimiento respectivamente planificar cuidadosamente el uso de grúas y montacargas durante el montaje de la máquina enderezadora, de tal forma que sea posible desarrollar el proyecto sin mayores inconvenientes, evitando también que se interrumpan las actividades del departamento de producción.
2. Es aconsejable que el Gerente de Mantenimiento le de prioridad a las actividades del montaje que se identificaron como críticas, para evitar un retraso en la finalización del montaje.
3. Se recomienda al encargado de compras de la planta cotizar y realizar el pedido de materiales y piezas necesarias para el montaje con anticipación. De tal manera que se reduzca el riesgo de un retraso en la entrega de los mismos.
4. Es aconsejable que el encargado de producción del área de conformado y soldado del molino Mc Kay promueva el uso de equipo adecuado para reducir los riesgos industriales en el área. Como por ejemplo el uso de casco en las bodegas de producto terminado, el uso de guantes durante la manipulación de materia prima, la colocación de protectores para partes móviles de la maquinaria, etc.
5. Se recomienda al encargado de producción del área de conformado y soldado del molino Mc Kay que exija que se mantenga seco el piso de la planta y que se reparen las fugas de aceite y de agua emulsiva, para que

se reduzcan los riesgos de sufrir lesiones en el área. Así mismo se sugiere mantener despejados los pasillos de entrada y salida del área de tal manera que si se llegase a suscitar una emergencia sea posible que el personal desaloje el área rápidamente.

6. Dado que la producción de tubería de acero por medio del proceso de conformado y soldado es un proceso que implica riesgos, se recomienda a la administración de la planta promover estudios de riesgos industriales para cada área de producción de la planta.

## REFERENCIAS

1. Grimaldi, John V. **La seguridad industrial: su administración.** Ed. Alfa-Omega, México, 1991. p.221.
2. Aldana Fernández, David Enrique. Consideraciones para cimentación de maquinaria. Trabajo de Graduación de Ingeniería Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1978.p.5
3. Hamdy A. Taha. **Investigación de Operaciones, una introducción.** Segunda Edición, Editorial Alfaomega, México 1991. p.365





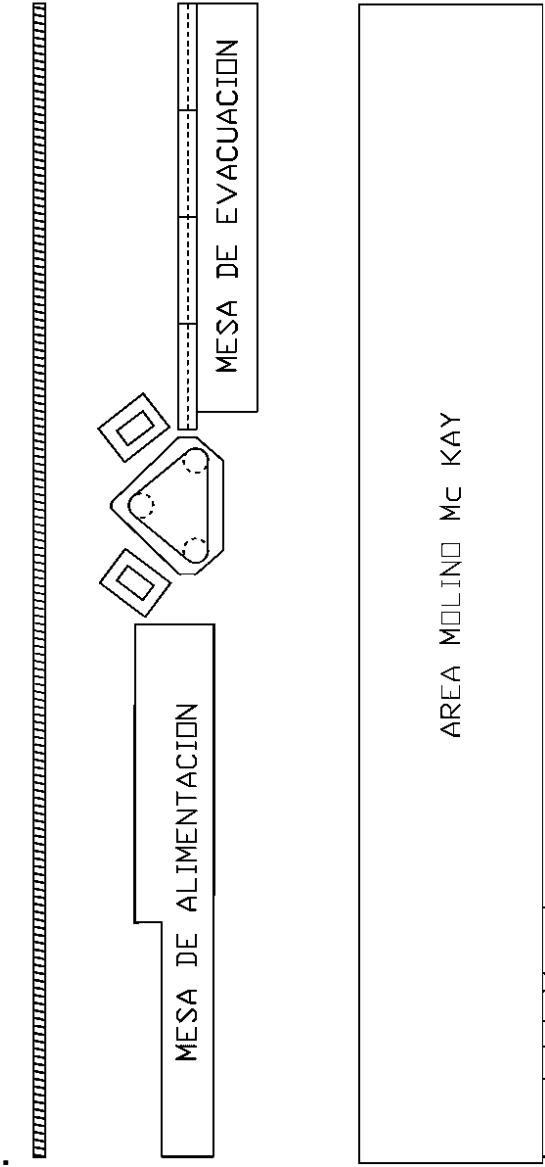
## BIBLIOGRAFÍA

1. Aldana Fernández, David Enrique. Consideraciones para cimentación de maquinaria. Trabajo de Graduación de Ingeniería Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1978.
2. Barrientos Ochoa, Elena Elizabeth. Diseño e implementación de procedimientos bajo los lineamientos de la norma ISO 9001:2000 en los procesos relacionados con recursos humanos, compras, ventas y ambiente de trabajo en la fabrica de tubos de hierro Tubac, S.A. Trabajo de Graduación de Ingeniería Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.
3. Delgado Pérez, Maynor Aníbal. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para equipo industrial utilizado en la fabricación de tubería de acero en planta Tubac, S.A., Trabajo de Graduación de Ingeniería Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
4. Grimaldi, John V. **La seguridad industrial: su administración.** Ed. Alfa-Omega, México, 1991.
5. Hamdy A. Taha. **Investigación de Operaciones, una introducción.** Segunda Edición, Editorial Alfaomega, México 1991.
6. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, **Reglamento General sobre Higiene y Seguridad en el Trabajo.** 1957



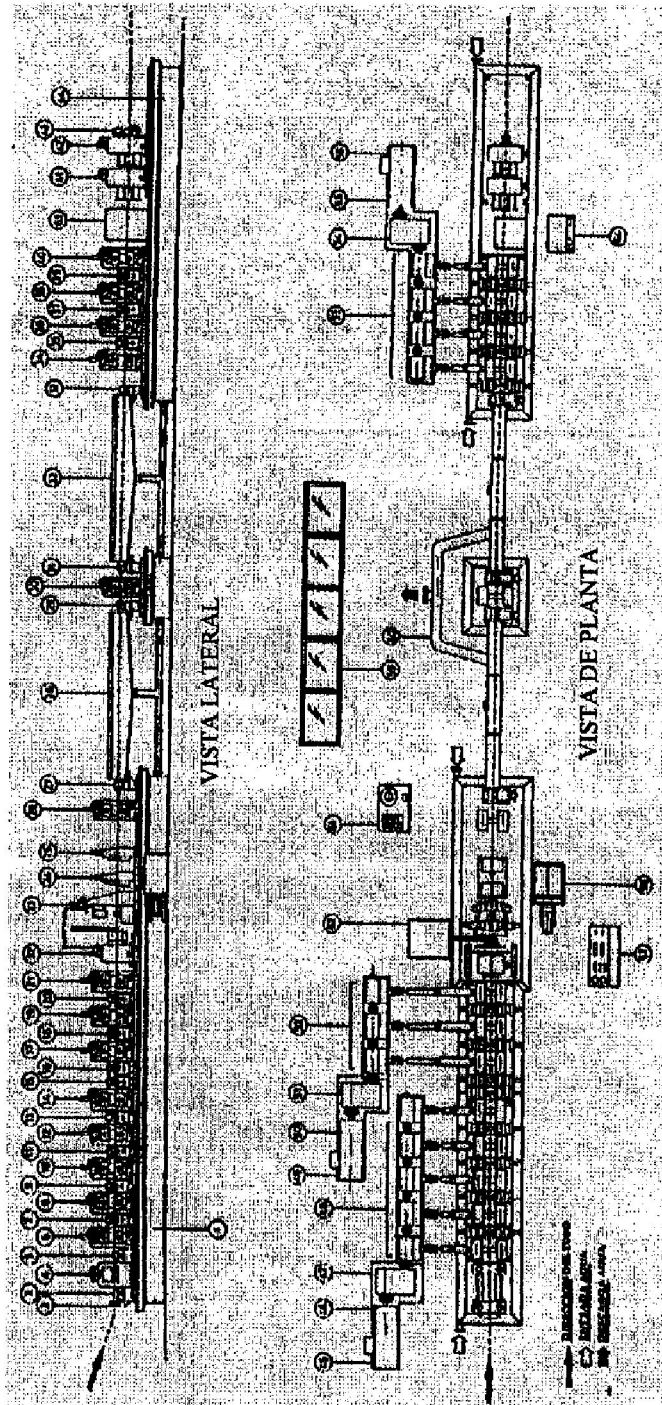
## **ANEXOS**

**ANEXO 1. Ubicación de la máquina enderezadora de tubería en la línea de producción del molino Mc. Kay**



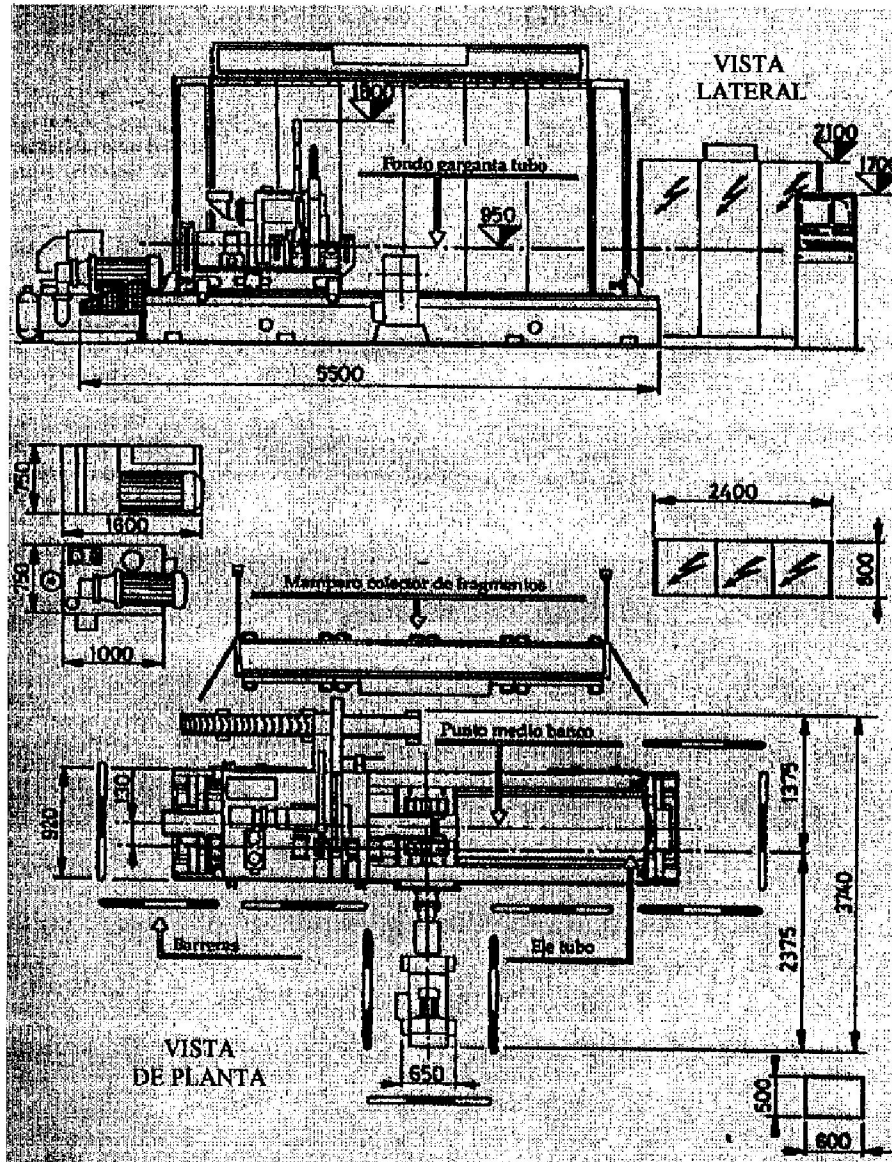
ANEXO 2. Ilustración de un molino de conformado.

Este es un sistema mediante secuencias precisas y graduales de deformación en frío, la tira de acero asume forma circular.

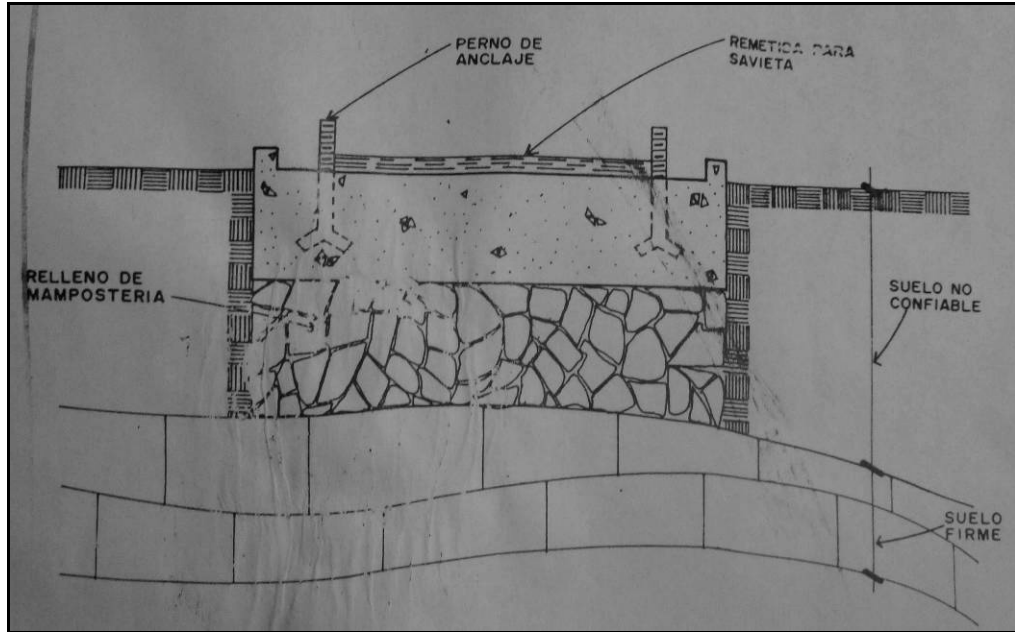


### ANEXO 3. Ilustración de una máquina cortadora de tubería.

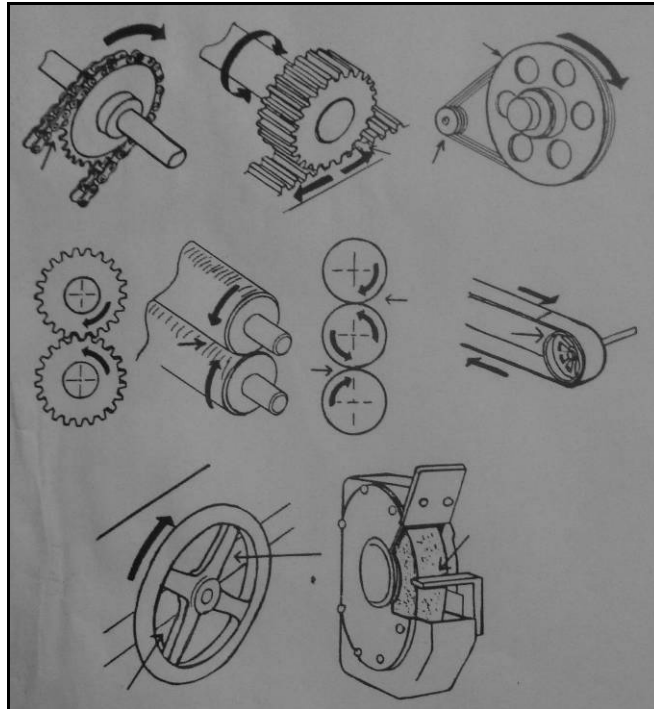
Este sistema es una máquina cortadora volante de fresa veloz para tubos de medianas dimensiones.



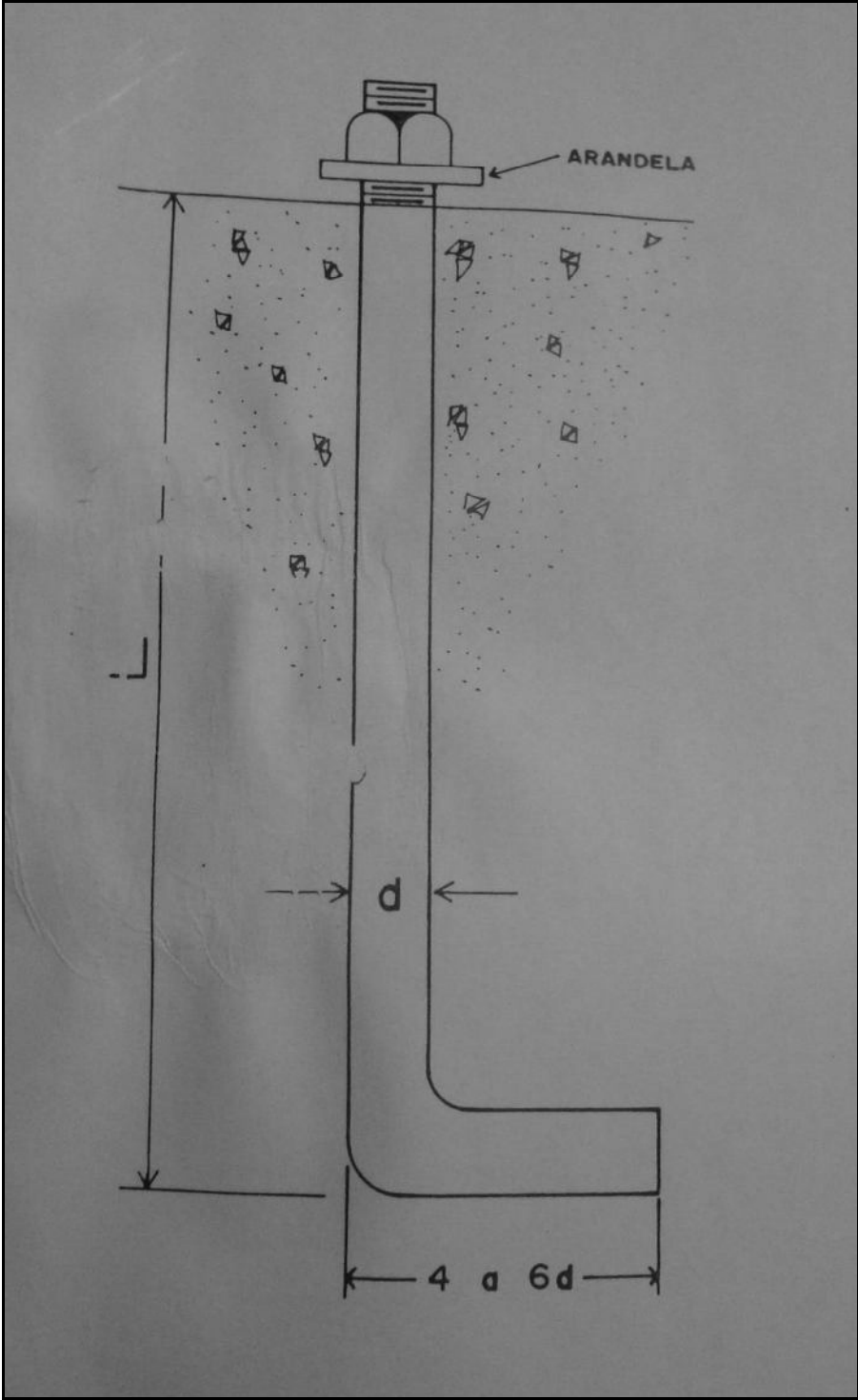
**ANEXO 4. Esquema de la cimentación de maquinaria en suelos sueltos.**



**ANEXO 5. Riesgos comunes del punto de corte en maquinaria.**













**ANEXO 6. Perno de anclaje.**





















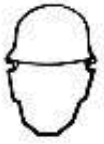









**ANEXO 7. Simbología relacionada con seguridad industrial.**

SEÑALES DE PROHIBICION					
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROHIBIDO FUMAR		NEGRO	ROJO	BLANCO	
PROHIBIDO APAGAR CON AGUA		NEGRO	ROJO	BLANCO	
PROHIBIDO FUMAR Y LLAMAS DESNUDAS		NEGRO	ROJO	BLANCO	
AGUA NO POTABLE		NEGRO	ROJO	BLANCO	
PROHIBIDO PASAR A LOS PEATONES		NEGRO	ROJO	BLANCO	

**SEÑALES DE ADVERTENCIA**

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
RIESGO DE INCENDIO MATERIAS INFLAMABLES		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE EXPLOSION MATERIAS EXPLOSIVAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE RADIACION MATERIAL RADIOACTIVO		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE CARGAS SUSPENDIDAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE INTOXICACION SUSTANCIAS TOXICAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE CORROSION SUSTANCIAS CORROSIVAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO ELECTRICO		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

### SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DE VIAS RESPIRATORIAS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DE LA CABEZA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DEL OIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DE LA VISTA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DE LOS PIES		BLANCO	AZUL	BLANCO	

## ANEXO 8. Clases de incendio y su agente extintor.

**CUADRO SOBRE CLASES DE INCENDIO Y SU AGENTE EXTINTOR**

<b>AGENTE EXTINTOR</b>	<b>¿Combate esta clase de fuego?</b>		
	<b>CLASES DE INCENDIO</b>		
	<b>CLASE A</b> Papel, madera, tejidos, fibra, etc.	<b>CLASE B</b> Gas, aceites, grasas, tintas, etc.	<b>CLASE C</b> Instalaciones, y equipos eléctricos en tensión.
<b>Gas carbónico (CO)</b>	Sólo tiene acción sobre las llamas	Se apaga por enfriamiento y sofocamiento	Se apaga por enfriamiento y sofocamiento.
<b>Espuma</b>	Si hay fuego superficial y no extenso	Si la espuma flota sobre los líquidos inflamables y sofoca el fuego.	Contraindicado, la espuma es conductora de la electricidad.
<b>Carga líquida</b>	Lo apaga por enfriamiento y saturación al combustible.	No lo apaga.	No esta indicado, la carga es conductora de la electricidad.
<b>Polvo</b>	Solo tiene acción sobre las llamas.	Se apaga por sofocamiento.	Se apaga por sofocamiento.
<b>Agua</b>	Se apaga por enfriamiento y saturación del combustible	El agua en forma de neblina enfría y apaga el fuego.	Contraindicada, el agua es conductora de la electricidad.