



# ANEXO 7

## Manual de puesta a punto de la máquina 1.



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA 1 DE LA  
LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

**Tutora:**

Dra. Florangel Ortíz

**Autoras:**

Mariam Díaz C.I 14.860.956

Liliana Pérez C.I 15.865.256

Valencia, enero, 2010



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA 1 DE LA  
LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo, para optar al Título de Ingeniero Industrial

**Tutora:**  
Dra. Florangel Ortíz

**Autoras:**  
Mariam Díaz C.I 14.860.956  
Liliana Pérez C.I 15.865.256

Valencia, enero, 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



## DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL (IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)

**Tutora:** Dra. Florangel Ortíz

**Autoras:** Mariam Díaz, Liliana Pérez

### RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó en la empresa IMOSA Tuboacero Fabricación C.A, fabricante de tuberías de acero de gran diámetro, dirigidas especialmente a la industria petrolera. El proceso de puesta a punto de sus máquinas es complejo, y por lo tanto, consume gran cantidad de tiempo y esfuerzo, lo cual incide negativamente en su productividad. El caso más crítico es el de la máquina 1 de la línea de soldadura helicoidal, el cual requiere de hasta tres jornadas laborales para su puesta a punto. A objeto de reducir el tiempo de esta actividad se hizo un estudio basado en observación directa del proceso de cambio y entrevistas al personal, se elaboró un diagrama de pareto donde se detectaron las principales causas que inciden en la duración de la puesta a punto, a cada una de las cuales se le encontró la causa raíz mediante un diagrama causa-efecto, se realizaron propuestas de mejora del método de trabajo que conjuntamente con el diseño de dispositivos disminuyen el tiempo de las actividades críticas de la puesta a punto, en un 40%, según los estimados de la comparación entre el estado actual y el propuesto, utilizando diagramas de cuadrillas y de gantt. Este logro, traerá beneficios en cuanto a la calidad del producto, disminución de desperdicios de material, mejoras en el ambiente de trabajo y cumplimiento de tiempos de entrega al cliente. Además no implica para la empresa una gran inversión, estando por el orden de los 38.000 Bsf.

Palabras claves: SMED, puesta a punto, fabricación de tuberías.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



## CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros los abajo firmantes, Miembros del Jurado, designados por el Consejo de Escuela para Evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado “Disminución de tiempos de puesta a punto de la máquina 1 de la línea Helicoidal (IMOSA Tuboacero Fabricación C.A)”, realizado por las Brs. Mariam Díaz, C.I. 14.860.956, y Liliana Pérez, C.I. 15.865.256, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Florangel Ortiz  
Tutor

Prof. Crisdalith Cachut  
Jurado

Prof. Carlos Martínez  
Jurado

## Agradecimiento

## Dedicatoria

# **CAPÍTULO I**

## **CAPÍTULO II**

## **CAPÍTULO III**

## **CAPÍTULO IV**



# **ANEXO 1**



**Anexo1:** Programación mayo- junio. Máquina helicoidal 1

	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
	11-may	12-may	13-may	14-may	may	18-may	19-may	20-may	21-may	22-may	25-may	26-may	27-may	28-may	29-may	01-jun	02-jun	03-jun	04-jun	05-jun	08-jun	09-jun	10-jun	11-jun	12-jun
Máquina N° 1		PRODUCCION OT-569																							

Tiempo programado  
 Tiempo real

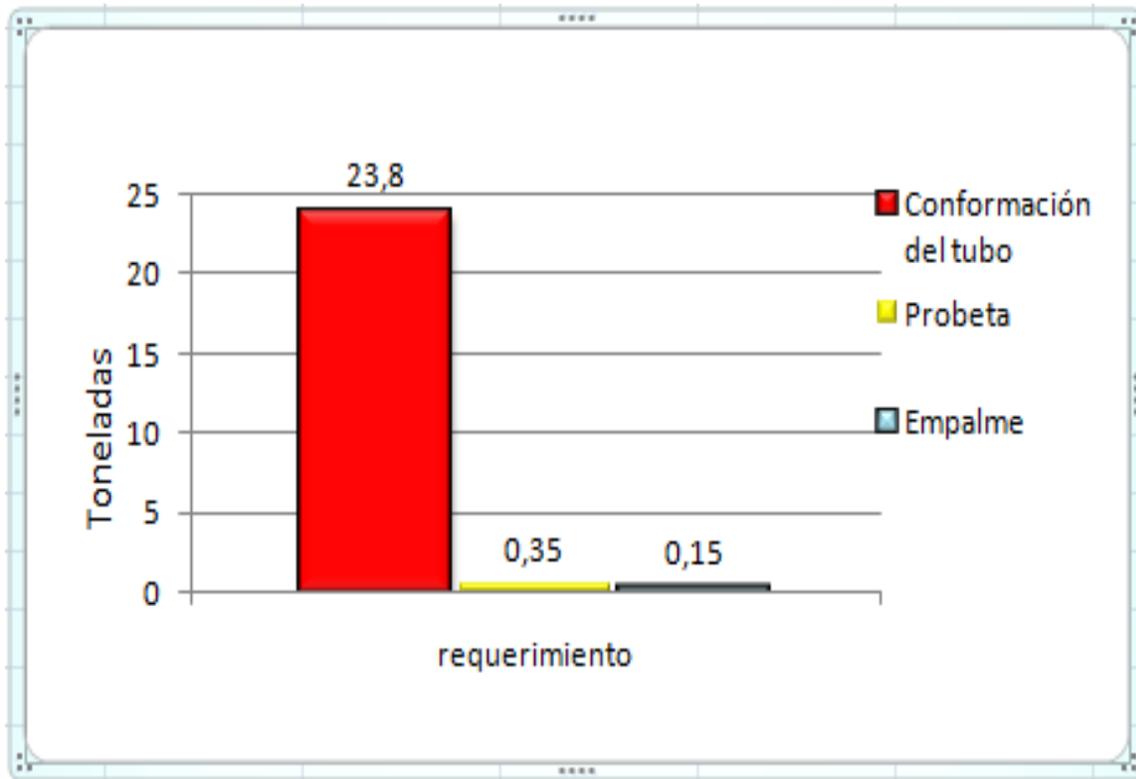
Fuente: GEPCP



# **ANEXO 2**



**Anexo2:** Desperdicio de material mayo 2009 máquina helicoidal N° 1.



Peso promedio de una bobina: 16.9 Toneladas.

Fuente: GEPCP



# **ANEXO 3**



**Anexo3:** Hoja de resultado de los cálculos para la puesta a punto:

OT. 569. Máquina N° 1

Ancho Bruto:	1100 mm
Espesor:	17.48 mm
Corte de cizallas	1085 mm
Ancho Neto:	1080 mm
Ángulo de Conformación:	55.00°
Altura del Boom:	263.5 mm
Suplementos del Boom:	13.5 mm
Ubicación del Inversor:	659.21mm
Distancia del Boom:	110 mm
Rodillos de Entrada:	177 mm
Rodillos de Contrafuerza:	439 mm
Pórtico Horizontal:	50" – 24" – 52"
Perímetro Mínimo:	1912 mm
Perímetro Nominal:	1915 mm
Perímetro Máximo:	1922 mm
Velocidad de avance:	0.65 m/min
Parámetros soldadura interna:	730 Amp - 34 Volt
Parámetros soldadura externa:	850 Amp - 34 Volt
Parámetros soldadura transversal	620Amp - 33 Volt



**Fuente:** Departamento de Fabricación (GEFAB)

O.T. 493.Máquina N° 1

Ancho Bruto:	1150 mm
Espesor:	9,53 mm
Ancho Neto:	11300 mm
Ángulo de Conformación:	61.83°
Altura del Boom:	258 mm
Suplementos del Boom:	8 mm
Ubicación del Inversor:	640.89mm
Distancia del Boom:	110 mm
Rodillos de Entrada:	173 mm
Rodillos de Contrafuerza:	418 mm
Pórtico Horizontal:	49" – 30" – 47"

**Fuente:** Departamento de Fabricación (GEFAB)



OT. 538. Máquina N° 1

Ancho Bruto:	1000 mm
Espesor:	11.13mm
Corte de cizallas	980 mm
Ancho Neto:	975 mm
Ángulo de Conformación:	51.20°
Altura del Boom:	260 mm
Suplementos del Boom:	10 mm
Ubicación del Inversor:	624.25mm
Distancia del Boom:	110 mm
Rodillos de Entrada:	179 mm
Rodillos de Contrafuerza:	448 mm
Pórtico Horizontal:	52" – 20" – 54"
Perímetro Mínimo:	1593 mm
Perímetro Nominal:	1596 mm
Perímetro Máximo:	1603mm
Velocidad de avance:	0.85 m/min
Parámetros soldadura interna:	730 Amp – 32 Volt
Parámetros soldadura externa:	830 Amp - 34 Volt
Parámetros soldadura transversal	620Amp - 33Volt

**Fuente:** Departamento de Fabricación (GEFAB)



# **ANEXO 4**



**Anexo 4:** Estudio de tiempo de la puesta a punto para la máquina 1

Operaciones de Puesta Punto **OT-538**

Espesor: 11.13 mm

Perímetro: 1596 mm

Tiempo de Duración: 1332 min.

**Tabla 1:** Resumen duración de operación de puesta a punto de la máquina 1

Operación N°	Descripción	Tiempo (min.)
1	Calculo de Parámetros de Conformación de la máquina	12
2	Colocación del ángulo de conformación de la maquina	47
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos	159
4	Montaje de la bobina en la maquina	11
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado	59
6	Desmontaje de fresas y cambio de insertos	299
7	Montaje de fresas	262
8	Avance de la lamina hasta la mesa de corte	2
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	111
10	Ubicación de la bancada de las fresas	26
11	Calibrar el tren de tracción	12
12	Avanzar la lamina hasta los largueros guías	5
13	Introducción de la lamina entre los rodillos del boom y de entrada	42
14	Doblado de la lamina	10
15	Corte de exceso de la lamina	10
16	Ajuste de rodillos de contrafuerza	13
17	Alineación de la lamina con la junta	10
18	Ajuste de rodillos de conformación	91
19	Soldadura manual interna	23
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	9
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	12
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	48
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina	7
24	Corte del extremo del tubo	15
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	32
	Total Tiempo:	<b>1327</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las observaciones.



Operaciones de Puesta Punto **OT-493**

Espesor: 9.53 mm  
Perímetro: 2394 mm  
Tiempo de Duración: 1318 min.

**Tabla 2:** Resumen duración de operación de puesta a punto de la máquina 1

Operación N°	Descripción	Tiempo (Min)
1	Calculo de Parámetros de Conformación de la máquina	11
2	Colocación del ángulo de conformación de la maquina	45
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos	156
4	Montaje de la bobina en la maquina	9
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado	54
6	Desmontaje de fresas y cambio de insertos	298
7	Montaje de fresas	259
8	Avance de la lamina hasta la mesa de corte	2
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	108
10	Ubicación de la bancada de las fresas	25
11	Calibrar el tren de tracción	10
12	Avanzar la lamina hasta los largueros guías	4
13	Introducción de la lamina entre los rodillos del boom y de entrada	41
14	Doblado de la lamina	10
15	Corte de exceso de la lamina	11
16	Ajuste de rodillos de contrafuerza	12
17	Alineación de la lamina con la junta	10
18	Ajuste de rodillos de conformación	90
19	Soldadura manual interna	21
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	8
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	10
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	46
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina	6
24	Corte del extremo del tubo	13
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	31
	Total Tiempo:	<b>1290</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las observaciones



Operaciones de Puesta Punto **OT-569**

Espesor: 17.48 mm  
Perímetro: 1915 mm  
Tiempo de Duración: 1337 min.

**Tabla 3:** Resumen duración de operación de puesta a punto de la máquina 1

Operación N°	Descripción	Tiempo (Min)
1	Calculo de Parámetros de Conformación de la máquina	13
2	Colocación del ángulo de conformación de la maquina	49
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos	160
4	Montaje de la bobina en la maquina	14
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado	62
6	Desmontaje de fresas y cambio de insertos	302
7	Montaje de fresas	264
8	Avance de la lamina hasta la mesa de corte	4
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	112
10	Ubicación de la bancada de las fresas	28
11	Calibrar el tren de tracción	13
12	Avanzar la lamina hasta los largueros guías	7
13	Introducción de la lamina entre los rodillos del boom y de entrada	44
14	Doblado de la lamina	11
15	Corte de exceso de la lamina	10
16	Ajuste de rodillos de contrafuerza	15
17	Alineación de la lamina con la junta	12
18	Ajuste de rodillos de conformación	94
19	Soldadura manual interna	27
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	10
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	13
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	49
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina	7
24	Corte del extremo del tubo	17
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	34
	Total Tiempo:	<b>1371</b>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las observaciones.



# **ANEXO 5**



**Anexo N°5:** Porcentaje total de tiempo del conjunto de las operaciones críticas.

Operación N°	Descripción	Tiempo (min)	% de tiempo
6	Desmontaje de fresas y Cambio de insertos en la fresas	300	23,33
7	Montaje de las fresas.	262	20,37
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos.	158	12,29
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	110	8,55
18	Ajustes de rodillos de conformación	92	7,15
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado.	58	4,51
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	48	3,73
		% total	79,94

**Fuente:** Elaboración propia



# ANEXO 6



**Anexo N°6.** Medida requerida de los suplementos del boom.

<b>Diámetro (Pulg.)</b>	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Material</b>	<b>Suplementos del boom (mm)</b>
16	12.7	X-42	12
20	9.53	G-B	10
	11.3	X-60	10
	12.7	G-B	12
24	11.91	X-65	10
	17.48	G-B	10
26	11.91	X-65	10
	12.7	X-52	10
30	9.53	X-60	8
		X-52	10
		G-B	8
	11.13	X-60	10
36	11.13	X-60	10

**Fuente:** GEFAB

## **CAPÍTULO V**

## Agradecimiento

Expreso mi gratitud primeramente a Dios por guiarme con su luz cada día y permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres por apoyarme incansablemente y darme la estabilidad sentimental y económica para lograr este triunfo, gracias por sus esfuerzos que hoy se convierten una gran satisfacción y alegría, gracias por ser mi motivación y estar conmigo en todo momento.

A mis hermanos por apoyarme y motivarme a superarme cada día.

A mi novio por su apoyo incondicional, gracias por acompañarme en todo momento y luchar conmigo para alcanzar nuevas metas.

Agradezco a mi tutora académica Florangel Ortiz por el apoyo brindado en la realización de este trabajo y por sus consejos a nivel personal y profesional.

A mi tutor empresarial Julio Rincón, por su apoyo y aportes realizados a este trabajo y por ser parte de mi formación profesional.

A los profesores jurados Crisdalith Cachu y Carlos Martínez por las sugerencias realizadas a este trabajo.

A mi compañero Hender, a mis próximas colegas Karel y Adriana por sus aportes a la realización de este estudio.

A mis amigas y compañeras de clase: Milagros, Luzmely, Liliana, gracias por su amistad incondicional.

Mariam Díaz

## Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por ser mi guía y darme fuerzas en los momentos más importantes y difíciles y permitirme alcanzar este logro.

A mi madre y mi padre por cuidarme y brindarme su amor, consejos y por ser siempre parte de mi inspiración para superar los obstáculos y haber podido obtener esta meta.

A mi hermanito por ser mi guía y acompañarme a lo largo de mi carrera e impulsarme a ser mejor cada día.

A Arnoldito por siempre confiar en mí y ser parte importante en el cumplimiento de esta nueva meta.

Agradezco a mis tíos: María Estela y Klebert Aguilar por ser mis segundos padres y llenarme de motivación en el logro de mis objetivos académicos y personales.

A mis primas: (Marielkla y Karelis) por ser mis mejores amigas y acompañarme en cada uno de mis logros.

A mi novio Arles González por su incondicional apoyo, paciencia y compañía en este camino y por llenarme de fortaleza en la obtención de este logro.

A Andrés (muñequito) por su bonita amistad, su apoyo, comprensión y cariño de todos estos años, muchas gracias.

A mis amigos de la escuela de Mecánica: Habib y Alejandro, gracias por su apoyo, aportes a mi tesis y por su amistad.

A mis amigos de la escuela de Industrial: Víctor, Alberto, Luzmely, Milagros y Marian, gracias por su amistad y su apoyo incondicional.

A mi tutora Florangel Ortiz por sus invaluable consejos y aportes en el desarrollo de la tesis así como a nivel profesional y desarrollo personal.

A los jurados Crisdalith Cachut y Carlos Martínez por las sugerencias realizadas a este trabajo.

Agradezco con especial cariño y respeto al señor Ávila encargado de la biblioteca de la escuela de Industrial por su apoyo y buena disposición a la hora de brindarme un consejo y una ayuda en el desarrollo de mi tesis, mil gracias.

Liliana Pérez

## Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo con mucho amor a las personas más importantes de mi vida: a mis padres: Marínela Ponce y Alberto Díaz, a mis hermanos: Deyvis, Minerva y Edzon, a mis sobrinos: Edzon, Eduardo, José y a los que están por venir. A mi novio Edgar Pérez y muy especialmente a la memoria de mi abuela María Lorenza Ponce.

Mariam Díaz

Este trabajo de grado se lo dedico con especial amor y cariño a la memoria de mi madre Blanca Lozada (Blanquita) la cual siempre fue y aun será mi especial motivación para la realización de todos mis logros y crecimientos como persona. También dedico este esfuerzo a mi hermano: Jesús Pérez, a mi padre: Luis Pérez y a la Familia Rodríguez Rangel en especial a la señora María y a Arnoldito por acompañarme en todo este trayecto que me permitió crecer y alcanzar mis metas. A su vez con mucho amor dedico este trabajo a mi novio Arles González por su ayuda y aliento en todo momento a seguir luchando por mis metas y su especial paciencia, comprensión y amor..

Liliana Pérez



## INTRODUCCIÓN

La industria del acero en especial de fabricación de tubos ha desarrollado gran auge en vista de la creciente demanda por parte de la industria petrolera e incluso el crecimiento del sector habitacional, IMOSA Tuboacero Fabricación C.A, es una empresa encargada de la fabricación y comercialización de tuberías de acero, elaboradas bajo el proceso de soldadura por arco sumergido con costura helicoidal y longitudinal, cuyo objetivo va enfocado a satisfacer las necesidades del sector de tuberías utilizadas para gasoductos, oleoductos y acueductos, siendo PDVSA su principal cliente, para cumplir con sus objetivos, requiere que su capacidad de producción y velocidad de respuesta al cliente, sea competitiva a modo que le permita mantenerse como empresa líder en el mercado, los tiempos empleados para la preparación de las máquinas son un factor que atenta contra el logro de sus metas.

El estudio tiene como objetivo el diseño de propuestas de mejora para la disminución de tiempos de puesta punto de la maquina 1 de la línea helicoidal de la empresa IMOSA Tuboacero Fabricación C.A.

En el primer capítulo se realiza la descripción del problema y las consecuencias que éste origina en la producción. También se especifican los pasos para alcanzar el objetivo del estudio, el alcance y las limitaciones de la investigación.

Los fundamentos teóricos de la investigación se presentan en el segundo capítulo, así como la descripción de cada una de las fases que se llevan a cabo en el estudio, además de definir los términos básicos utilizados en el desarrollo de la investigación.

El tercer capítulo se basa en la observación y descripción del estado actual del proceso de puesta a punto de la máquina en estudio y los elementos que intervienen en él, como el producto, la máquina y el área de estudio.

En el cuarto capítulo se analizan las operaciones del proceso de cambio y utilizando un gráfico de pareto, se determinan las actividades críticas de la puesta a punto. Seguidamente se describen cada una de ellas, con base al



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO  
DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

---

diagrama de proceso respectivo y se aplica un diagrama causa-efecto para detectar las causas raíces.

La segunda y tercera fase de la investigación se encuentran en el capítulo cinco, donde se realizan una serie de propuestas de mejora enfocadas a las actividades de mayor incidencia en el tiempo de puesta a punto, haciendo uso de diagramas de cuadrillas se compara el estado actual y el propuesto, también se elaboran diagramas de gantt con el fin de evaluar el impacto de las propuestas realizadas.



---

## ÍNDICE:

RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Generalidades de la empresa	1
1.1.1 Razón Social y Ubicación de la Empresa	1
1.1.2 Reseña Histórica	1
1.1.3 Misión. Visión, Políticas y Objetivos	1
1.1.4 Estructura Organizativa	2
1.1.5 Productos Fabricados	3
1.1.6 Descripción General del Proceso	3
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación del Estudio	5
1.5 Alcance y Limitaciones	6
1.5.1 Alcance	6
1.5.2 Limitaciones	6
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	
2.1 Marco teórico	7
2.1.1 Antecedentes	7
2.1.2 Bases teóricas	8
2.2 Marco Metodológico	13
2.2.1 Tipo de investigación	13
2.2.2 Fuentes y Técnicas de Recolección de la Información	14



---

2.2.3	Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información	14
2.2.4	Fases de la Investigación	15
2.3	Definición de Términos Básicos	15

### **CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PUESTA A PUNTO**

3.1	Características del Producto	19
3.2	La Máquina	19
3.2.1	Componentes de la Máquina	19
3.3	Área de estudio	23
3.4	Equipos, materiales y herramientas utilizadas en el proceso de	26
3.5	cambio	28
3.5.1	Descripción del proceso de Cambio	29
	Actividades de cambio	

### **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA**

4.1	<b>PUESTA A PUNTO</b>	42
	Detección de las actividades críticas de la puesta a punto	

### **CAPÍTULO V PROPUESTAS DE MEJORA**

5.1		57
5.2	Descripción de las propuestas de mejora	79
5.3	Evaluación del impacto de las propuestas	85
	Impacto económico de las propuestas de mejora	

87

**CONCLUSIONES** 88

**RECOMENDACIONES** 89

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO  
DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

---



---

## ÍNDICE:

RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Generalidades de la empresa	1
1.1.1 Razón Social y Ubicación de la Empresa	1
1.1.2 Reseña Histórica	1
1.1.3 Misión. Visión, Políticas y Objetivos	1
1.1.4 Estructura Organizativa	2
1.1.5 Productos Fabricados	3
1.1.6 Descripción General del Proceso	3
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Justificación del Estudio	5
1.5 Alcance y Limitaciones	6
1.5.1 Alcance	6
1.5.2 Limitaciones	6
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	
2.1 Marco teórico	7
2.1.1 Antecedentes	7
2.1.2 Bases teóricas	8
2.2 Marco Metodológico	14
2.2.1 Tipo de investigación	14
2.2.2 Fuentes y Técnicas de Recolección de la Información	14



---

2.2.3	Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información	15
2.2.4	Fases de la Investigación	15
2.3	Definición de Términos Básicos	16

### **CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PUESTA A PUNTO**

3.1	Características del Producto	19
3.2	La Máquina	19
3.2.1	Componentes de la Máquina	19
3.3	Área de estudio	24
3.4	Equipos, materiales y herramientas utilizadas en el proceso de cambio	26
3.5	Descripción del proceso de Cambio	28
3.5.1	Actividades de cambio	30

### **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PUESTA A PUNTO**

4.1	Detección de las actividades críticas de la puesta a punto	42
-----	--	----

### **CAPÍTULO V PROPUESTAS DE MEJORA**

5.1	Descripción de las propuestas de mejora	57
5.2	Evaluación del impacto de las propuestas	81
5.3	Impacto económico de las propuestas de mejora	86

<b>CONCLUSIONES</b>	87
---------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b>	88
------------------------	----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	89
---------------------	----

<b>ANEXOS</b>	
---------------	--



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO  
DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

---



---

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Figura 1.1</b>	Organigrama General. IMOSA Tuboacero Fabricación C.A.	2
<b>Figura 2.1</b>	Bordes de cizallado.	17
<b>Figura 2.2</b>	Acondicionamiento de bordes.	17
<b>Figura 2.3</b>	Fresado.	17
<b>Figura 2.4</b>	Ángulo de conformación.	18
<b>Figura 2.5</b>	Stickout.	18
<b>Figura 3.2</b>	Bastidor de Entrada.	20
<b>Figura 3.3</b>	Portabobinas.	20
<b>Figura 3.4</b>	Sección de rodillos enderezadores.	21
<b>Figura 3.5</b>	Cizallas Circulares.	22
<b>Figura 3.6</b>	Plano del área de estudio de la máquina1. Línea Helicoidal.	25
<b>Figura 3.7</b>	Ángulo de conformación de la máquina 1.	31
<b>Figura 3.8</b>	Ubicación de los rodillos de conformación de la máquina 1.	32
<b>Figura 3.9</b>	Portabobinas.	34
<b>Figura 3.10</b>	Fresa de la parte izquierda de la máquina 1	35
<b>Figura 3.11</b>	Cambio de insertos de la fresa.	35
<b>Figura 3.12</b>	Montaje de fresas.	36
<b>Figura 3.13</b>	Desplazamiento de las cizallas.	36
<b>Figura 3.14</b>	Ubicación de la bancada de las fresas.	37
<b>Figura 3.15</b>	Tren de tracción.	37
<b>Figura 3.16</b>	Rodillos de centrado.	38
<b>Figura 3.17</b>	Introducción de la lámina entre los rodillos de entrada y boom.	38
<b>Figura 3.18</b>	Doblado de la lámina.	39
<b>Figura 3.19</b>	Plantilla utilizada para verificar el diámetro.	39
<b>Figura 3.20</b>	Soldadura interna manual.	40
<b>Figura 3.21</b>	Posición de rodillos del pórtico.	41
<b>Figura 3.22</b>	Instalación de antorcha de soldadura.	41



---

<b>Figura 3.23</b>	Diagrama de bloque del proceso de p.a.p de la máquina 1.	43
<b>Figura 4.3</b>	Diagrama de Pareto de operaciones de p.a.p de máquina 1.	45
<b>Figura 4.4</b>	Diagrama de proceso. Desmontaje de fresas y cambios	47
<b>Figura 4.5</b>	Diagrama de proceso. Montaje de fresa.	49
<b>Figura 4.6</b>	Diagrama de proceso. Colocación de ángulo y distancias en los rodillos de entrada, boom y contrafuerza.	51
<b>Figura 4.7</b>	Diagrama de proceso. Ubicación de la bancada de las cizallas.	52
<b>Figura 4.8</b>	Diagrama de proceso. Ajustes de rodillos de conformación.	54
<b>Figura 4.9</b>	Diagrama de proceso. Ajuste de rodillos del tren enderezado.	55
<b>Figura 4.10</b>	Diagrama de proceso. Instalación de accesorios de soldadura automática.	56
<b>Figura 4.11</b>	Diagrama de Ishikawa. Demoras en la p.a.p de máquina 1	57
<b>Figura 5.1</b>	Sistema actual de transmisión de potencia en las fresas.	59
<b>Figura 5.2</b>	Sistema propuesto de transmisión de potencia en las fresas.	60
<b>Figura 5.3</b>	Diagrama de cuadrillas desmontaje de fresas y cambio de insertos. Estado actual.	63
<b>Figura 5.4</b>	Diagrama de cuadrillas desmontaje de fresas y cambio de insertos. Estado propuesto.	65
<b>Figura 5.5</b>	Diagrama de cuadrillas montaje de fresa. Estado actual.	67
<b>Figura 5.6</b>	Diagrama de cuadrillas montaje de fresa. Estado propuesto.	68
<b>Figura 5.7</b>	Sistema mecánico recomendado para el ajuste de las bancadas de las cizallas.	69
<b>Figura 5.8</b>	Colocación de reglas graduadas.	70
<b>Figura 5.9</b>	Tensor actual en el cuerpo del boom.	71
<b>Figura 5.10</b>	Tornillo de potencia propuesto.	72
<b>Figura 5.11</b>	Colocación de reglas graduadas en Tren de enderezado.	73
<b>Figura 5.12</b>	Reglas graduadas en mesa de conformación.	74
<b>Figura 5.13</b>	Carro Porta-herramientas.	75
<b>Figura 5.14</b>	Diagrama de Gantt de la puesta a punto. Estado actual.	82

---



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO  
DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

---

**Figura 5.15** Diagrama de gantt de la puesta a punto. Estado propuesto. 84



## ÍNDICE DE TABLAS:

<b>Tabla 3.1</b>	Características de tubos fabricados en la máquina 1.	19
<b>Tabla 3.2</b>	Características de herramientas	27
<b>Tabla 3.3</b>	Parámetros a modificar en la máquina 1 según la característica del tubo a fabricar.	29
<b>Tabla 3.4</b>	Ordenes de Trabajo fabricadas en el segundo trimestre del 2009.	30
<b>Tabla 3.5</b>	Ángulos de conformación más comunes.	33
<b>Tabla 4.1</b>	Tiempo promedio de la puesta a punto de la máquina 1.	43
<b>Tabla 4.2</b>	Tiempo de duración de las actividades de puesta a punto de la máquina 1	44
<b>Tabla 5.1</b>	Propuestas de mejora a las causas raíces de las demoras en la puesta a punto de la máquina1.	58
<b>Tabla 5.2</b>	Herramientas utilizadas en el área de trabajo frecuencia de uso.	78
<b>Tabla 5.3</b>	Herramientas utilizadas en la puesta a punto.	79
<b>Tabla 5.4</b>	Impacto de las propuestas de mejora en el tiempo de p.a.p	81
<b>Tabla 5.5</b>	Cuadro de actividades, duración y precedencia. Estado actual.	82
<b>Tabla 5.6</b>	Cuadro de actividades, duración y precedencia. Estado propuesto.	84



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

##### 1.1.1 Razón Social y Ubicación de la Empresa

IMOSA Tuboacero Fabricación, C.A. se encuentra ubicada en la ciudad de Puerto Cabello, estado Carabobo, en la región centro occidental de Venezuela, cubre un área de 330.000 metros cuadrados. Su localización geográfica privilegiada, adyacente a la zona portuaria más importante del país, facilita las exportaciones marítimas a través del Caribe.

##### 1.1.2 Reseña Histórica

IMOSA Tuboacero Fabricación, C.A., es una de las compañías líderes en la fabricación de tubería de acero con costura para baja, media y alta presión, y constituye uno de los principales proveedores regionales para los sectores petrolero, gasífero, petroquímico, hidrológico e industrial.

La Empresa inició sus operaciones en 1960, con el nombre de INDUSTRIA MECANICA ORION, S.A. (IMOSA). Desde entonces, tecnología de vanguardia, procesos bajo un estricto control de calidad avalados por las normas internacionales y una gestión conforme con los estándares mundiales de excelencia han constituido la plataforma de su crecimiento durante estos años, en los que se ha convertido en el mayor proveedor de tuberías del país y en uno de los más confiables para la empresa Petróleos de Venezuela, S.A.

##### 1.1.3 Misión, Visión, Políticas y Objetivos

La misión de IMOSA Tuboacero Fabricación, C.A es producir tubos de calidad de acuerdo a los requerimientos de nuestros clientes.

La visión es alcanzar un liderazgo sostenible en el mercado nacional de tuberías, lograr una participación a nivel internacional y prestigio por la calidad de nuestros productos.

##### Objetivos

- Mantener el liderazgo y vanguardia en el sector de fabricación de tuberías de acero para la industria petrolera e hidrológica.
- Fomentar los estándares de calidad en la fabricación de tuberías mediante la incorporación de tecnología que permita garantizar la excelencia en las diversas fases del proceso industrial.



- Ampliar su capacidad de atender las necesidades de empresas a nivel internacional.

#### 1.1.4 Estructura Organizativa

IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN S.A. es una organización que cuenta con una estructura dividida en direcciones que a su vez están formadas por diferentes gerencias, las cuales se basan en las funciones de trabajo que desempeñan cada una de ellas. La conforman cinco direcciones:

- Dirección de Productividad: constituida por la Gerencia de Productividad (GEPRO) y la Gerencia de Seguridad Industrial.
- Dirección de Recursos Humanos: constituida por la Gerencia de Recursos Humanos (GEREHU) y la Gerencia de Desarrollo Personal (GEDEP).
- Dirección de Fabricación: Consta de cinco gerencias, la Gerencia de Fabricación (GEFAB), Gerencia de Ingeniería de Planta (GEINPLA), Gerencia de Revestimiento (GERE), Gerencia de Aseguramiento de la calidad (GEAC) y la Gerencia de Planificación y Control de la Producción (GEPCCP).
- Dirección de Administración y Finanzas: constituida por la Gerencia de Compras, Tesorería y Contraloría.
- Dirección Técnico Comercial.

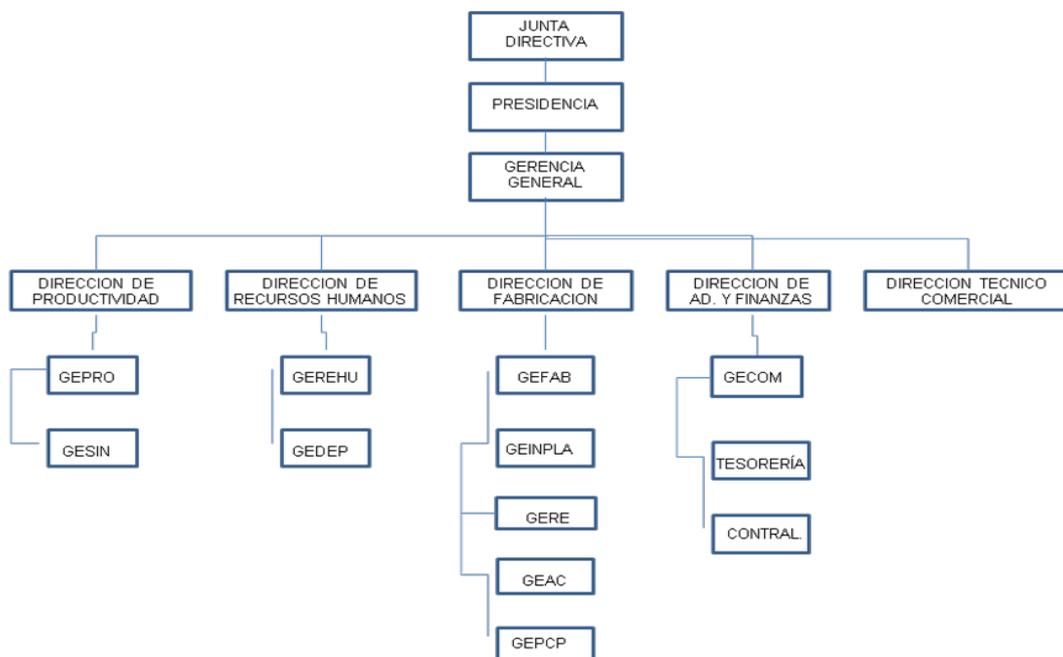


Figura 1.1: Organigrama General. IMOSA Tuboacero Fabricación C.A



### 1.1.5 Productos Fabricados

IMOSA TUBOACERO FABRICACION C.A. es una empresa dedicada a la fabricación de tuberías de acero con doble costura longitudinal y helicoidal mediante el procedimiento de soldadura eléctrica por arco sumergido (SAW por sus siglas en inglés), procesado a partir de láminas y bobinas adquiridas a reconocidas acererías.

También se efectúa la aplicación de revestimiento interno y/o externo a tuberías, como protección mecánica o anticorrosiva.

Los diámetros de las tuberías que se fabrican están comprendidos entre 14" y 120" con espesores desde ¼" hasta 1" y con longitudes de hasta 12 metros.

### 1.1.6 Descripción General del Proceso

El proceso de fabricación de tubos con soldadura por arco sumergido soldados en espiral, es un proceso de fabricación en serie, creado en Alemania, con el cual se forma el tubo partiendo de una lámina de acero enrollada en forma de bobina.

En la parte superior del bastidor de entrada se monta la bobina , luego se prepara la lámina aplanándola en la sección de enderezado, seguidamente se encuentra la estación de empalme donde se sueldan los extremos de las bobinas, es decir, la punta de la bobina recién montada en la máquina y la cola que está por terminarse. Luego realiza el acondicionamiento de bordes siguiendo dos pasos. Primero se avanza la lámina entre las cizallas para nivelar los bordes y luego se hace pasar entre las fresadoras para alcanzar el ángulo del bisel deseado.

A continuación la lámina se somete a un proceso de doblado para darle la forma al tubo y se unen las juntas en primer lugar con un equipo de soldadura automática en la parte interna y luego en la parte externa con un segundo equipo de soldadura automática. Una vez que se completan 12 metros de tubo, éste se corta con un equipo de plasma ubicado en el bastidor de salida de la máquina. Posteriormente el tubo es volcado a las carrileras y se continúa con el proceso.

## 1.2 Planteamiento del Problema

La creciente demanda de la industria petrolera en el país, ha generado la necesidad de la instalación de gasoductos y oleoductos así como la sustitución de los mismos en función de su tiempo de vida. PDVSA constituye la principal empresa encargada de gestionar todas las actividades referidas a la exploración, extracción, procesamiento y distribución de los derivados del petróleo, siendo éste el recurso natural no renovable de mayor importancia en la economía nacional.



Las ventas de tuberías petroleras en Venezuela dependen en gran medida de los planes de inversión anuales de PDVSA, determinados por los ciclos del mercado petrolero internacional y por las cuotas de producción establecidas en la OPEP. En este sentido, desde el año 2004 la recuperación que ha experimentado la actividad petrolera en el país, luego de la importante pérdida registrada en el año 2003, se ha reflejado en un incremento de la demanda de tubos por parte de PDVSA, con lo cual los volúmenes comercializados por IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN han mantenido una tendencia creciente desde ese año.

La empresa cuenta con dos líneas de producción: línea Helicoidal y línea Longitudinal, la línea Helicoidal tiene 5 máquinas, cada una de ellas produce tubos bajo el proceso de soldadura de arco sumergido, la cuadrilla de trabajo de cada máquina la conforman 6 operarios los cuales se encargan de su puesta punto y operación. El proceso de fabricación de tuberías que se lleva a cabo en esta línea, resulta más complejo que el realizado en la Línea Longitudinal. Dentro de las operaciones que complican el proceso de producción, se encuentra el doblado de la lámina para la conformación del tubo y la costura helicoidal que se realiza con el tubo en movimiento, además de que las operaciones de puesta a punto en esta línea requieren de mayor tiempo para controlar las variables involucradas en la conformación del tubo.

La capacidad de producción de la línea helicoidal es de aproximadamente 59 tubos al día. Siendo la capacidad por máquina en promedio de 12 tubos diarios.

El estudio se realizará en la Línea Helicoidal, específicamente en la Máquina 1, denominada WILSON BYARD 2000 SPIRAL WELD PIPE MILL, en la cual se realizan diferentes operaciones, entre ellas se encuentran: desbobinado de la lámina, enderezado, preparación de bordes (cizallado y fresado), conformado, soldadura y corte del tubo. Esta máquina presenta mayor tiempo de puesta a punto debido a que gran parte de sus operaciones son manuales comparadas con el resto de las máquinas las cuales poseen operaciones mecánicas. El tiempo que tarda la puesta a punto de la máquina 1 es de aproximadamente 20 horas de acuerdo el estudio realizado, lo cual supera, según el departamento de fabricación de la empresa, en un 35 % el tiempo de preparación de las máquinas 2.3.4 y 5.

Los cambios en las órdenes de trabajo de la máquina 1 dependen del pedido realizado por el cliente, de los cuales se tienen registros históricos que especifican que una orden de trabajo posee tiempos de duración que varían entre una semana y un mes.

La duración de la puesta a punto de la máquina 1, trae como consecuencias el incumplimiento en la programación de la producción, la cual se puede iniciar



con retrasos de hasta dos días, y por ende, retrasos en la entrega de pedidos al cliente, al no fabricar la cantidad de productos requeridos en el tiempo planificado. Esto se puede observar en el anexo 1.

Por otra parte, durante el proceso de cambio, se genera desperdicio de acero de más de 20 toneladas, lo cual es superior al peso de una bobina completa, esto debido a presencia de defectos como high low y variación de perímetro en el tubo, esto según información suministrada por el departamento de planificación y control de la producción. Ver anexo 2

En caso de no realizarse el estudio, la empresa continuaría incurriendo en costos relacionados con el proceso de preparación de la máquina ocasionada por los desperdicios de tiempo, material y mano de obra. Así mismo, en la puesta a punto, los operarios se someten a posturas inadecuadas durante la jornada laboral lo cual afecta su condición de salud.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Reducir el tiempo de puesta a punto en al menos un 35% de la maquina 1 de la Línea Helicoidal de la Empresa IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Describir las actividades de la puesta a punto de la máquina 1 de la línea Helicoidal.
- Analizar la situación actual del proceso de puesta a punto con el fin de detectar oportunidades de mejora.
- Proponer soluciones y diseñar un procedimiento de operación de puesta a punto de la máquina 1 de la línea Helicoidal.
- Evaluar el impacto de las mejoras en el tiempo de puesta punto.

### **1.4 Justificación del Estudio**

La mejora continua es una herramienta de incremento de la productividad que favorece un crecimiento estable y consistente en todos los segmentos de un proceso.

La empresa IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A actualmente está operando a media máquina, es decir, sólo está operando una de las dos líneas de producción con las cuales cuenta; debido a la falta de materia prima (láminas de acero) para la producción de tubos con soldadura longitudinal, lo



que crea la necesidad de evaluar y mejorar el proceso en la Línea Helicoidal para aumentar la productividad.

El desarrollo de este estudio permite a la empresa, realizar la puesta a punto de una manera eficiente, simplificando las actividades de los operarios, rescatando el tiempo que se invierte en actividades que no agregan valor al producto para utilizarlo en la producción. Este estudio también permite estandarizar las actividades desarrolladas en la puesta a punto de la máquina. Además se plantean mejoras en los puestos de trabajo para evitar fatigas en los operarios, mantener el orden y limpieza en el área de trabajo que facilite actividades como la búsqueda de instrumentos y herramientas durante la puesta a punto.

## **1.5 Alcance y Limitaciones**

### **1.5.1 Alcance**

La investigación será realizada en la empresa IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A, el alcance del estudio abarca el diseño de una propuesta que permita mejorar los elementos relacionados con las actividades de puesta a punto de la máquina 1 de soldadura por arco sumergido de doble costura de la línea helicoidal, teniendo un tiempo de preparación de 20 horas aproximadamente, siendo éste el más significativo comparado con el de las otras máquinas de la línea.

La implantación de las mejoras propuestas será decisión de la gerencia de fabricación y productividad de la empresa.

### **1.5.2 Limitaciones**

Para la realización del estudio se dispone de un tiempo de seis meses en el cual se debe recopilar la información necesaria del área de trabajo, estudios de tiempo, elaboración de propuestas de mejoras y análisis del impacto.

Se cuenta con un área de aproximadamente de 20 x 15 metros para la implementación de las propuestas de mejora.



## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

##### 2.1.1 Antecedentes

Para la realización de esta investigación, se consultaron algunos trabajos anteriores obteniendo información relacionada con el desarrollo de técnicas y aplicación de metodologías. A continuación se describen algunos de ellos:

Lugo, 2006 se apoyó en la Metodología SMED para el análisis y reducción del tiempo de las actividades de puesta a punto de una máquina de formación de la empresa VIDRIOLUX C.A. Así como la aplicación de metodologías de mejora continua como las 9'S y Kaizen y realiza una evaluación de problemas ergonómicos aplicando el Método REBA.

Este trabajo contribuyó en la aplicación de la metodología SMED para la disminución del tiempo de puesta a punto, en el perfeccionamiento de las actividades de la preparación de la máquina 1. Así mismo la metodología de mejora continua 9'S permitió mejorar las condiciones del ambiente de trabajo en cuanto a orden y limpieza.

Barroeta, 2007 plantea la disminución de tiempos de puesta a punto a través de la Metodología SMED, identificando las operaciones críticas mediante un Diagrama de Pareto, así como la utilización del Diagrama Causa-Efecto, además de generar mejoras en el ambiente de trabajo.

Realizó aportes en cuanto a la aplicación de la metodología SMED para reducir el tiempo de puesta a punto y mejoras en las condiciones laborales de trabajo. Además ayudó a la aplicación de las herramientas de Diagrama de Pareto y Diagrama Causa-Efecto para la identificación de las actividades críticas del proceso de puesta a punto.

Hernández, 2005 en su estudio describe el proceso de soldadura y el funcionamiento mecánico de las máquinas Helicoidales de la empresa IMOSA TUBOACERO FABRICACION C.A., realizando una serie de propuestas de mejora para el proceso de fabricación.

Sus aportes ayudaron en la descripción de la máquina y proceso de fabricación de tubos en la línea Helicoidal.



## 2.1.2 Bases Teóricas

### Mejora Continua

Fernández, 2002, La mejora continua es una herramienta de incremento de la productividad que favorece un crecimiento estable y consistente en todos los segmentos de un proceso, asegura la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora.

La Mejora Continua, significa mejorar los estándares, estableciendo a su vez, estándares más altos y la forma en que esta será duradera sólo se logra cuando el personal trabaja para estándares más altos, de este modo, el mantenimiento y el mejoramiento son una herramienta inseparable. Por tal motivo, cuando se efectúan mejoras en los procesos, éstas a la larga, conducirán a mejorar la calidad y la productividad, evitando así, la preocupación por los resultados.

Walton, 1989, afirma que el mejoramiento no se logra de las buenas a primeras. La gerencia está obligada a mejorar continuamente; refiriéndose al Dr. Deming “Hay que incorporar la calidad durante la etapa del diseño”, y el trabajo en equipo es esencial para el proceso

### Puesta a Punto

Burgos 2005, se denomina puesta a punto a todas aquellas actividades relacionadas con la preparación previa de la elaboración del trabajo, tales como, obtención de planos e instrucciones, búsqueda de material, cambios de herramientas, troqueles etc., así como las actividades asociadas con retiro como: desmontajes de partes procesadas, limpieza de la estación de trabajo etc.

Se tienen dos tipos de puesta a punto:

1. **Puesta a Punto interna:** incluye todas las tareas que solo pueden hacerse estando la máquina parada
2. **Puesta a Punto Externa:** incluye todas aquellas tareas que pueden realizarse con la maquina en funcionamiento.



## Desperdicio

Se llama desperdicio a cualquier ineficiencia en el uso de equipo, material, trabajo, o capital en cantidades que son consideradas como necesarias en la producción de una construcción. Incluye tanto la incidencia de material perdido y la ejecución de trabajo innecesario, lo que origina costos adicionales y no agrega valor al producto. El originar costos y no generar valor, es la base del concepto de desperdicio

## SMED

Shigeo Shingo, 1993, el SMED (Single Minute Exchange of Die), significa “Cambio de matriz en menos de diez minutos”. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos.

El método SMED se utiliza en el marco de cambios de utillaje en las máquinas usadas en la fabricación. Su objetivo es reducir los tiempos de cambio, y permitir así reducir el tamaño del lote mínimo. En efecto, si los tiempos de cambio de serie se vuelven nulos, se puede entonces empezar una serie un tiempo importante en el proceso de fabricación. Y este tiempo no es productivo. El objetivo es disminuir el tiempo dedicado al ajuste, con el fin de conseguir cambios de útiles rápidos o incluso ajustes instantáneos.

El método se desarrolla en tres etapas.

1. Separación de actividades de preparación internas y externas.
2. Conversión de preparaciones internas en externas.
3. Perfeccionar los aspectos de la operación de preparación.

### **Etapas 1. Separación de actividades de preparación internas y externas.**

Es la primera etapa del método SMED, y es la más importante, en esta fase se debe distinguir entre los ajustes internos y externos, donde las actividades Internas deben ser ejecutadas cuando la máquina está parada, mientras que las actividades Externas pueden realizarse cuando la máquina está operando.

### **Etapas 2. Conversión de preparaciones internas en externas.**

Corresponde a la transformación de aquella actividad que sea realizada con la máquina parada y transformarla en aquella actividad que pueda realizarse con la máquina en operación y de esta forma retomar la máquina su funcionamiento.



### **Etapa 3. Perfeccionar los aspectos de la operación de preparación**

En esta etapa se busca perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales.

- Preparaciones externas.
- Preparaciones internas.

Aunque se recomienda ser sistemático, esta etapa suele hacerse junto con la segunda. Se deja para una “tercera etapa” la mejora de las operaciones externas.

Para reducir operaciones o mejorarlas es preciso preguntarse:

- ¿Es necesaria la tarea?
- ¿Puede eliminarse?
- ¿Son apropiados los procedimientos actuales?
- ¿Son difíciles?
- ¿Puede cambiarse el orden de las tareas?
- ¿Pueden hacerse de forma simultánea?
- ¿Es adecuado el número de personas?
- ¿Cuál es la carga de trabajo de las personas que intervienen en la máquina?

Al implementar SMED una empresa logrará:

- Aumentar la productividad.
- Hacer el trabajo más simple y satisfactorio.
- Ser más competitivos
- Flexibilidad: Producir las cantidades necesarias de cada producto (reducir stocks)

### **Kaizen**

Lefcovich, 2003, Kaizen significa “mejora continua que involucra a todos”.

Es pues un sistema integral y sistémico destinado a mejorar tanto a las empresas, como a los procesos y actividades que las conforman, y a los individuos que son los que las hacen realidad. El objetivo fundamental es mejorar para dar al cliente o consumidor el mayor valor agregado, mediante una mejora continua y sistemática de la calidad, los costos, los tiempos de respuestas, la variedad, y mayores niveles de satisfacción.

La metodología Kaizen busca la eliminación de todos los obstáculos que impidan el uso más rápido, seguro, eficaz y eficiente de los recursos en la



empresa. Obstáculos como roturas, fallas, falta de materiales e insumos, acumulación de stock, pérdidas de tiempo por reparaciones, falta de insumos o tiempos de preparación, son algunos de los muchos que deben ser eliminados.

### Diagrama Causa-Efecto

El Diagrama de causa y Efecto (o Espina de Pescado) es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.

Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejorar el control de la calidad para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad.

Es utilizado ampliamente para:

- Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema.
- Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones.
- Analizar procesos en búsqueda de mejoras.
- Conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes o hábitos, con soluciones muchas veces sencillas y baratas.
- Educa sobre la comprensión de un problema.
- Sirve de guía objetiva para la discusión y la motiva.
- Muestra el nivel de conocimientos técnicos que existe en la empresa sobre un determinado problema.
- Prevé los problemas y ayuda a controlarlos, no sólo al final, sino durante cada etapa del proceso.
- No basta con decir "trabajen más", "esfuércense!!!" Hay que señalar pasos, y valorar las causas de los problemas. Ordenarlas para poder tratarlas.

### Diagrama de cuadrillas

Burgos, 1999, lo define como la representación gráfica, sobre una escala de tiempos, de las actividades realizadas por un grupo de personas que persiguen un fin común, como lo es la ejecución de una tarea. Este diagrama se construye sobre una escala de tiempos y se utilizan los mismos símbolos del diagrama de procesos para identificar las cinco actividades básicas (Operación, Transporte, Inspección, Demora, Almacenamiento).



## Herramienta 9'S

Macías, 2003, la metodología 9'S tiene como objetivo la creación de lugares de trabajo más organizados, ordenados, limpios y seguros, además de ser congruente con la filosofía de Calidad Total brindando al ser humano la oportunidad de optimizar el manejo de los recursos de la empresa y generar el mejoramiento de la conducta de las personas comprometidas con esta metodología, lo cual se traduce en un aumento de la productividad.

La metodología 9S contempla 9 aspectos importantes:

### 1.- **Seiri** (Ordenar O Clasificar)

Se refiere a saber ordenar por clases, tamaños, tipos, categorías y frecuencia de uso, es decir a ajustar el espacio disponible (físico o de procesos).

Para clasificar es necesario emprender las siguientes acciones:

Identificar aquello que es o no necesario de acuerdo al qué (artículo u objetos) y a su frecuencia de uso.

Separar lo que es innecesario, excesivo, adicional de lo que es útil, adecuado y simple, y decidir lo que se puede almacenar, desplazar, vender, reciclar, regalar, o enviar a la basura.

Reducir los objetos utensilios y materiales de poca rotación y uso por medio de la reubicación en almacenes específicos, dejando libertad de movimiento (despejando pasillos, cajones, escritorios, alacenas, etc.) Este punto nos invita a quedarnos sólo con lo mínimo indispensable.

### 2. **Seiton** (Organizar O Limpiar)

Significa eliminar todo aquello que está de más y que no tiene importancia para el trabajo que desempeñamos y organizarlo racionalmente, tener una ubicación para cada objeto. Arreglar las cosas eficientemente de forma que se pueda obtener lo que se necesita en el menor tiempo posible.

### 3. **Seiso** (Limpieza o Pulcritud)

Se refiere a desarrollar el hábito de observar y de estar siempre pensando en el orden y la limpieza del área de trabajo, maquinaria y herramientas que se utilizan.



#### 4. **Seiketsu** (Bienestar Personal o Equilibrio)

Es importante que la persona permanezca ordenada para lograr que se emprendan sistemáticamente las primeras 3 S para que exista una asociación entre lo que se hace y el cómo se siente la persona.

#### 5. **Shitsuke** (Disciplina)

La disciplina implica el compromiso de los procedimientos establecidos, el orden y el control de los actos conlleva a la prudencia e inteligencia del comportamiento, permitiendo así que los actos realizados generen calidad y confianza.

#### 6. **Shikari** (Constancia)

Practicar constantemente los buenos hábitos significa impartir justicia con uno mismo, esto produce que las demás personas tiendan a ser justos en sus acciones.

#### 7. **Shitsukoku** (Compromiso)

Es cumplir responsablemente con la obligación contraída siempre yendo hacia adelante. El compromiso representa el último elemento de la trilogía que conduce a la armonía (Disciplina, constancia y compromiso) y es quien se alimenta del espíritu para realizar las actividades con gran entusiasmo.

#### 8. **Seishoo** (Coordinación)

Se requiere unidad para el logro de las metas, además de la armonización entre el ritmo y los tiempos.

#### 9. **Seido** (Estandarización)

La estandarización es necesaria para no dispersar los esfuerzos individuales y por medio de normas y procedimientos generar calidad.

### **Técnica 5W/1H**

Según Konja y Alejandro, 2002, es una herramienta de análisis que apoya la identificación de los factores y condiciones que provocan problemas en los procesos de trabajo o en la vida cotidiana.

En esta técnica se plantean las siguientes interrogantes:

¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿Dónde?, ¿Cómo? y ¿Por qué?



## 2.2 Marco Metodológico

### 2.2.1 Tipo de Investigación

Zorrilla, 1993, la investigación de campo o investigación directa es la que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio.

En base a esta definición, la investigación realizada es un trabajo de campo ya que se realiza en el lugar y el momento donde se realiza la puesta a punto de la máquina.

Según la definición de la UPEL (1990), "...consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico para satisfacer necesidades de una institución o grupo social. La propuesta debe tener apoyo, bien sea en una investigación de campo o en una investigación documental; y puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.". Esto significa que es un tipo de investigación mixta, la cual se apoya en necesidades detectadas en el campo para luego realizar una amplia investigación documental y bibliográfica que permitirá finalizar con una propuesta. Es una investigación mixta, en parte documental y en parte con personas.

De acuerdo a esto, la investigación corresponde a un proyecto factible ya que genera propuestas de mejoras en la reducción del tiempo de puesta a punto de la máquina en estudio.

### 2.2.2 Fuentes y Técnicas de Recolección de la Información

Dentro de las técnicas de recolección de datos a utilizar se encuentran:

#### Las Fuentes de Información Primarias:

Dentro de las cuales se destacan:

#### Observación Directa

Durante la ejecución de la puesta a punto se utilizaron como instrumentos, cámaras fotográficas, celulares y cronómetro para la toma de tiempos en su respectivo formato de registro.



## Entrevistas

En este estudio se realizaron entrevistas con el personal involucrado en el proceso de puesta a punto, con los operadores y supervisores de la máquina, de lo cual se detectaron las actividades críticas del proceso.

Para las entrevistas realizadas se formularon ciertas preguntas guías y se profundizaron en aspectos más específicos a medida que fluyó la conversación.

### Las Fuentes de Información Secundarias:

Se recurrió a fuentes bibliográficas como libros, trabajos de grado, plan de calidad de la empresa y publicaciones en internet.

### 2.2.3 Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información

Tomando en cuenta el objetivo general a desarrollar, la investigación emplearon distintas técnicas de procesamiento de la información.

Con base a la investigación cualitativa obtenida de la entrevista y la observación directa. Se realizó un diagrama causa-efecto con el fin de determinar las causas raíces de las demoras en el proceso de puesta a punto; así como también de acuerdo al cronometrado de las operaciones, se realizó un diagrama de Pareto que permite identificar aquellas operaciones críticas del proceso de cambio. Se elaboraron diagramas hombre máquina y diagramas de cuadrillas con el fin de identificar las oportunidades de mejora en las actividades críticas del proceso de puesta a punto.

### 2.2.4 Fases de la Investigación

#### Fase I: Análisis de la Situación Actual

Esta fase corresponde a una de las más importantes del estudio. En esta etapa se realizó la observación detallada del proceso de puesta a punto de la máquina 1 de la línea Helicoidal, así como la descripción de las actividades, llevando un registro del tiempo invertido en cada operación, mediante el cronometrado y con la colaboración necesaria del personal de trabajo a través de entrevistas, y registro de hora de inicio y finalización de las actividades de mayor duración, lo cual permitió cuantificar las actividades críticas del proceso.

#### Fase II: Propuestas de Mejoras

En esta etapa se establecieron las propuestas de mejoras con base en las actividades críticas detectadas, con el fin de corregir los actuales métodos de



trabajo que influyen negativamente en la ejecución de las labores de puesta a punto. Se estableció un método de trabajo que agilizó el desarrollo de las operaciones y permitió controlar las variables involucradas en el proceso, así como reducir los tiempos implicados en cada tarea y mejorar las condiciones del ambiente de trabajo.

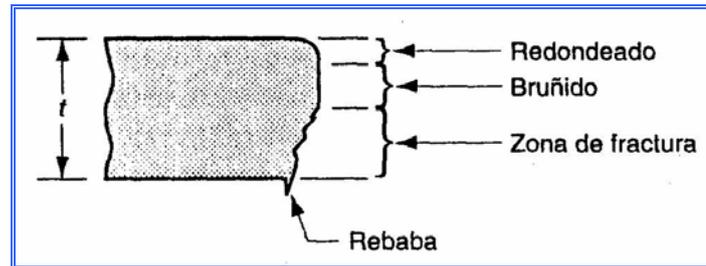
### **Fase III: Evaluación del Impacto de las Propuestas.**

Es la última fase del proyecto, en ella se realizó la evaluación del estudio en cuanto al impacto de las propuestas de mejora que se proponen del tiempo requerido para llevar a cabo la puesta a punto de la máquina 1. Para ello se comparó el estado actual del proceso de cambio con el estado propuesto, utilizando diagramas de cuadrillas y diagramas de Gantt. Se analizó el beneficio que aporta de cada una de las propuestas de mejora en cuanto a la reducción de tiempo, y simplificación de las actividades.

### **2.3 Definición de Términos Básicos**

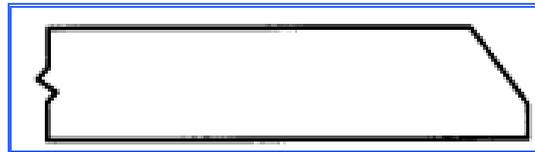
- Bobina: Es el rollo de lámina de acero al carbono utilizada como materia prima en la fabricación del tubo.
- Fleje: Es una cinta metálica utilizada para el embalaje de diversos productos, en especial productos pesados. El uso de flejes en este caso se justifica en la sujeción de las bobinas para evitar que se desenrolle.
- Junta: Es el borde de la lámina con el cual se realiza la unión con el borde opuesto para ser soldadas.
- Ancho bruto: Es el ancho inicial de la lámina.
- Ancho neto: Es el ancho de la lámina, que se obtiene al biselar los bordes de la misma.
- Boom: Es la estructura metálica que posee un conjunto de rodillos que ayudan a la formación del tubo girando en la parte superior del mismo.
- Inversor: Rodillo que sirve de apoyo a la junta para mantenerla alineada.
- Cizallado: Es la operación de corte de una lámina de metal a lo largo de una línea recta.

Los bordes cizallados de la lámina tienen formas características que se muestran en la siguiente figura.



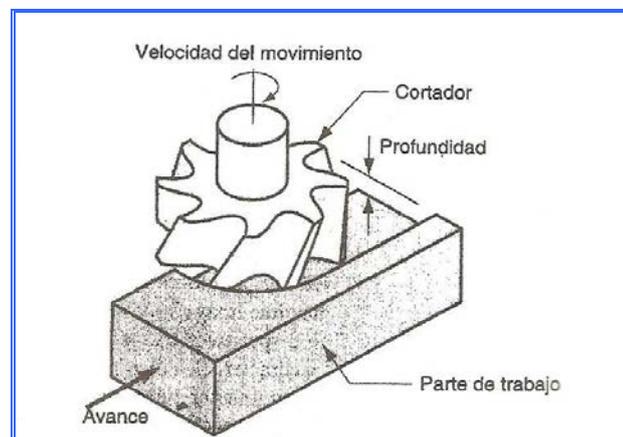
**Figura 2.1:** Bordes de cizallado

- Biselado: Es un corte inclinado en el borde de la lámina con el fin de realizar una soldadura que cumpla con las especificaciones.



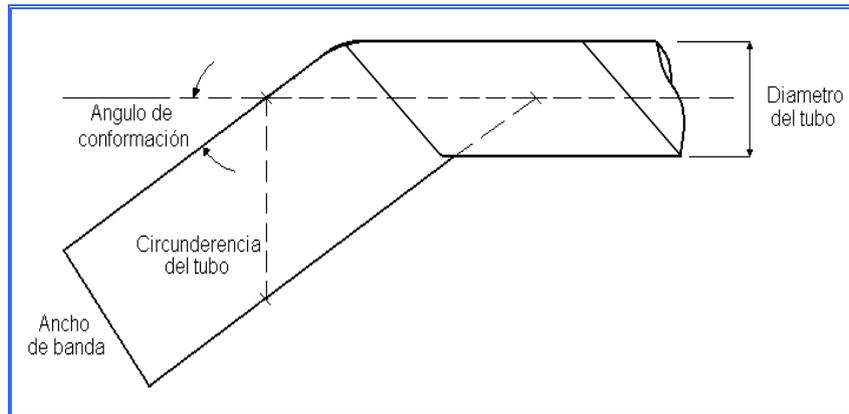
**Figura 2.2:** Acondicionamiento de bordes

- Fresado: Es una operación de mecanizado en la cual una herramienta de corte cilíndrica de múltiples filos cortantes y rotatorios remueve material de trabajo. El eje de rotación de la herramienta es perpendicular a la dirección de avance.



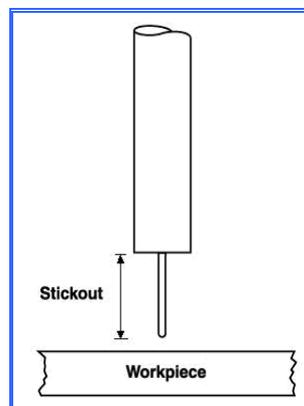
**Figura 2.3:** Fresado

- Ángulo de conformación: Es el ángulo de la máquina que es igual al ángulo que se forma en la lámina a la entrada del conjunto de rodillos ( de entrada, boom y contrafuerza)



**Figura 2.4:** Ángulo de conformación

- SAW: Significa Soldadura por arco sumergido por su traducción al inglés, Submerged Arc Welding en un proceso continuo, primeramente en la parte interna y posteriormente en la parte externa y se caracteriza por que el arco se mantiene sumergido en la masa de fundente, provisto desde la tolva, que se desplaza delante del electrodo.
- Stickout: Es la distancia en la que sobresale el electrodo de la boquilla de la antorcha de soldadura.



**Figura 2.5:** Stickout

- Corte por plasma: Es un proceso térmico que utiliza el agujero calibrado de una boquilla para la constricción de un flujo de gas ionizado(o plasma), que se encuentra a muy alta temperatura, a fin de controlarlo y usarlo para fundir y seccionar metales conductores.



## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PUESTA A PUNTO

El siguiente capítulo da inicio a la fase de reconocimiento y observación del proceso, en él se describe la situación actual y los elementos que intervienen en el proceso de puesta a punto como: área de estudio, el producto, la máquina, los equipos y herramientas utilizados.

#### 3.1 Características del Producto

Los tubos fabricados por la máquina 1 poseen soldadura interna y externa de forma helicoidal, mediante el procedimiento de soldadura eléctrica por arco sumergido (SAW por sus siglas en inglés), además poseen las siguientes características:

**Tabla 3.1:** Características de tubos fabricados en la máquina 1.

Material	Longitud	Diámetro	Espesor
Acero al Carbono	≤ 12 metros	≥ 14" ≤ 40"	≥ 1/4" ≤ 1"

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información del departamento de fabricación.

Tipos de acero al carbono utilizados para la fabricación de los tubos son: X-42, G-B, X- 60, X-65, X-52

Se trata de un material fabricado con el máximo grado de cumplimiento de las normas de calidad con el objetivo de procurar los requisitos más exigentes. Como referencia, se utiliza la norma API 5L del American Petroleum Institute.

#### 3.2 La Máquina

La máquina de estudio es una máquina de conformación, cuyas secciones principales consisten en: bastidor de entrada, sección de conformación y bastidor de salida.

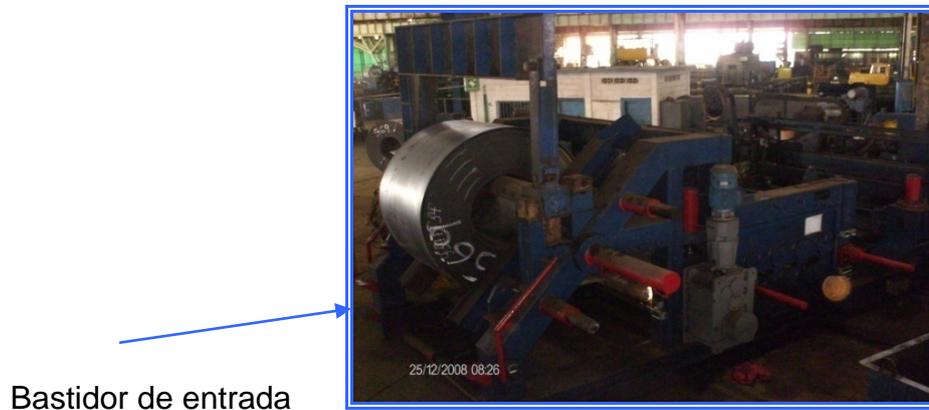
##### 3.2.1 Componentes de la Máquina

###### ▪ Bastidor de Entrada:

En este módulo de la máquina se conduce la bobina a una velocidad y potencia uniforme hacia la etapa de conformación, el mismo se encuentra dispuesto sobre unos rieles que permiten ajustar el ángulo de



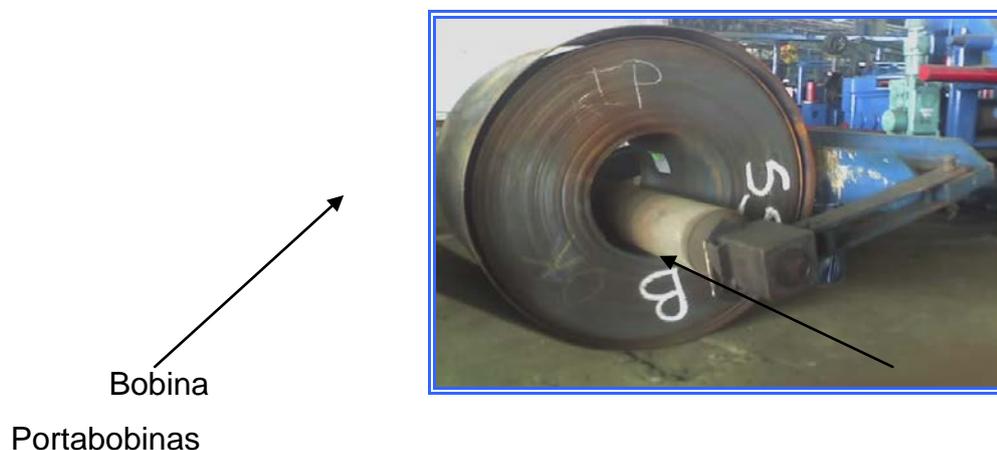
alimentación de la banda o también conocido como ángulo de conformación. Este ángulo es ajustado dependiendo del diámetro del tubo y del ancho de la bobina utilizada.



**Figura 3.2:** Bastidor de Entrada

**Portabobinas:**

Se utiliza para ubicar la bobina a la entrada de la máquina y desbobinarla, sirviendo así como preparación a la entrada del bastidor. Posee un recuadro de montaje en el cual el portabobina puede ser ajustado, siendo 40 Ton el peso máximo de bobina que puede soportar.



**Figura 3.3:** Portabobinas.

**Sistema de Posicionamiento del Ángulo de Conformación:**

Al inicio de la sección de alimentación se encuentra el rodillo hidráulico que ajusta el ángulo de conformación. Este rodillo se ajusta de forma segura al cuadro del alimentador posterior en uno de sus extremos y es



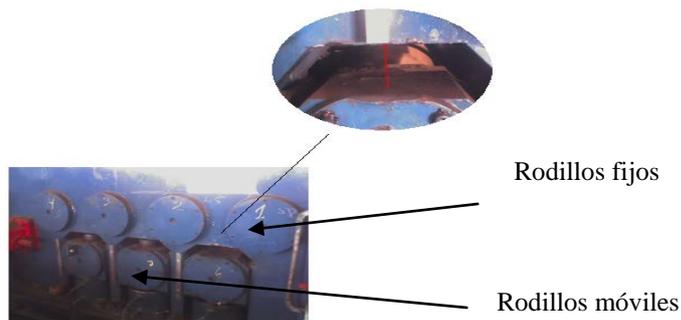
ubicado en el riel curvo del piso, el cual es ajustado con el ángulo exacto.

**Mesa de empalme:**

Conocida también como estación de soldadura, en esta parte de la máquina se unen los dos extremos de las bobinas, es decir la cola de la bobina que culmina y la punta de la bobina entrante, permitiendo el ajuste y preparación de los extremos con un equipo de oxicorte. Los extremos de las bobinas se unen con soldadura de arco sumergido.

**Tren de enderezado:**

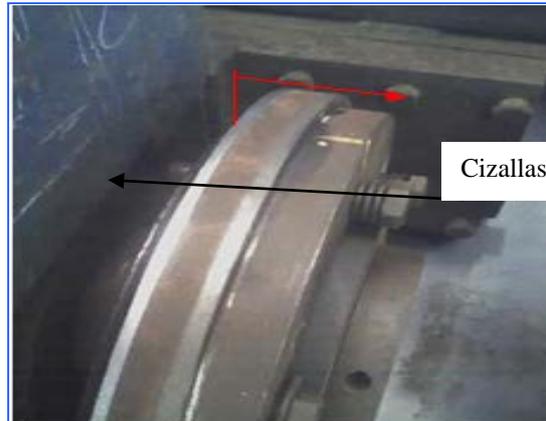
Esta sección consta de 7 rodillos de los cuales 3 se encuentran en la parte inferior y pueden ser ajustados verticalmente utilizando cilindros hidráulicos. La función de esta sección es aplanar la bobina y asegurar que la misma sea completamente desenrollada y adaptada para la fabricación de tubos en espiral.



**Figura 3.4:** Sección de rodillos enderezadores

**Cizalla:**

Consta de cuchillas circulares que realizan un corte de 15 mm por debajo del Ancho Bruto.



**Figura 3.5:** Cizallas Circulares.

**Fresadora:**

Es una máquina herramienta utilizada con el fin de hacer mecanizados por arranque de viruta, su función es realizar el biselado de los bordes de la lámina a través de unas herramientas cilíndricas de corte denominadas fresas las cuales están adaptadas a un eje rotativo, y posee insertos o cuchillas intercambiables.

**Tren de Tracción:**

Está compuesto por dos rodillos, los cuales son encargados de conducir la lámina hacia la sección de conformación del tubo. Estos rodillos son capaces de alimentar la lámina en velocidades que oscilan entre 0 mm hasta 2500 mm/ min. La presión aplicada es realizada por unos cilindros hidráulicos adjuntos al cilindro de tracción superior, los cuales son operados desde la consola de control adaptada al suelo, donde la presión es indicada por una válvula cercana a la caja de engranaje que motoriza los rodillos.

**Largueros Guías:**

Corresponden a la sección de alimentación frontal, y a través de ellos la banda es guiada o encarrilada. Son operados en uno de sus extremos por tornillos mientras que por el otro lado son operados por cilindros hidráulicos.

La presión aplicada por los tornillos superiores es ajustable por el efecto de los cilindros hidráulicos adjuntos.

▪ **Sección o Mesa de Conformación:**

En esta sección la bobina es conformada en forma de espiral transformándola en un tubo. En esta unidad se encuentra el cabezal de soldadura interior y se encuentra fabricada en acero y posee forma de



mesa, y en ella se encuentra un boom movable, donde se cuadran los rodillos de conformación.

La máquina posee tres conjuntos de rodillos de conformación, los de entrada, los del boom y los de contrafuerza, adicionalmente tiene un rodillo inversor, ubicado en la parte frontal sobre la mesa de conformación, bajo la intercepción de la lámina que entra plana y la lámina doblada que cae para formar el tubo, en el punto de soldadura interna, para mantener la posición correcta de la banda ambos a nivel. El rodillo se asegura dentro del montaje con un posicionador hidráulico.

El conjunto de rodillos del boom está formado por ocho rodillos, ubicados sobre la sección del boom, por encima de la lámina. El brazo del boom es ajustado para amoldarse al espesor y ancho de la lámina de acero, usando tornillos de acero que soportan grandes tensiones. Su posición puede cambiar de dentro de la mesa de conformación al ajustar estos tornillos y operar el gato hidráulico, para obtener el ajuste y asegurar la mejor posición o punto de soldadura.

Los conjuntos de rodillos de entrada y de contrafuerza, están ubicados sobre la mesa de conformación, y cada uno de estos conjuntos, poseen ocho rodillos. La función de los rodillos de contrafuerza es realizar la presión necesaria sobre la lámina una vez lograda la curvatura de la misma. La distancia fijada para ellos dependerá del diámetro nominal que se desee para formar el tubo.

Seguidamente se encuentra un sistema guía de soldadura, el cual, es un sistema automatizado guía de la soldadura que posee un láser sofisticado para la soldadura interna y externa. El láser se encuentra ubicado en los cabezales de la soldadura, y el mismo se encarga de controlar que los cabezales de soldadura se encuentren alineados entre los dos extremos de la banda.

El sistema es monitoreado de forma continua para ajustar el estado del cordón y de la soldadura en general.

- **Bastidor de Salida:**

Así se denomina el módulo final de la máquina. El tubo recién formado es conducido hasta este módulo donde se encuentra el cabezal de soldadura externa. Es aquí donde se produce el cordón de soldadura que finalmente sella el tubo y completa el proceso. El tubo soldado sigue su recorrido a través de los rodillos del pórtico, los cuales se utilizan para fijar la alineación del tubo con respecto al bastidor.



En este bastidor se encuentra un sistema de plasma que corta el tubo a la longitud deseada. El cabezal de la cortadora de plasma se mueve en la misma dirección del tubo hacia el final del bastidor de salida y el corte resultante es circunferencial. Debido a que el cabezal de plasma es movable, permite cortar mientras el tubo sigue su movimiento normal.

Una vez cortado el tubo, son activados los brazos expulsores, ubicados al final del bastidor de salida, de esta forma el tubo es desplazado hacia la zona de inspección.

### 3.3 Área de estudio

El área de estudio abarca un espacio físico para el desarrollo de las actividades que involucran el proceso de producción. El espacio de trabajo presenta dimensiones de aproximadamente 20 x15 m y las condiciones de ventilación e iluminación son aptas para el adecuado desempeño de las actividades que allí realizan.

La zona donde es realizada la puesta punto está delimitada por las adyacencias de la máquina 1, donde adicional al espacio físico ocupado por ella, el resto es ocupado por: 5 contenedores, los cuales sirven de depósito para los desperdicios generados en el proceso tanto de puesta a punto como de producción, una mesa de trabajo en cuya parte inferior se guardan los equipos de seguridad personal, un horno donde se precalienta el fundente antes de ser depositado en las tolvas para las soldaduras automáticas y una bancada de controles para la operación de la máquina.

En la parte superior del área de trabajo se encuentra dispuesto una grúa puente, la cual se extiende a lo largo de la zona de estudio, permitiendo así facilitar las labores de carga y descarga de materia prima e implementos necesarios para el proceso de cambio de la máquina y del proceso de producción.

A continuación se representan los componentes de la máquina 1 y el área de estudio:

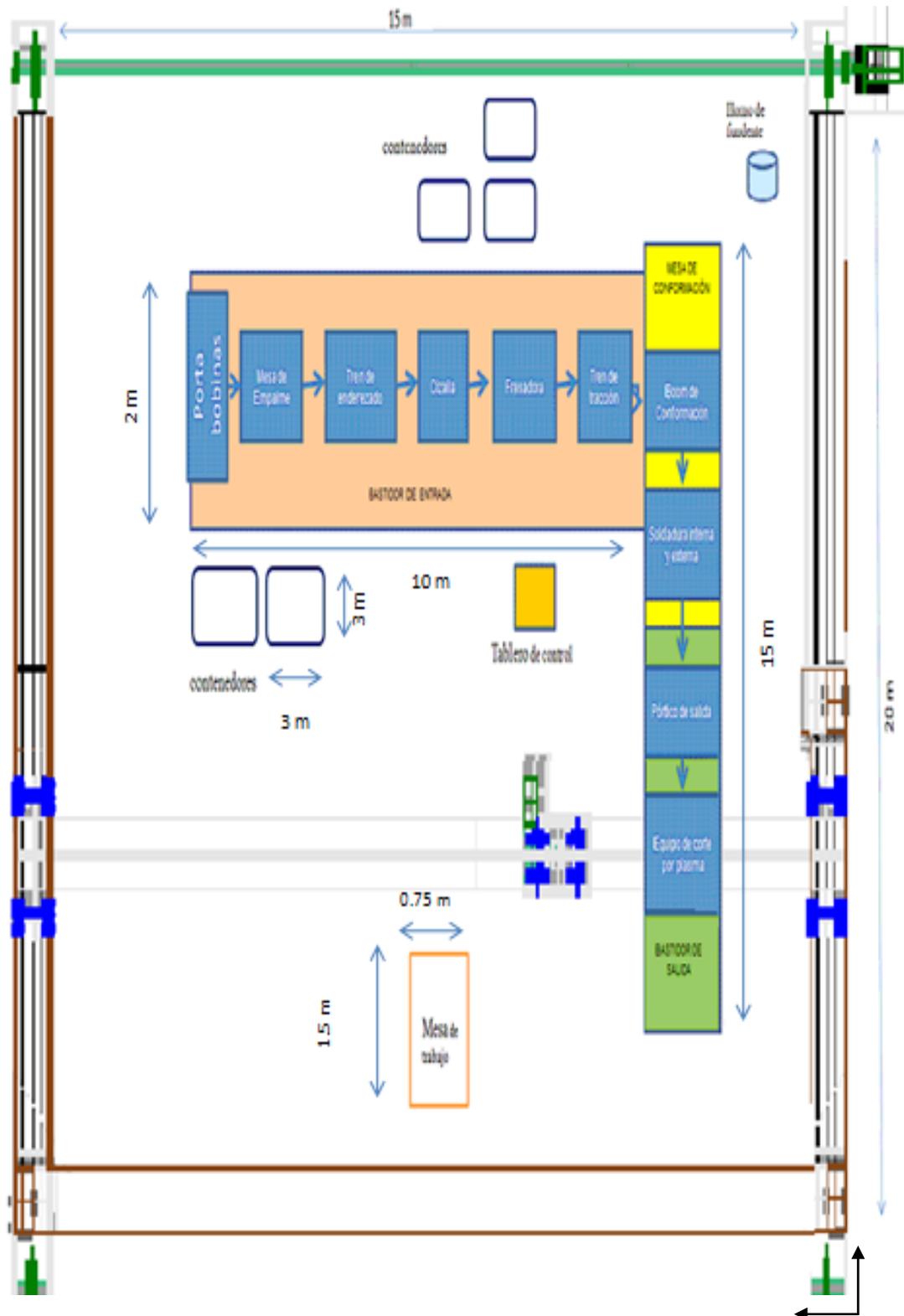


Figura 3.6: Plano del área de estudio de la máquina1. Línea Helicoidal.



### 3.4 Equipos, materiales y herramientas utilizadas en el proceso de cambio

- **Equipos y/o herramientas.**

- Maquina Helicoidal
- Grúa Puente
- Señorita.
- Juego de llaves.
- Llave de impacto.
- Cinta métrica
- Gramil.
- Destornilladores
- Cilindro hidráulico portátil.
- Mandarria.
- Esmeril.
- Equipo de oxicorte.
- Barra de acero.
- Goniómetro
- Máquina de soldar.
- Plantilla curva.

- **Materiales.**

- Bobina.
- Varilla.
- Electrodo revestido.
- Nylon.
- Tiza.
- Fundente.



- **Características de los equipos y herramientas**

- **Equipos:**

- Máquina Helicoidal: wilson byard 2000 spiral weld pipe mill

- **Herramientas:**

**Tabla 3.2:** Características de herramientas

Herramienta	Tipo	Tamaño	Unidad
Llave	Allen	6	Mm
	Allen	8	mm
	Allen	10	mm
	Allen	12	Mm
	Allen	18	Mm
	Allen	28	Mm
	Allen	30	mm
	Allen	(3/18)	pulg
	Allen	(1/4)	pulg
	Allen	(3/8)	pulg
	Allen	(3/4)	pulg
Llave Impacto	Neumática	(1/2)	Pulg
Destornillador		6	4
Cinta métrica		5	m
Cinta métrica		10	m
Alicate		8	pulg
Nylon		2	m
Varilla		1	m
Goniómetro			Grados
Esmeril			
Gramil			
Mandarria			
Plantilla curva			
Trapos de algodón			
Tiza		Mediano	

Fuente: Elaboración propia



### 3.5 Descripción del Proceso de Cambio

En la fabricación de tubos con costura helicoidal se debe realizar la puesta a punto de la máquina cada vez que el cliente requiere productos con diferentes especificaciones, al pedido realizado por el cliente se le denota Orden de Trabajo (OT).

En cada cambio de OT en la máquina se realiza el desmontaje de fresas y su respectivo cambio de insertos. Adicionalmente, de acuerdo a la OT que se va a fabricar se deben variar algunos parámetros en la máquina. Ver tabla 3.3.



**Tabla 3.3:** Parámetros a modificar en la máquina 1 según la característica del tubo a fabricar.

Característica que varía	Parámetros a modificar en la máquina
Perímetro del tubo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ángulo de conformación.</li><li>• Altura del boom</li><li>• Posición de los rodillos de entrada.</li><li>• Posición de los rodillos de contrafuerza.</li><li>• Posición de los rodillos del bastidor de salida.</li><li>• Distancia entre los electrodos.</li><li>• Ubicación de antorchas de soldadura.</li></ul>
Espesor de la lámina	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicación de los rodillos del tren de enderezado.</li><li>• Presión de los rodillos del tren de tracción.</li></ul>
Ancho bruto de la lámina	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ubicación de las mordazas del porta-bobinas.</li><li>• Distancia de los rodillos de centrado.</li><li>• Ubicación de las cizallas.</li><li>• Ubicación de las fresas.</li></ul>
Tipo de material	<ul style="list-style-type: none"><li>• Voltaje y amperaje de la soldadura interna.</li><li>• Voltaje y amperaje de la soldadura externa.</li><li>• Velocidad de avance de la lámina.</li><li>• Colocación de insertos adicionales a las fresas.</li></ul>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información recolectada en el estudio.

A continuación se presentan las OT más recientes fabricadas en la máquina 1.



**Tabla 3.4:** Ordenes de Trabajo fabricadas en el segundo trimestre del 2009.

OT N°	Perímetro del tubo (mm)	Espesor de la lámina (mm)	Ancho bruto de la lámina (mm)	Tipo de material
493	1596	11.3	1150	G-B
523	2075	12.70	1050	X-52
524	1596	9.53	1000	G-B
525	2394	11.13	1050	X-60
527	1915	11.91	1050	X-65
530	2394	9.53	1150	X-52
538	1596	11.13	1000	X-60
549	1596	12.70	1000	G-B
552	2391	11.13	1050	X-60
557	2872	11.13	1050	X-60
569	1915	17.48	1100	X-60
580	2394	9.53	1150	G-B

**Fuente:** Departamento de Fabricación.

En la mayoría de los casos el cambio de una orden de trabajo implica la variación de todas las características, es decir, el perímetro del tubo, el espesor de la lámina, ancho bruto de la lámina y tipo de acero al carbono.

El estudio de la puesta a punto se basa en estos casos críticos donde varían todas las características y por ende se modifican todos los parámetros de la máquina. El cambio de una orden de trabajo con estas características ocurre entre intervalos de tiempo que oscilan entre una semana y un mes.

### 3.5.1 Actividades de cambio

El proceso de puesta a punto se inicia con el cálculo del ángulo de conformación de la máquina según las características del producto y de la lámina de acero. Para ello un ingeniero del departamento de producción de la línea utiliza un programa de cálculo, con el cual se obtienen los valores teóricos



a los que deben quedar los parámetros de conformación de la máquina. Se imprime una hoja con todos los resultados y se coloca en una cartelera a la vista de todos los operadores de la máquina el día en el que se realizará la puesta a punto. La hoja de resultados puede observarse en el anexo 3.

El ángulo de la máquina se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\cos(\alpha) = \left( \frac{\text{AnchoNeto}}{(\text{Dext} - \text{Esp}) * \Pi} \right)$$

Donde:

Dext = Diámetro externo del tubo

Esp = Espesor de la lámina

Ancho Neto = Ancho de la lámina después del corte con las fresas.

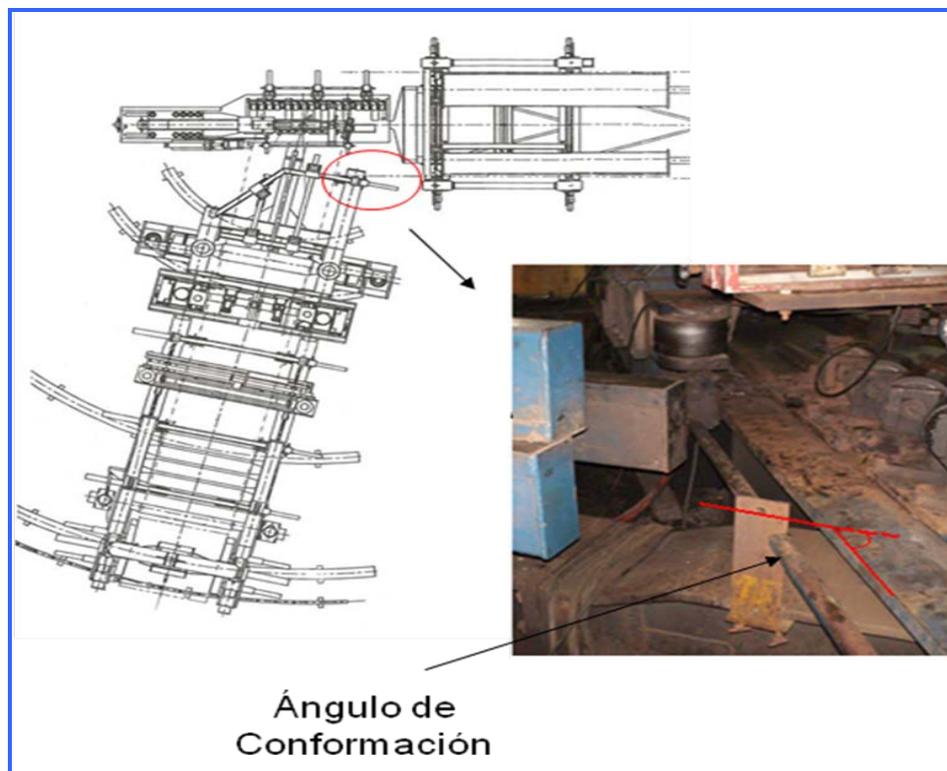


Figura 3.7: Ángulo de conformación de la máquina 1

La operación de colocar el ángulo de conformación en la máquina, la realizan dos operarios. Uno de ellos utilizando un sistema neumático, hace desplazar el bastidor de entrada sobre un riel en el piso, el otro operario se asegura que se llegue al ángulo deseado midiendo con un goniómetro el ángulo y comunicándole al otro hacia donde y que tanto debe hacer desplazar el bastidor.

Seguidamente se coloca el ángulo correspondiente tanto en los rodillos de entrada, del boom, de contrafuerza y de salida. Dos operarios realizan esta operación manualmente, utilizando como herramienta llave Allen, un gramil, un goniómetro y cinta métrica.



Un operario ajusta los rodillos utilizando una llave Allen y simultáneamente el otro operario mide el ángulo utilizando un goniómetro esto para cada uno de los rodillos del boom, de entrada, y de contrafuerza. También se coloca al mismo ángulo el rodillo inversor. Tanto los rodillos de entrada, contrafuerza y salida se ajustan a una distancia del borde de la mesa de conformación según las dimensiones del tubo a fabricar, dicha distancia se mide utilizando una cinta métrica.

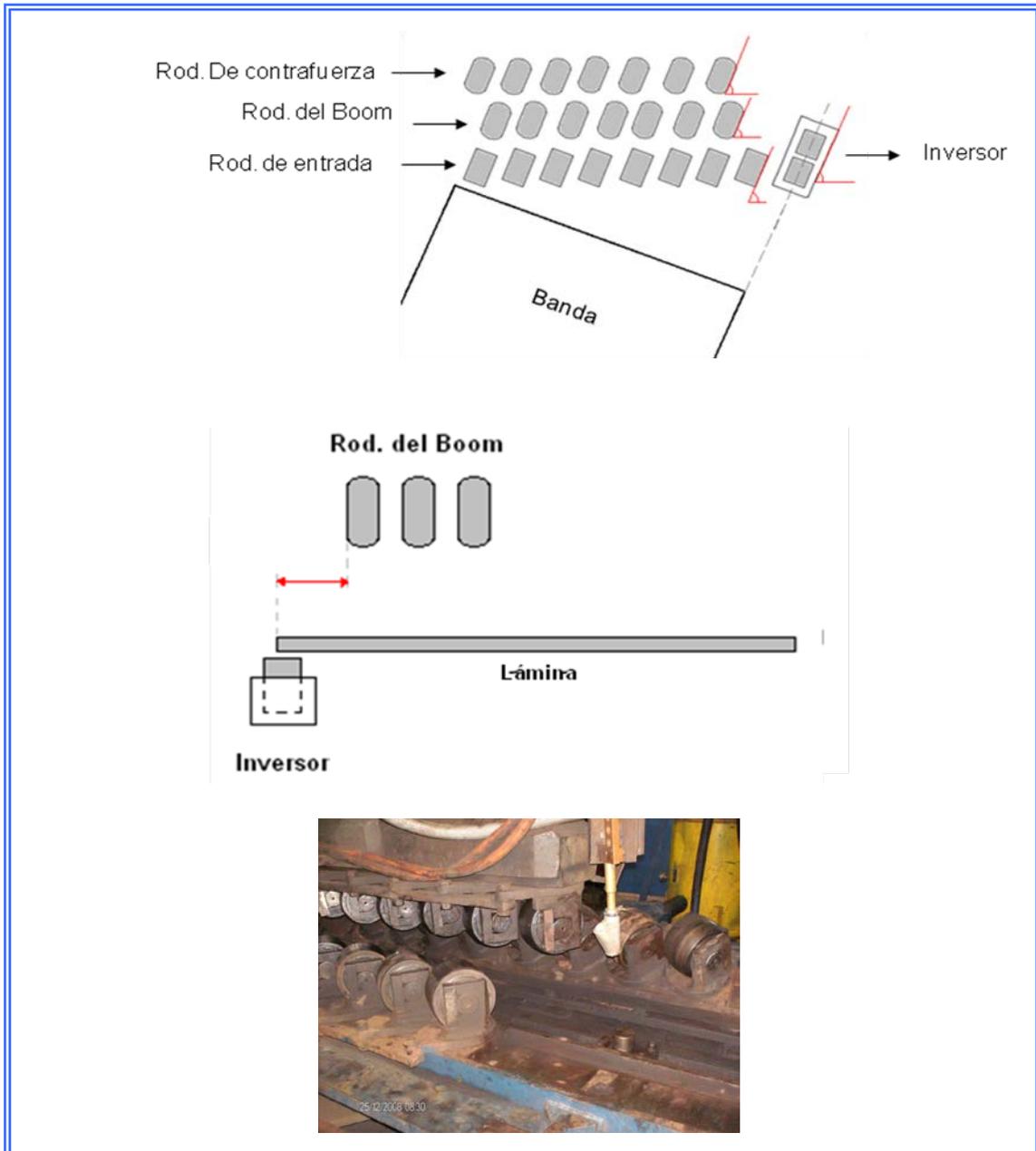


Figura 3.8: Ubicación de los rodillos de conformación



**Tabla 3. 5:** Ángulos de conformación más comunes

Diámetro del tubo (pulg)	Espesor (mm)	Ancho Neto (mm)	Ángulo de conformación
20	9.53	985	51.15°
20	11.13	975	51.20°
24	11.91	1025	56.54°
24	17.48	1080	54.50°
26	11-91	1030	59.37°
26	12-70	1035	59.25°
30	11.13	1035	64.50°
30	9,53	1030	61.26°
36	11.13	1030	68.43°

**Fuente:** Elaboración propia.

Mientras se ajustan todos los ángulos en los diferentes rodillos, se realiza el montaje de la bobina en la máquina. La bobina es transportada del almacén de materia prima con un camión a la entrada del galpón, seguidamente se descarga con la ayuda de un puente grúa hasta el área de trabajo, aproximadamente a 3 metros de la máquina. Adicionalmente dos operarios preparan la bobina para su montaje. La preparación de la bobina consiste en que un operario corta los flejes de la capa superior de la bobina con una herramienta de corte manual (cizalla), luego el puente grúa levanta la bobina y la coloca sobre el recuadro del portabobinas y otro operario acciona las mordazas hidráulicas del conjunto para su sujeción.



**Figura 3.9:** Porta-bobinas.

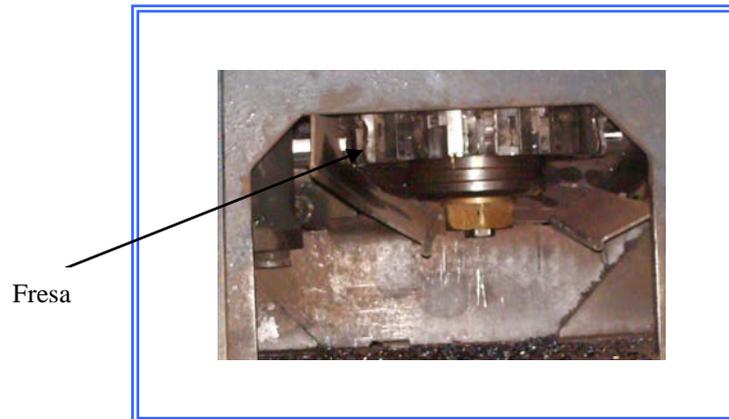
Seguidamente se ubican los rodillos del tren de enderezado de acuerdo al espesor de la bobina. El tren de enderezado consta de 7 rodillos, 3 de ellos ubicados en la parte inferior son móviles y los cuatro rodillos superiores son fijos.

Un operario acciona un sistema hidráulico para ajustar de acuerdo al espesor de la lámina la separación entre la superficie superior del rodillo móvil y la superficie inferior del rodillo fijo. Un segundo operario supervisa esta operación y comunica al primero el ajuste.

Después de colocar el ángulo de conformación en la máquina, se realiza el desmontaje de las fresas, sustitución y colocación de insertos en las fresas para la ubicación de las mismas con el fin de hacer un corte de 2.5mm cada una en ambos lados de la lámina.

La operación de desmontaje de las fresas la realizan cuatro operarios, dos operarios para cada fresa, las cuales son trasladadas por un puente grúa a una mesa de trabajo ubicada a 3m para realizar en cambio de insertos.

Los operarios utilizan una llave de impacto, con la cual desajustan la tuerca del eje rotativo y se extrae la fresa por la parte inferior de la bancada.



**Figura 3.10:** Fresa de la parte izquierda de la máquina 1 dispuesta sobre su eje

Para el cambio de insertos un operario utiliza destornilladores para cambiar cada uno de los insertos que requieren ser sustituidos, e incluso se atornillan otros insertos adicionales en caso de que el espesor de la lámina al que se va a realizar el bisel sea mayor que la que se estaba usando anteriormente.



**Figura 3.11:** Cambio de insertos de la fresa

En el montaje de las fresas intervienen tres operarios, utilizando como herramientas trozos de madera y barras de metal para levantar cada una de las fresas y posicionarla en el eje; posteriormente se ajustan utilizando llaves allen.



**Figura 3.12:** Montaje de fresas

Luego se avanza la lámina hasta la mesa de corte. Tres operadores desplazan las cizallas con ayuda de un cilindro hidráulico portátil ubicándolas para realizar un corte de 15 mm por debajo del ancho bruto de la lámina, realizando la medición con una cinta métrica, seguidamente, un operario utiliza un equipo de soldadura manual y suelda un trozo de metal para que haga tope con la cizallas para que esta no se desplace.



**Figura 3.13:** Desplazamiento de las cizallas



De igual forma se avanza la lámina hasta las fresadoras y se ubican las bancadas para realizar un corte de 2.5 mm cada una. Las bancadas de las fresas se fijan con un par de tornillos de potencia cada una, ubicados en la parte inferior de las mismas.



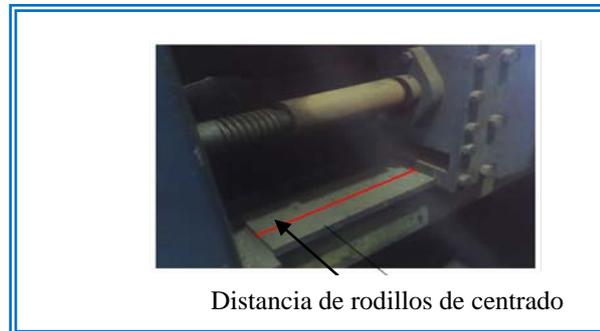
**Figura 3.14:** Ubicación de las bancadas de las fresas.

Seguidamente se calibra el tren de tracción de acuerdo al espesor de la plancha, para ello, un operador ubica los rodillos de tracción según el espesor de la lámina utilizando un cilindro hidráulico. La presión que ejercen los rodillos sobre la lámina se observa en el manómetro ubicado sobre la máquina.



**Figura 3.15:** Tren de tracción

A continuación se avanza la lámina hasta los largueros guías, esta operación la realiza un operario, accionando los controles de la máquina, mientras otro operario verifica el centrado de la banda utilizando para ello una cinta métrica y se ubican los rodillos de centrado a topar con los bordes de la lámina.



**Figura 3.16:** Rodillos de centrado

Luego se procede a introducir la lámina entre los rodillos de entrada y del boom, esta operación la realiza un operario, con ayuda de una barra de acero, introduce la lámina entre los rodillos del boom y los de entrada para luego otro operario hace mover la lámina, accionando los controles de la máquina. De ser necesario, otro operario rebaja con un soplete la superficie de la lámina en la zona cercana a los rodillos de entrada con la finalidad de que sea posible la introducción de la lámina.

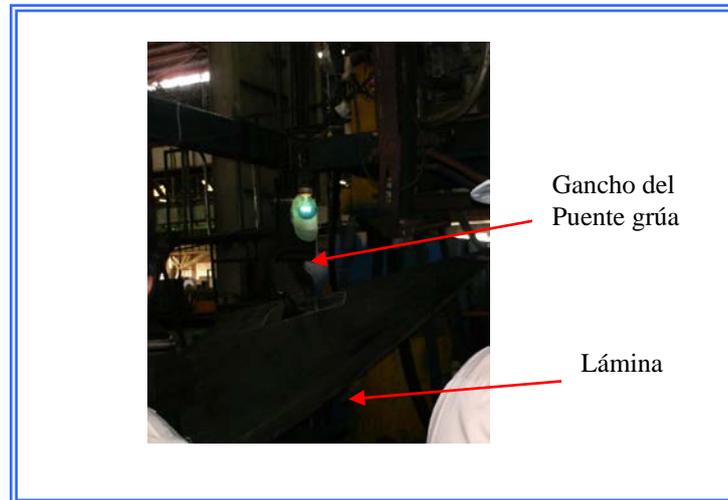


**Figura 3.17:** Introducción de la lámina entre rodillos de entrada y del boom.

Culminada esta operación se procede al doblado de la lámina, que consiste en que una vez que la plancha pasa a través de los rodillos del boom y de entrada, un operario realiza una perforación en el extremo de la lámina utilizando para ello un soplete. En dicha perforación, se inserta el gancho del puente grúa, el cual levanta el extremo de la lámina, y una vez alcanzada la curvatura, un



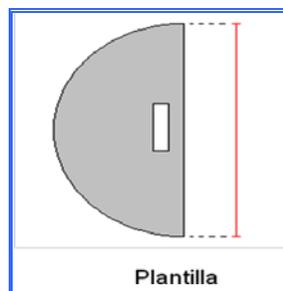
operario coloca en posición los rodillos de contrafuerza, es decir, coloca este grupo de rodillos en la parte posterior de la lámina recién doblada.



**Figura 3.18:** Doblado de la lámina.

Además, un operario corta el extremo de la lámina a la salida de los rodillos de contrafuerza, utilizando para ello un soplete y otro operario avanza la lámina accionando los controles de la máquina hasta formar una media circunferencia. Seguidamente, un operario chequea el diámetro interno del tubo utilizando una cinta métrica o una plantilla para chequear la curvatura requerida.

En caso de que el diámetro interno se encuentre por encima del Nominal se aumenta la distancia de los rodillos de contrafuerza, en caso contrario se debe disminuir dicha distancia. Esta operación se repite hasta alcanzar el diámetro deseado.



**Figura 3.19:** Plantilla utilizada para verificar el diámetro



Posteriormente se realiza la alineación de la lámina con la junta, una vez alcanzado el diámetro deseado, se avanza la lámina hasta completar la circunferencia del tubo.

Un operario coloca una cadena alrededor del tubo en la mesa de conformación con el fin de alinear la punta de la banda con la junta.

En este paso se realizan los ajustes necesarios de los rodillos de contrafuerza, ángulos, rodillos de entrada, etc., hasta obtener el perímetro deseado.

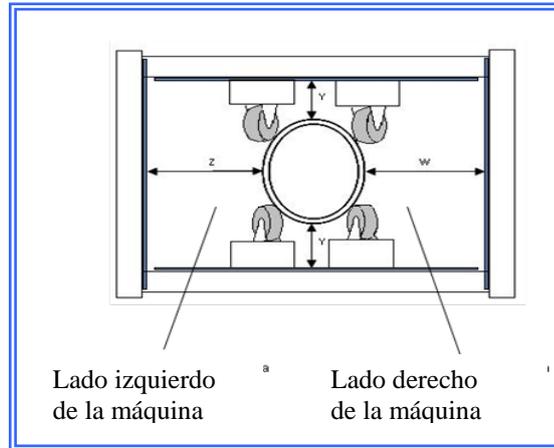
Se avanza la lámina accionando los controles de la máquina y un operario comienza a soldar internamente de forma manual sobre el inversor en pasos de no más de 100 mm. Otro operario verifica el perímetro utilizando una cinta métrica.



**Figura 3.20:** Soldadura interna manual.

Un operario realiza una perforación en un extremo del tubo utilizando un soplete, y otro operario introduce el gancho de una “señorita” para alinear el tubo a través del bastidor de salida, mientras que el operario continúa soldando internamente el tubo.

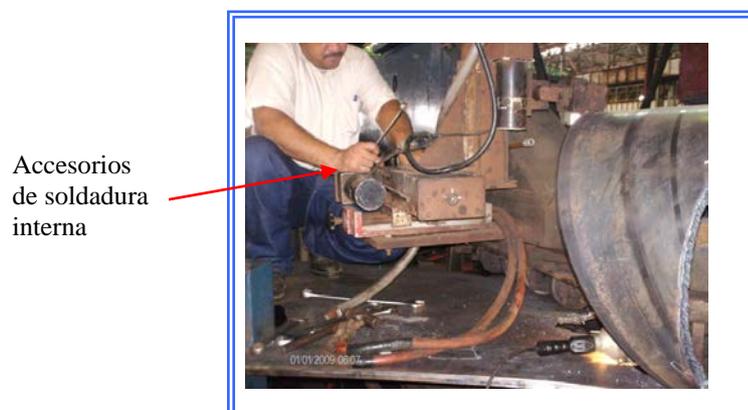
Para mantener la alineación del tubo con respecto al bastidor, se posicionan los rodillos del primer pórtico. Esta operación la realizan 2 operarios, utilizando como herramientas una llave alen cada uno. Luego se continúa soldando internamente sobre el inversor en pasos de no más de 100, hasta que el tubo llegue hasta el segundo pórtico, donde también se deben posicionar los rodillos a la misma medida.



**Figura 3.21:** Posición de rodillos del pórtico

Con el fin de instalar los accesorios de soldadura automática interna y externa, se abre una “ventana”, es decir, un operario corta una sección rectangular del tubo en la zona sobre el inversor utilizando para ello un soplete. El trozo de metal es retirado por dos operarios y es depositado en el contenedor de desechos ubicado a 5 metros de distancia aproximadamente. Seguidamente un operario instala los accesorios de la soldadura interna y paralelamente otro operario instala los de la externa, para lo cual utilizan un juego de llaves allen que son facilitadas por otro operario que las tiene a su alcance y en otros casos las busca sobre la máquina en sitios donde fue utilizada previamente, generalmente cerca de los rodillos del bastidor de salida a 3 metros aproximadamente.

La antorcha de la soldadura interna se ubican en la parte inferior e interna del tubo sobre el inversor con un ángulo de inclinación de  $10^\circ$  a  $15^\circ$ , mientras que la antorcha de la soldadura externa es ubicada en la parte superior y externa del tubo sobre la primera espira formada por la junta, con ángulo de inclinación igual al de la antorcha de soldadura interna. También se posiciona la boquilla aspiradora para recuperación de fundente.



**Figura 3.22:** Instalación de antorcha de soldadura



La instalación de las antorchas de soldadura también incluye la colocación del alambre o electrodo de alimentación y el llenado de las tolvas del fundente, el cual se realiza utilizando el puente grúa. Para la colocación del alambre, un operario activa en la máquina el sistema de alimentación del electrodo, mientras otro operario verifica en el extremo de la antorcha el momento en que el alambre comienza a salir, luego corta el extremo del electrodo, de ser necesario para asegurar el stickout requerido.

Dos operarios colocan los parámetros de cada soldadura (voltaje y amperaje) y ajustan con los controles de la máquina la velocidad de avance de la lámina y se procede a soldar en automático.

Una vez que se ha soldado al menos medio metro de tubo, un operario corta con un soplete toda la parte del tubo soldado manualmente y la parte donde se abrió la “ventana” hasta donde comenzó la soldadura automática.

Para retirar el material cortado, se hace una perforación en el extremo de la parte cortada para introducir el gancho del puente grúa y se traslada hasta el contenedor de desperdicios (chatarra) ubicado aproximadamente a 6 metros.

Finalmente, un operario corta con un soplete muestras de la soldadura para la realización de pruebas de macrografía y corta un anillo de 150 mm para una prueba de tensión residual. Si los resultados estas pruebas detectan que la soldadura del tubo cumple con los requerimientos, además de ser aprobado por la inspección visual y dimensional, se considera que se concluyó la puesta a punto. En caso contrario, se deben realizar todos los ajustes necesarios hasta conseguir fabricar tubos dentro de las especificaciones.

En la figura 3.2.3 se resumen las actividades de la puesta a punto.

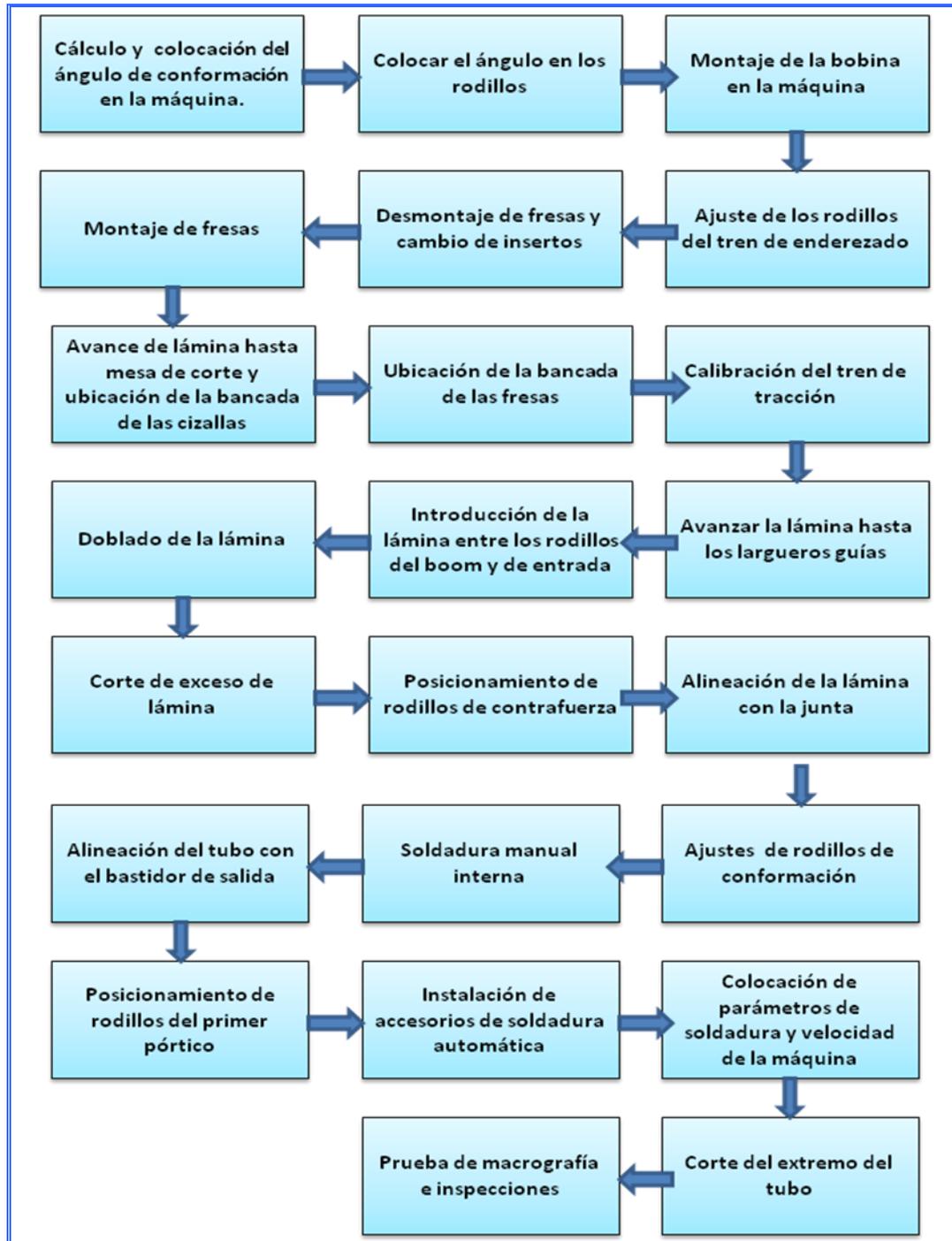


Figura 3.23: Diagrama de bloque del proceso de puesta a punto de la máquina 1



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PUESTA A PUNTO

En el presente capítulo usando como base la metodología SMED, en una primera etapa se llevó a cabo la identificación de cada una de las actividades realizadas en la puesta a punto de la máquina en estudio, seguidamente se consideraron la segunda y tercera etapa de dicha metodología de forma simultánea con la conversión de las actividades internas en externas así como el mejoramiento de las mismas a través del análisis sistemático de problemas donde se identificaron aquellas actividades críticas del proceso y se detectaron las oportunidades de mejora a través del seguimiento de los procedimientos de trabajos y las variables que intervienen en el proceso de cambio.

- **Separación de actividades de preparación.**

Se encontró que todas las actividades que integran la puesta a punto de la máquina 1 corresponden a actividades internas a excepción de la primera actividad denominada: Cálculo de parámetros de conformación de la máquina, la cual representa una actividad externa.

- **Conversión de preparaciones internas en externas y perfeccionamiento de las actividades de la puesta a punto.**

En elaboración de esta etapa se realizó la medición del tiempo de duración de cada una de las actividades de la puesta a punto de la máquina 1, posteriormente se jerarquizaron dichas actividades en función de su duración y a las actividades más críticas se les determinaron las causas raíces.

#### 4.1 Detección y análisis de las actividades críticas de la Puesta a Punto

- **Medición del tiempo de las actividades**

Para la determinación de las actividades críticas de la puesta punto, se elabora un diagrama de Pareto a través del cual se identifican aquellas operaciones de mayor repercusión en la puesta punto.

Se determina el tiempo de duración de las operaciones que constituyen la puesta a punto mediante un estudio de tiempo, el cual consiste en la observación directa de tres puesta a punto de la máquina 1, en el periodo mayo- julio del año 2009 mediante un cronometrado de las operaciones. Para las operaciones que tienen duraciones de más de una hora, se determinó el tiempo de duración basado en entrevistas con supervisores y operadores de la



máquina, además de llevar un registro de la hora de inicio y fin de las actividades de mayor duración.

**Tabla 4.1:** Tiempo promedio de la puesta a punto de la máquina 1

Orden de Trabajo	Características del tubo a procesar	Tiempo de duración (min.)
538	Espesor 11.13 mm. Perímetro: 1596 mm.	1327
493	Espesor 9.53 mm. Perímetro: 2394 mm.	1290
569	Espesor 17.48 mm. Perímetro: 1915 mm.	1371
		Tiempo promedio: 1329 min.

**Fuente:** Elaboración propia

En el Anexo 4 se muestran los tiempos para cada una de las actividades realizadas de las órdenes de trabajo observadas.

A continuación se presenta el tiempo promedio de duración de cada una de las operaciones de la puesta a punto de la máquina 1 y el porcentaje que representa cada actividad en el tiempo total de la puesta a punto.



**Tabla 4.2:** Tiempo de duración de las actividades de puesta a punto de la máquina 1

Operación N°	Descripción	Tiempo promedio (min.)	% de tiempo
1	Cálculo de parámetros de conformación de la máquina	12	0,90
2	Colocación del ángulo de conformación en la máquina	47	3,54
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos.	158	11,89
4	Montaje de la bobina en la máquina	11	0,83
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado.	58	4,36
6	Desmontaje de fresas y Cambio de insertos en la fresas	300	22,57
7	Montaje de las fresas.	262	19,71
8	Avance de lámina hasta la mesa de corte	3	0,23
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	110	8,28
10	Ubicación de la bancada de las fresas	26	1,96
11	Calibrar el tren de tracción	12	0,90
12	Avanzar la lámina hasta los largueros guías	5	0,38
13	Introducir la lámina entre los rodillos del boom y de entrada.	42	3,16
14	Doblado de la lámina.	10	0,75
15	Corte de exceso de lámina	10	0,75
16	Ajustes de rodillos de contrafuerza	13	0,98
17	Alineación de la lámina con la junta.	11	0,83
18	Ajustes de rodillos de conformación	92	6,92
19	Soldadura manual interna	24	1,81
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	9	0,68
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	12	0,90
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	48	3,61
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina.	7	0,53
24	Corte del extremo del tubo	15	1,13
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	32	2,41
	Total tiempo	1329	100,00

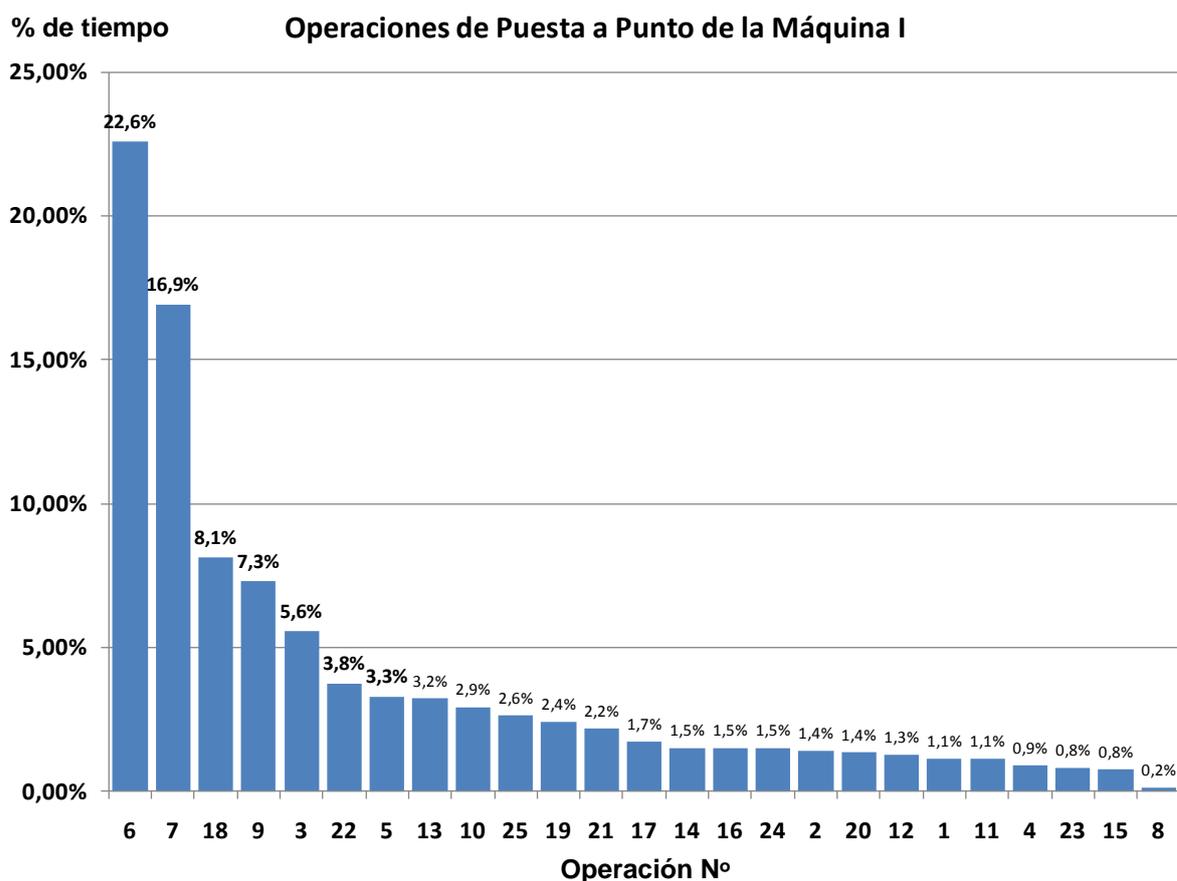
**Fuente:** Elaboración propia a partir de cambios de las órdenes 538, 493 y 569.



- **Jerarquización de actividades**

De acuerdo al estudio de tiempo realizado y usando como criterio el principio de Pareto, el cual establece que entre las variables presentes, el 20 % de ellas representan el 80% del problema, se determinó que las operaciones críticas de la puesta a punto de la máquina 1 son las que se mencionan a continuación:

6. Desmontaje de fresas y cambio de insertos
7. Montaje de las fresas
3. Colocación de ángulo y distancias correspondientes en los rodillos de entrada, boom y contrafuerza.
9. Ubicación de la bancada de las cizallas.
18. Ajustes de rodillos de conformación (entrada, boom y contrafuerza)
5. Ajuste de rodillos del tren de enderezado.
22. Instalación de accesorios de soldadura automática



**Figura 4.3:** Diagrama de Pareto de operaciones de puesta a punto de la máquina 1 y porcentaje de tiempo de consumo de cada actividad.



El conjunto de estas operaciones representa aproximadamente el 80 % del tiempo total de la puesta a punto. Esto se puede observar en el Anexo 5.

- **Determinación de Causas raíces**

Con el fin de detectar las causas raíces de las demoras en la puesta a punto de la máquina 1, se realizó una descripción detallada del proceso para cada una de las operaciones críticas, determinadas previamente y se analizaron los motivos por los que se consume el tiempo actual.

➤ **Desmontaje de fresas y cambio de insertos:**

Para llevar a cabo esta operación, dos operarios buscan las herramientas (llaves allen, llaves de impacto y destornilladores) algunas de ellas se encuentran ubicadas en la mesa de trabajo a 5 metros aproximadamente de las fresas y otras herramientas ubicadas en diferentes partes de la máquina cercanos a la mesa de conformación del tubo donde fueron utilizadas previamente.

Un operario comienza con la operación, desajustando los tornillos que sostienen la tapa de metal con la que se cubre la fresa en la bancada en la parte inferior del motor. Seguidamente cada operario comienza a desajustar la tuerca del eje rotativo utilizando una llave de impacto, cada operador tiene un operador ayudante con el cual se alterna ésta operación. Una vez que se extrae la tuerca en cada fresa y sus respectivas arandelas, las fresas son extraídas por dos operarios de su eje, luego se avisa al operador del puente grúa para trasladar la fresa a la mesa de trabajo ubicada a 5 metros aproximadamente.

Una vez que las fresas se ubican en la mesa de trabajo, un operario con ayuda de un destornillador que tiene a disposición en el lugar, realiza el cambio de los insertos, algunos de los cuales deben voltearse por el lado que no se han usado, otros son sustituidos por insertos nuevos, e incluso, pueden colocarse insertos adicionales en la fresa en partes donde no habían, esto si el material que se va a biselar es más duro o de mayor espesor. Al concluir con esta minuciosa tarea, las fresas son trasladadas de vuelta a la bancada a la cual corresponden una por una, utilizando el puente grúa.

En la **figura 4.4** se puede observar el diagrama de proceso siguiendo al operario del desmontaje y cambio de insertos de las dos fresas de la máquina:



FLUJOGRAMA: OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación	RESUMEN	
	ACTIVIDAD	ACTUAL
ACTIVIDAD: Desmontaje de las fresas y cambio de insertos	OPERACIÓN <b>O</b>	273 min
	TRANSPORTE <b>➔</b>	13 min
MÉTODO: ACTUAL	DEMORA <b>D</b>	4 min
	INSPECCIÓN <b>■</b>	
ELABORADO POR: Mariam Diaz, Liliana Pérez	ALMACENAMIENTO <b>▲</b>	

N°	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Simbolo	Equipos y herramientas
1	Busca herramientas		5 m	5 min	➔	
2	Desajusta de tornillos de la tapa de cada bancada	8		10 min	O	Destornillador
3	Desajusta de tuerca en cada eje rotativo	2		40 min	O	Llave de impacto, llave allen
4	Quita la tuerca y arandelas			18 min	O	
5	Extrae fresa del eje	2		10 min	O	
6	Espera por puente grúa			2 min	D	
7	Traslada fresas a mesa de trabajo	2	5 m	4 min	➔	Puente grúa
8	Cambia insertos de ambas fresas			205 min	O	Destornillador
9	Espera por puente grúa			2 min	D	
10	Traslada fresas a bancadas en la máquina		5 m	4 min	➔	

**Figura 4.4:** Diagrama de proceso. Desmontaje de fresas y cambio de insertos

De acuerdo a este diagrama se puede observar que el mayor tiempo invertido en la operación corresponde al cambio de insertos de cada una de las fresas, esta tediosa tarea es realizada por un operario el cual debe cambiar cuidadosamente todos los insertos, se cambian aproximadamente



cincuenta insertos por cada fresa y el operario debe ser cuidadoso en colocar la posición correcta para cada uno de ellos.

Otra actividad que representa la mayor duración en la operación, corresponde al desajuste de la tuerca en el eje de las fresas, ya que la posición donde se encuentran ubicadas representa una situación incómoda para que el operario realice su trabajo, esto debido al diseño de la bancada de las fresas.

Además se presentan demoras por espera del puente grúa y búsqueda de herramientas.

- **Montaje de las fresas:**

Para el montaje de las fresas en cada una de sus bancadas, tres operarios introducen cada fresa haciéndola deslizar sobre el piso de la bancada, empujándola con gruesos listones de madera y barras de metal, hasta que queda alineada con el eje. Seguidamente, se comienza a levantar la fresa haciendo palanca con los listones de madera y barra de metal. En esta operación los operarios se someten a posturas inadecuadas.

Para introducir las fresas en sus respectivos ejes, se debe montar primero una de un lado de la máquina y luego la otra, ya que uno de los operarios debe ubicarse en la parte posterior de la bancada montado sobre la máquina, es decir, entre las dos bancadas y como el espacio es reducido, puede interferir en el trabajo de su compañero, tomando en cuenta que en esta ubicación, las fresas se encuentran al nivel de sus pies.

Cuando apenas se logra levantar la fresa, se van colocando trozos de madera para mantenerlas arriba y tratar de ajustarlas en el eje. Esto se realiza hasta que el eje sobresale por la parte inferior de la fresa y es posible colocar las arandelas y tuerca para su fijación.

Para fijar las fresas, se utilizan llaves allen y llave de impacto para ajustar la tuerca en el eje. Posteriormente un operario coloca la tapa de la bancada, ajustando los tornillos de la misma.

A continuación se muestra el diagrama de proceso del montaje de una fresa:



FLUJOGRAMA: OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación	RESUMEN	
	ACTIVIDAD	ACTUAL
ACTIVIDAD: Montaje de fresas	OPERACIÓN	O 131 min
	TRANSPORTE	➔
MÉTODO: ACTUAL	DEMORA	D
	INSPECCIÓN	■
ELABORADO POR: Mariam Diaz, Liliana Pérez	ALMACENAMIENTO	▲

N°	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo	Equipos y herramientas
1	Introduce fresa en bancada	1		10 min	O	Listones de madera y barras de metal
2	Se levanta la fresa	1		58 min	O	Listones de madera y barras de metal
3	Ajusta fresa en el eje	1		30 min	O	trozos de madera
4	Coloca arandelas y tuerca en el eje de la fresa			25 min	O	Llave de impacto y llaves alen
5	Coloca la tapa de la bancada	1		3 min	O	
6	Ajusta tornillos de la tapa de la bancada	4		5 min	O	Destornollador

**Figura 4.5:** Diagrama de proceso. Montaje de fresa

El mayor tiempo en esta operación la constituye la tarea de levantar la fresa y tratar de ajustarla al eje, debido a que la fresa pesa aproximadamente 30 kg, además de que el diseño del sistema de transmisión dificulta el montaje de las fresas, obligando a que los operarios adquieran posturas inadecuadas de dorso flexión, lo cual causa fatiga en los operarios.



- **Colocación de ángulo y distancias correspondientes en los rodillos de entrada, boom y contrafuerza:**

Esta actividad la realizan dos operarios, en primer lugar, utilizando una llave allen desajustan cada uno de los ocho rodillos que componen el conjunto de rodillos de entrada y se va midiendo en cada uno de ellos el ángulo al cual deben colocarse, utilizando para ello un goniómetro. Una vez obtenido el ángulo, un operario sostiene el rodillo mientras el otro lo ajusta con la llave allen. Luego que se logran posicionar los rodillos según el ángulo, el conjunto de rodillos se ajustan a una distancia del borde de la mesa de conformación del tubo, con un cilindro hidráulico portátil, midiendo con una cinta métrica dicha distancia desde el lado izquierdo de la máquina.

De igual forma se ajusta el ángulo en cada uno de los ocho rodillos que forman el conjunto de rodillos del boom para luego posicionar el cuerpo del boom a la altura requerida para alcanzar el perímetro deseado en el tubo, para ajustar dicha altura, dos operarios desajustan los tornillos que sostienen el cuerpo del boom con ayuda de una llave de impacto; esta constituye una tediosa tarea, ya que para desajustar los tornillos, el operador utiliza una mandarina con la cual golpea la llave de impacto y requiere de mucho esfuerzo físico y se colocan suplementos necesarios para ajustar la altura. La medida de suplementos necesarios se puede observar en el anexo N°6.

Los rodillos de contrafuerza se ajustan al ángulo y a la distancia de la mesa de conformación, medida con una cinta métrica desde el lado derecho de la máquina, estos se ubican separados de los demás rodillos a una distancia aproximada de 20 cm. desplazados hacia el bastidor de salida.

En esta operación, también puede darse el caso de cambiar los rodillos, debido al desgaste de los anteriores.

Todas estas actividades están representadas en el siguiente diagrama de procesos:



FLUJOGRAMA: OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación	RESUMEN	
ACTIVIDAD: Colocación de ángulos y distancias correspondientes en los rodillos de entrada, boom y contrafuerza	ACTIVIDAD	ACTUAL
	OPERACIÓN <b>O</b>	158 min
MÉTODO: ACTUAL	TRANSPORTE <b>→</b>	
	DEMORA <b>D</b>	
ELABORADO POR: Mariam Díaz, Liliana Pérez	INSPECCIÓN <b>■</b>	
	ALMACENAMIENTO <b>▲</b>	

N°	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo	Equipos y herramientas
1	Desajusta rodillos de entrada	8		10 min	<b>O</b>	Llave Allen
2	Mide y ajusta el ángulo en cada rodillo	8		18 min	<b>O</b>	Goniómetro
4	Ajusta la distancia de los rodillos en la mesa de conformación			15 min	<b>O</b>	Cilindro hidráulico y cinta métrica
5	Desajusta rodillos del boom	8		12 min	<b>O</b>	Llave Allen
6	Mide y ajusta el ángulo en cada rodillo	8		20 min	<b>O</b>	Goniómetro
8	Ajusta el cuerpo del boom	1		30 min	<b>O</b>	Llave de impacto y mandarina
9	Coloca los suplementos necesarios			6 min	<b>O</b>	
10	Desajusta rodillos de contrafuerza	8		10 min	<b>O</b>	Llave Allen
11	Mide y ajusta el ángulo en cada rodillo			20 min	<b>O</b>	Goniómetro
13	Ajusta la distancia de los rodillos en la mesa de conformación			15 min	<b>O</b>	Llave de impacto y mandarina
14	Coloca los rodillos de contrafuerza a 20 cm de los de entrada			2 min	<b>O</b>	

**Figura 4.6:** Diagrama de proceso. Colocación de ángulo y distancias correspondientes en los rodillos de entrada, boom y contrafuerza.

En esta operación la actividad de ajustar el cuerpo del boom representa un tiempo considerable, debido a que la actividad es tediosa y requiere de gran esfuerzo físico. Además, las actividades de medir las distancias y ángulos de los diferentes rodillos representan el mayor tiempo de esta operación, debido a que el método utilizado no es el más práctico, es decir, el operario debe verificar la medida con una cinta métrica cada vez que desajusta algún conjunto de rodillos, lo cual induce a que se comentan errores en dicha medición.



• **Ubicación de la bancada de las cizallas:**

Tres operadores intervienen en esta operación, en primer lugar se utiliza un soplete y esmeril para eliminar los trozos de metal ubicados en la parte inferior de las bancadas de las cizallas, se retira el material cortado y uno de ellos busca un cilindro hidráulico portátil con el cual desplazan la bancada de las cizallas de ambos lados de la máquina. Se realiza la medición utilizando una cinta métrica desde los bordes de la máquina, para garantizar que el corte de la lámina sea de 15mm para alcanzar el ancho neto, esta actividad de medir y desplazar se puede repetir varias veces. Una vez alcanzada la medida requerida, se cortan trozos de metal de material sobrante del proceso de fabricación y se sueldan en la parte inferior de las bancadas para evitar que éstas se desplacen cuando la máquina esté en funcionamiento. A continuación se presenta el diagrama de procesos de esta actividad:

FLUJOGRAMA:	OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación		RESUMEN	
		ACTIVIDAD	ACTUAL
ACTIVIDAD: Ubicación de las bancadas de las cizallas		OPERACIÓN <b>O</b>	99 min
		TRANSPORTE <b>➡</b>	11 min
MÉTODO: ACTUAL		DEMORA <b>D</b>	
		INSPECCIÓN <b>■</b>	
ELABORADO POR: Mariam Díaz, Liliana Pérez		ALMACENAMIENTO <b>▲</b>	

Nº	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo	Equipos y herramientas
1	Busca herramientas		5 m	6 min	➡	
2	Quita los trozos de metal de la bancada			20 min	O	Soplete y esmeril
4	Retira el material cortado y lo deposita en un contenedor			4 min	O	
5	Busca herramienta		3 m	5 min	➡	
6	Desplaza la bancada de las cizallas			37 min	O	Cilindro hidráulico
8	Mide la distancia desplazada			13 min	O	cinta métrica
9	Corte de trozos de metal para fijación			17 min	O	Soplete
10	Suelda trozos de metal en la bancada			8 min	O	Equipo de soldadura manual

**Figura 4.7:** Diagrama de proceso. Ubicación de la bancada de las cizallas



El mayor tiempo invertido en llevar a cabo esta operación corresponde al desplazamiento de la bancada de las cizallas, ya que se debe buscar el cilindro hidráulico portátil y accionarlo manualmente, además de que se debe medir constantemente con una cinta métrica para verificar la distancia a la cual se ubican.

Por otro lado, la tarea de eliminar los trozos de metal soldados en la parte inferior de la bancada, también constituye una de las más largas en esta operación, tomando en cuenta que existen demoras por la búsqueda de herramientas. El hecho de soldar trozos de metal en la bancada se debe a que los tornillos de fijación de la bancada se desajustan una vez fijados producto de la vibración de la máquina.

- **Ajustes de rodillos de conformación ( boom y contrafuerza):**

Esta actividad se realiza para corregir el perímetro del tubo, consiste en ajustar la distancia de los rodillos de contrafuerza, acercarlos más a los rodillos de entrada en caso de que el diámetro obtenido en el tubo sea mayor al requerido o alejarlos en caso contrario, para ello dos operarios utilizan un cilindro hidráulico y cinta métrica.

Para ajustar la altura de los rodillos del boom, dos operarios desajustan los tornillos del cuerpo del boom utilizando una llave de impacto y una mandarina, dicha altura se va verificando utilizando una cinta métrica, para luego medir el perímetro que va quedando en el tubo y repetir los ajustes cuantas veces sea necesario. Esto se puede observar en el siguiente diagrama:



FLUJOGRAMA: OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación	RESUMEN	
	ACTIVIDAD	ACTUAL
ACTIVIDAD: Ajustes de rodillos de conformación	OPERACIÓN <b>O</b>	92 min
	TRANSPORTE <b>➔</b>	
MÉTODO: ACTUAL	DEMORA <b>D</b>	
	INSPECCIÓN <b>■</b>	
ELABORADO POR: Mariam Díaz, Liliana Pérez	ALMACENAMIENTO <b>▲</b>	

Nº	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo	Equipos y herramientas
1	Ajusta distancia de rodillos de contrafuerza			25 min	<b>O</b>	cilindro hidráulico y cinta métrica
2	Desajuste de tornillos del cuerpo del boom			30 min	<b>O</b>	llave de impacto y mandarina
3	Verificar y corregir distancias			37 min	<b>O</b>	Cinta métrica

**Figura 4.8:** Diagrama de proceso. Ajustes de rodillos de conformación

El ajuste de las distancias en los rodillos de conformación, se debe a errores en la medición y a la desviación de los valores reales de las distancias con respecto a los cálculos teóricos realizados.

- **Ajuste de rodillos del tren de enderezado.**

El operario avanza la lámina, accionando los controles de la máquina, luego acciona el sistema hidráulico para ajustar los rodillos inferiores al espesor de la lámina. Otro operario mide la distancia entre los rodillos superiores e inferiores y verifica si se alcanza la distancia requerida, esta operación se repite hasta alcanzar dicha distancia



FLUJOGRAMA: OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación	RESUMEN	
ACTIVIDAD: Ajuste de rodillos del tren de enderezado	ACTIVIDAD	ACTUAL
	OPERACIÓN O	58 min
MÉTODO: ACTUAL	TRANSPORTE →	
	DEMORA D	
ELABORADO POR: Mariam Díaz, Liliana Pérez	INSPECCIÓN ■	
	ALMACENAMIENTO ▲	

N°	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Simbolo	Equipos y herramientas
1	Acciona los controles de la máquina para avanzar la lámina			4 min	O	
2	Acciona el sistema hidráulico			9 min	O	
4	Mide la distancia entre los rodillos			7 min	O	Cinta métrica
5	Ajusta la distancia			38 min	O	Cinta métrica

**Figura 4.9:** Diagrama de proceso. Ajuste de rodillos del tren de enderezado

En esta operación, el mayor tiempo se invierte en el ajuste de la distancia, debido a que el accionamiento del sistema hidráulico y la realización de la medida no son actividades simultáneas y se presta a ensayo y error, lo que hace que se realicen repeticiones en la medición y ajuste hasta obtener la distancia deseada.

- **Instalación de accesorios de soldadura automática:**

El operario busca un soplete y realiza un corte rectangular sobre el tubo, dos operarios retiran el material cortado y lo depositan en un contenedor de desechos ubicado aproximadamente a 5 metros de distancia. Este corte en el tubo se realiza con el fin de instalar los accesorios de la soldadura automática interna. En primer lugar se desajusta la antorcha, dos operarios utilizan una llave allen y trabajan de forma paralela en cada soldadura, la interna y externa respectivamente.

Para la instalación de la soldadura interna, el operario utiliza un bombillo para dar mejor visibilidad en el espacio donde debe realizarse la instalación. Un operario introduce el electrodo a través de la manguera de alimentación de alambre, para lo cual activa en los controles de la máquina el sistema que hace girar el tambor del alambre, una vez que sale el alambre por el otro extremo de la manguera, se corta la punta para ajustar la altura a la cual debe colocarse con respecto a la lámina que se va a soldar. Seguidamente se instala la manguera de alimentación de fundente, se



ajusta la antorcha de soldadura y por último se coloca la manguera aspiradora de fundente para su reciclado. La instalación de la soldadura automática se representa en el siguiente diagrama:

FLUJOGRAMA: OPERARIO	FECHA: 23-10-09	
DEPARTAMENTO: Fabricación	RESUMEN	
	ACTIVIDAD	ACTUAL
ACTIVIDAD: Instalación de accesorios de soldadura automática	OPERACIÓN <b>O</b>	38 min
	TRANSPORTE <b>➔</b>	10 min
MÉTODO: ACTUAL	DEMORA <b>D</b>	
	INSPECCIÓN <b>■</b>	
ELABORADO POR: Mariam Díaz, Liliana Pérez	ALMACENAMIENTO <b>▲</b>	

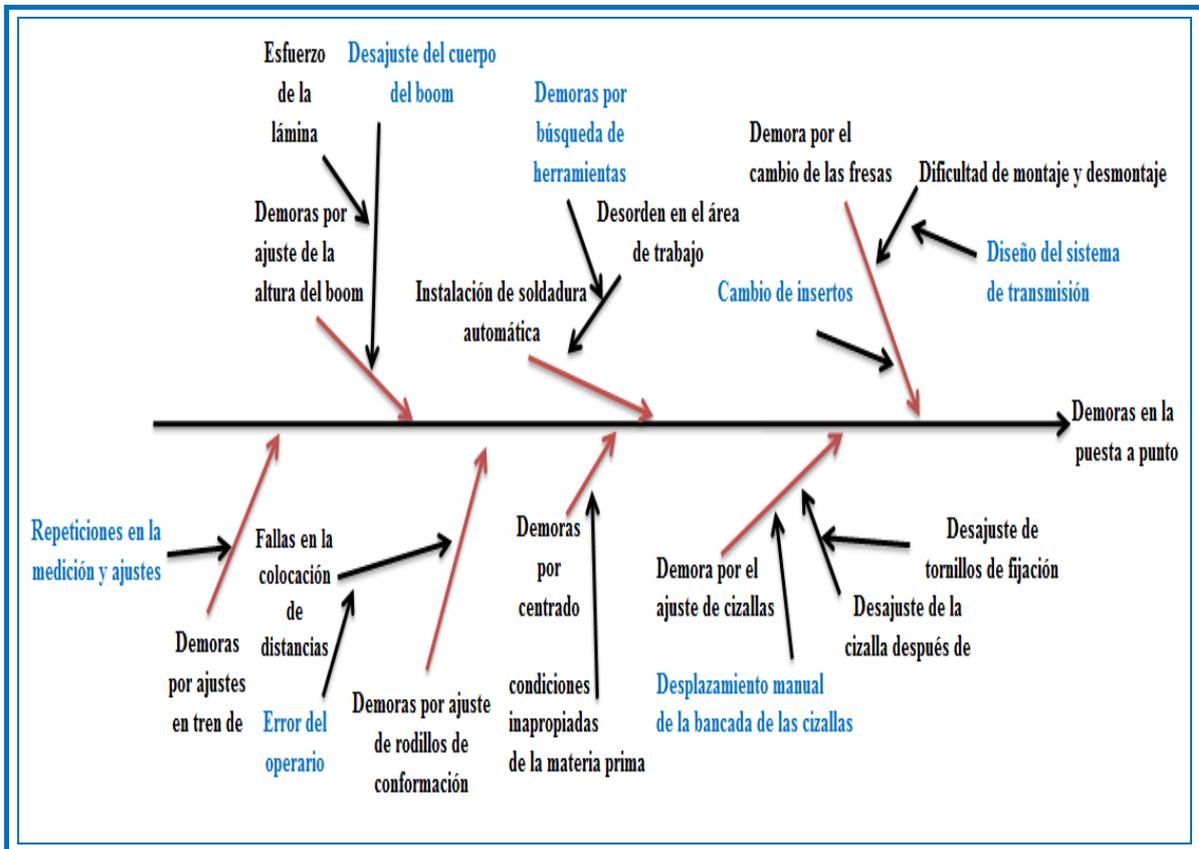
Nº	Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo	Equipos y herramientas
1	Camina a buscar herramienta		4 m	2 min	➔	
2	Corte rectangular	1		10 min	○	Soplete
3	Retiro del material y depósito en contenedor		5 m	2 min	➔	
4	Desajuste de antorchas	2		4 min	○	Llave Allen
5	Activa controles e introduce el electrodo			6 min	○	
6	Camina a buscar herramienta		4 m	6 min	➔	
7	Corta el extremo del electrodo			1 min	○	Piqueta
8	Instala manguera de alimentación de fundente			5 min	○	Llave Allen
9	Ajusta antorcha de soldadura			8 min	○	Llave Allen
10	Instala manguera de aspiración de fundente			4 min	○	Llave Allen

**Figura 4.10:** Diagrama de proceso. Instalación de accesorios de soldadura automática

En el proceso de instalar la soldadura automática, las actividades tienen una duración muy parecida entre ellas y el tiempo de cada una no es muy significativo. Sin embargo hay que considerar los tiempos en que el operario se desplaza y debe buscar herramientas, ya que representan una demora y se debe a que dichas herramientas no están colocadas en sitios específicos.



Las causas raíces de las demoras en la puesta a punto de la máquina 1, están representadas en el siguiente diagrama causa-efecto:



**Figura 4.11:** Diagrama de Ishikawa. Demoras en la puesta a punto de la máquina 1

■ Causa Raiz

Fuente: Elaboración propia.



## CAPÍTULO V

### PROPUESTAS DE MEJORA

Teniendo en cuenta el análisis realizado en el capítulo anterior, a continuación se plantean una serie de mejoras en función de las actividades de mayor incidencia en la puesta punto de la máquina 1, lo cual hace crítico el tiempo de duración de la misma. Las propuestas desarrolladas en el siguiente capítulo abarcan no solo el rediseño de partes y mecanismos de la máquina sino también se logra el diseño de mejoras en el método de realización de las actividades de puesta punto y de esta forma estandarizar el procedimiento de trabajo y así tener un mejor control de las actividades y mejores resultados.

#### 5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPUESTAS DE MEJORAS

Para disminuir el tiempo que se invierte en la puesta a punto de la máquina 1, de la línea Helicoidal, se realizan las siguientes propuestas de mejora:

- Rediseñar del sistema de transmisión de potencia en las fresas.
- Conversión de actividad interna en externa.
- Adaptar un sistema mecánico para el ajuste de la bancada de las cizallas.
- Cambiar el tensor ubicado en la parte posterior del cuerpo del boom.
- Colocar reglas graduadas para la mesa de conformación y tren de enderezado.
- Utilizar carros Porta-Herramientas.
- Estandarización del procedimiento de puesta a punto.
- Aplicación de la Metodología 9S en el Área de Trabajo.

Estas propuestas están relacionadas a las causas raíces determinadas, las cuales se identifican en la siguiente tabla:



**Tabla 5.1.** Propuestas de mejora a las causas raíces de las demoras en la puesta a punto de la máquina1.

Causa principal	Causa raíz	Descripción	Propuesta de mejora
Cambio de las fresas	Cambio de insertos	La demora en cambiar de posición o sustituir cada uno de los insertos de las fresas	Conversión de actividad interna en externa. Inversión aproximada de 3000 Bsf.
	Diseño del sistema de transmisión	La demora en el cambio de las fresas por las condiciones disergonómicas producto del diseño de transmisión de los motores.	Rediseñar del sistema de transmisión de potencia en las fresas.  Inversión de : 1569 Bsf
Ajuste de bancada de la cizalla	Desajuste de tornillos de fijación en las bancadas de las cizallas.	La demora por el desplazamiento manual, soldadura de trozos de metal en la bancada y en los ajustes posteriores a su fijación.	Adaptar un sistema mecánico  Inversión de: 1260 Bsf
Repetidas inspecciones y ajuste de la altura del boom	Desajuste del cuerpo del boom.	La fuerza que ejerce la lámina sobre los rodillos del boom es muy alta lo cual desajusta las tuercas del boom.	Cambiar el tensor ubicado en la parte posterior del cuerpo del boom.  Inversión de: 800 Bsf.
Ajuste de rodillos de conformación y del tren de enderezado	Error del operario al colocar la distancia de rodillos de conformado	Error en la medición para el ajuste de los rodillos de entrada, contrafuerza y tren de enderezado.	Colocar reglas graduadas en la mesa de conformación y rodillos del tren de enderezado. Inversión de: 100 Bsf
Demoras en la instalación de soldadura automática	Búsqueda de las herramientas.	La demora por la búsqueda de herramientas debida al desorden en el área de trabajo.	Utilizar Carros Porta-herramientas. Aplicación de metodología 9S. Inversión de : 1900 Bsf

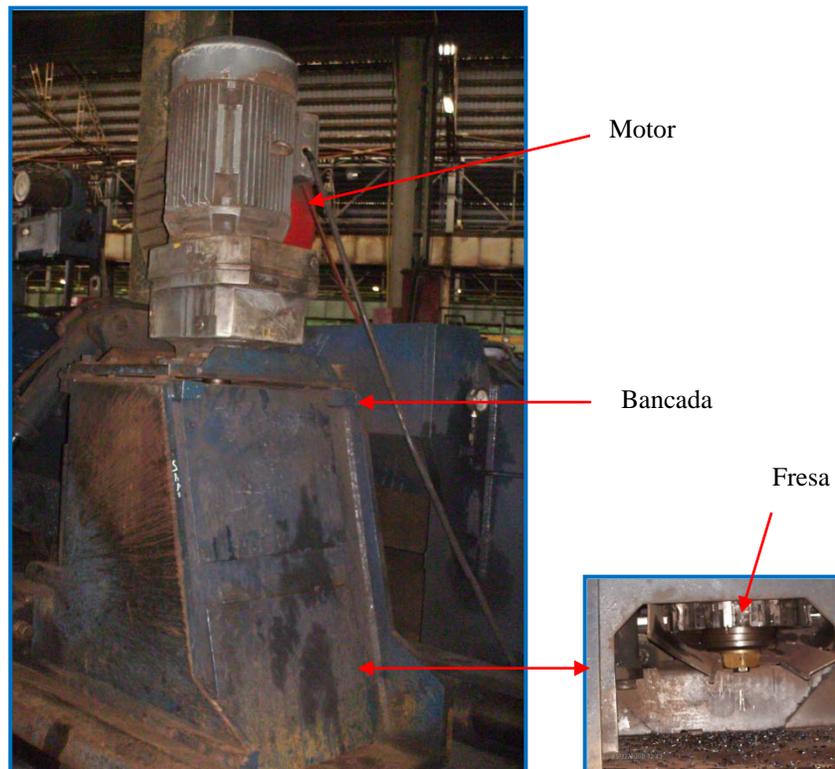
Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen las propuestas de mejora realizadas para disminuir el tiempo de puesta a punto de la máquina 1:

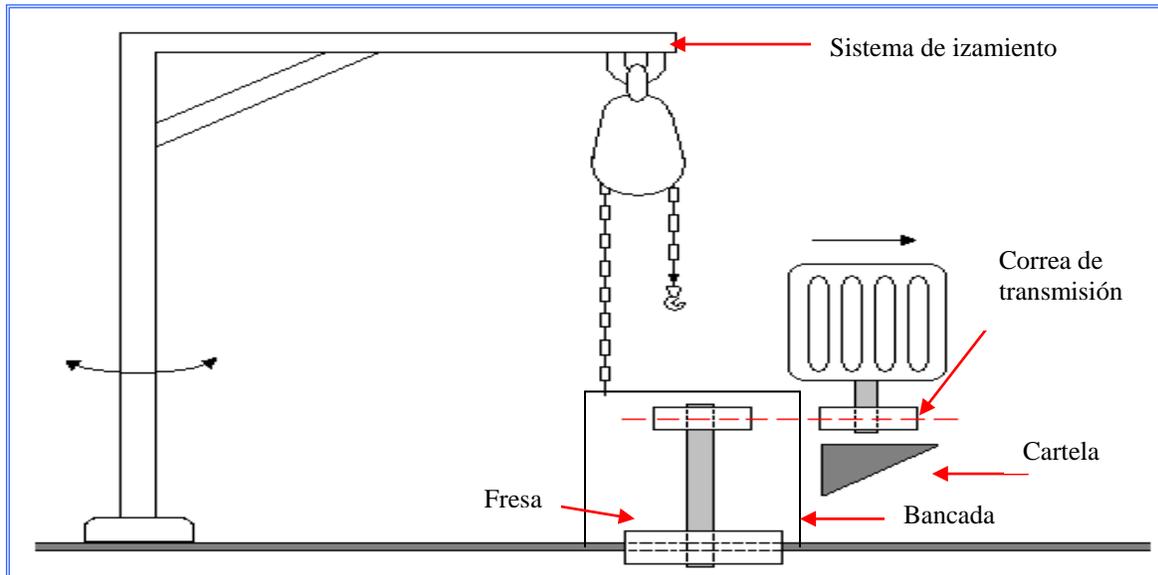


- **Rediseñar del sistema de transmisión de potencia en las fresas:**

Como resultado del estudio causa efecto se determina que una de las actividades que inciden en la duración de la puesta punto corresponde al sistema de transmisión de la fresa, es por ello que se plantea el rediseño del sistema de transmisión de potencia, para lo cual se propone cambiar la ubicación del motor que acciona el sistema de fresado y colocar un sistema de izamiento de fácil manipulación para disminuir el tiempo de montaje y desmontaje de la fresa. Se propone soldar cartelas que soporten al motor y permitan desplazar el mismo. Para ello se necesita cambiar la correa, que transmite la potencia desde el eje del motor hasta la fresa, por otra más larga.



**Figura 5.1:** Sistema actual de transmisión de potencia en las fresas



**Figura 5.2:** Sistema propuesto de transmisión de potencia en las fresas.

### **Beneficios de la propuesta:**

- Reducción del tiempo de montaje y desmontaje de las fresas:

Con el diseño del sistema de transmisión de potencia en las fresas se reduce el tiempo de ejecución en las actividades de montaje y desmontaje, ya que el sistema permite mayor facilidad, evitando que el operario adquiera posturas inadecuadas y evita la utilización del puente grúa al momento de extraer las fresas. La utilización de este mecanismo permitirá tener un mayor control de la operación y garantizar el desmontaje y montaje adecuado de la fresa y evitar tiempos de espera que retardan la operación así como reducir el tiempo invertido por los operarios en el levantamiento y ajuste de las fresas.

- **Conversión de actividad interna en externa**

Según el análisis realizado, una de las causas que ocasiona la demora en la actividad corresponde al desmontaje y cambio de los insertos de la fresa. La operación de cambio de insertos de las fresas puede realizarse con la máquina funcionando teniendo un par de fresas adicionales con insertos en buen estado, listas para el montaje, una vez desmontadas las otras fresas, es decir, el cambio de insertos de la fresa pasa ser de una actividad interna a una externa, pudiéndose realizar cuando aún se está fabricando tubos de la orden de trabajo anterior.



Adicionalmente, la propuesta seleccionada para el desmontaje de fresas y cambio de insertos plantea que dicha actividad sea realizada por 3 operarios, y que desarrollen actividades en paralelo que permitan agilizar la búsqueda de las herramientas necesarias para la ejecución de los cambios, así como también de las operaciones específicas que ellos implican.

En cuanto a la designación de las actividades un primer operario será el encargado de buscar las herramientas necesarias para desarrollar la actividad, seguidamente procederá a desajustar los tornillos de la tapa de la bancada para lo cual requerirá de no más de 10 min. En este momento y justo antes de culminar la actividad previamente descrita, un segundo operario será el encargado de buscar las herramientas necesarias para el desajuste de las tuercas de la fresa y en conjunto procederán al desajuste de dichas tuercas cuyo tiempo de duración será de aproximadamente 40 min y al culminar esta actividad ambos operarios se dispondrá a quitar las tuercas y arandelas para continuar con la extracción de la fresa del eje y un tercer operario se incorporará a la actividad operando el puente grúa, siendo el encargado de trasladar la fresa en uso a la mesa de trabajo y seguidamente la fresa con nuevos insertos a la máquina.

A continuación se muestra el desarrollo del diagrama de cuadrilla referido al desmontaje y cambio de insertos en la fresa en su método actual, así mismo se presenta un método propuesto donde se evidencia que un cambio o reasignación de labores trae como beneficio la disminución en el tiempo invertido en la actividad y una mejor organización del trabajo.









DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO  
DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)

		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		3	3	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		4	9	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		9	4	
		5	5	
		5	5	
		5	5	
		5	5	
		5	5	
		6	6	
		6	6	
		6	6	
				7
				7
				8
				8
				8
OBSERVACIONES: Cada subdivisión 1 min. OPERARIOS: A, B y C Tiempo total de operación: 81 min				

**Figura 5.4:** Diagrama de cuadrillas desmontaje de fresas y cambio de insertos.  
Estado propuesto



Otra de las operaciones críticas que incide en el proceso de cambio es el montaje de las fresas, cuyas actividades específicas consisten en la introducción de la fresa en la bancada, levantamiento de las fresas, ajuste de la fresa al eje, colocación de tuercas y arandelas para la sujeción, colocación de la tapa y ajustes de tornillos de la bancada. A continuación se muestra un análisis de diagrama de cuadrillas de la operación en su método actual donde se representa que el tiempo total invertido en la operación es de 130 min, seguidamente se presenta el método propuesto y cuya aplicación trae como beneficio la reducción de 50 min en el tiempo total invertido de la actividad. Esto debido a la sustitución de la actividad de levantamiento de la fresa realizada por los operarios para ajustar la fresa al eje por la introducción de la fresa en la bancada con el sistema de izamiento.



**DIAGRAMA DE CUADRILLAS**

Operación: Montaje de fresa  
Dpto: Fabricación

Método: Actual  
Cuadrilla: Grupo de 3 operarios

N°	DESCRIPCIÓN	A	B	C
1	Introducción de la fresa en bancada 	1	1	
2	Levantamiento de la fresa 	1	1	
3	Ajustar fresa al eje 	2	2	2
4	colocar arandelas y tuerca 	2	2	2
5	Colocar tapa de la bancada 	2	2	2
6	Ajustar torillos de la tapa de la bancada 	2	2	2
7	Demora D	2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		2	2	2
		3	3	3
		3	3	3
		3	3	3
		3	3	3
		3	3	3
		3	3	3
		3	3	3
		4	4	7
		4	4	7
		4	4	7
		4	4	7
		4	4	7
				5
				6
<p>OBSERVACIONES: Cada subdivisión 5 min. OPERARIOS: A, B y C Tiempo total de operación: 130 min (montaje de una fresa)</p>				

Figura 5.5: Diagrama de cuadrillas montaje de fresa. Estado actual



**DIAGRAMA DE CUADRILLAS**

Operación: Montaje de fresa

Método: **Propuesto**

Dpto: Fabricación

Cuadrilla: Grupo de 2 operario:

N°	DESCRIPCIÓN	A	B
1	Introducción de la fresa en bancada 	1	1
2	Ajustar fresa al eje 	1	1
3	colocar arandelas y tuerca 	2	2
4	Colocar tapa de la bancada 	2	2
5	Ajustar torillos de la tapa de la bancada 	2	2
		2	2
		2	2
		2	2
		1	2
		3	3
		3	3
		3	3
		3	3
		3	3
		3	3
		4	
		5	

OBSERVACIONES: Cada subdivisión 5 min.

OPERARIOS: A y B

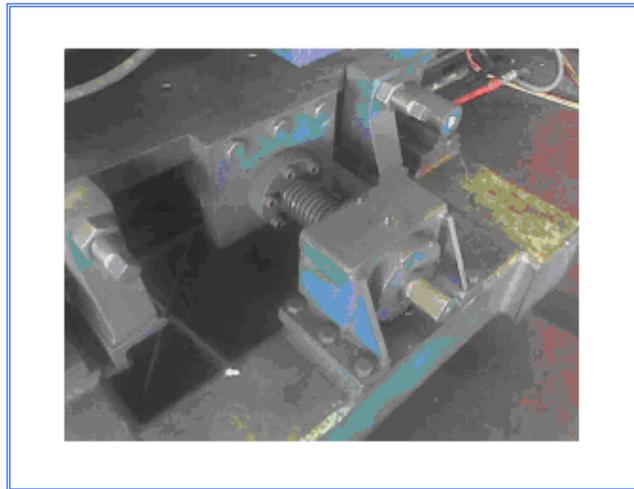
Tiempo total de operación: 80 min (montaje de una fresa)

**Figura 5.6:** Diagrama de cuadrillas montaje de fresa. Estado propuesto



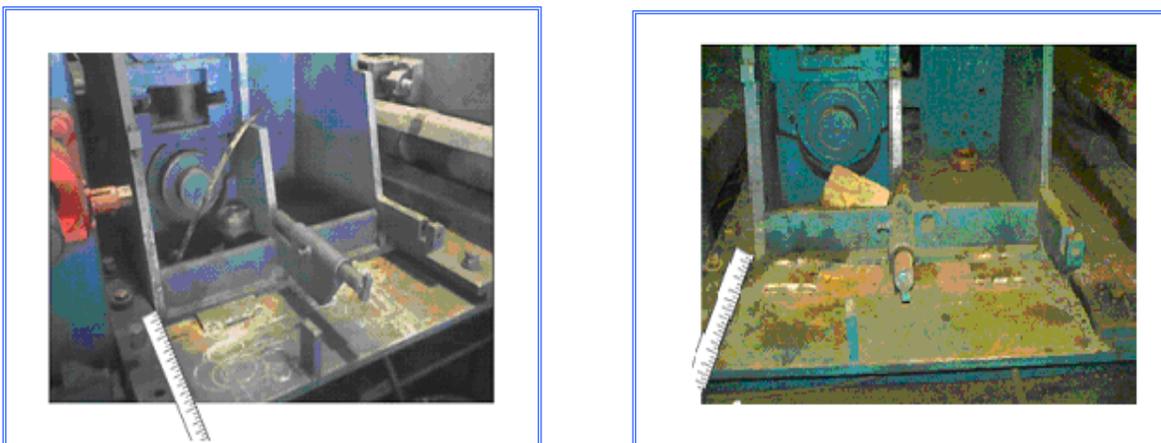
- **Adaptar un sistema mecánico para el ajuste de la bancada de las cizallas:**

Consiste en adaptar al pie de la bancada de la cizalla una corredera donde esta desplace en su corredera con la ayuda de un tornillo de potencia.



**Figura 5.7:** Sistema mecánico recomendado para el ajuste de las bancadas de las cizallas

Adicionalmente colocar regletas graduadas en la bancada de la cizalla para el ajuste de la distancia de las mismas, ubicadas hacia los extremos, de tal forma que no entorpezca el desplazamiento.



**Figura 5.8:** Colocación de reglas graduadas

#### **Beneficios de la propuesta:**

- Reducción del tiempo utilizado para la fijación de la bancada de las cizallas

La fijación de la bancada de las cizallas actualmente se lleva a cabo de forma manual donde para su sujeción se deben incluir actividades como el soldar un trozo de metal al pie de la bancada para evitar el desplazamiento de la misma. A través de la incorporación del sistema mecánico propuesto se eliminarán las demoras causadas por la actividad de ajuste manual, actividad en la cual no únicamente existe desperdicio de tiempo sino de material debido a que por cada reubicación de las cizallas y cambios en sus distancia de trabajo se deben soldar trozos metálicos los cuales una vez retirados son desechados además de ocasionar daños en la estructura de la máquina.

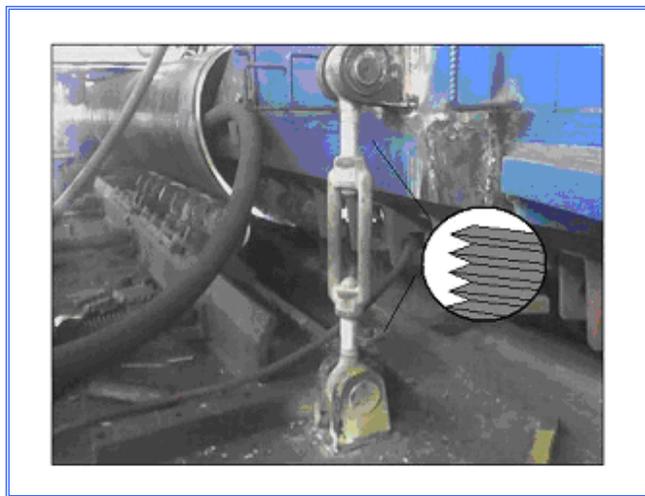
- Incremento en la precisión de la distancia de trabajo de las cizallas

La incorporación de reglas graduadas en la bancada de las cizallas permite tener un mejor ajuste a las distancias requeridas para la ubicación de las cizallas y de esta forma tener una mayor precisión y un sistema métrico guía incorporado en la bancada que reduce errores de medición y por ende ajustes posteriores.



- **Cambiar el tensor ubicado en la parte posterior del cuerpo del boom.**

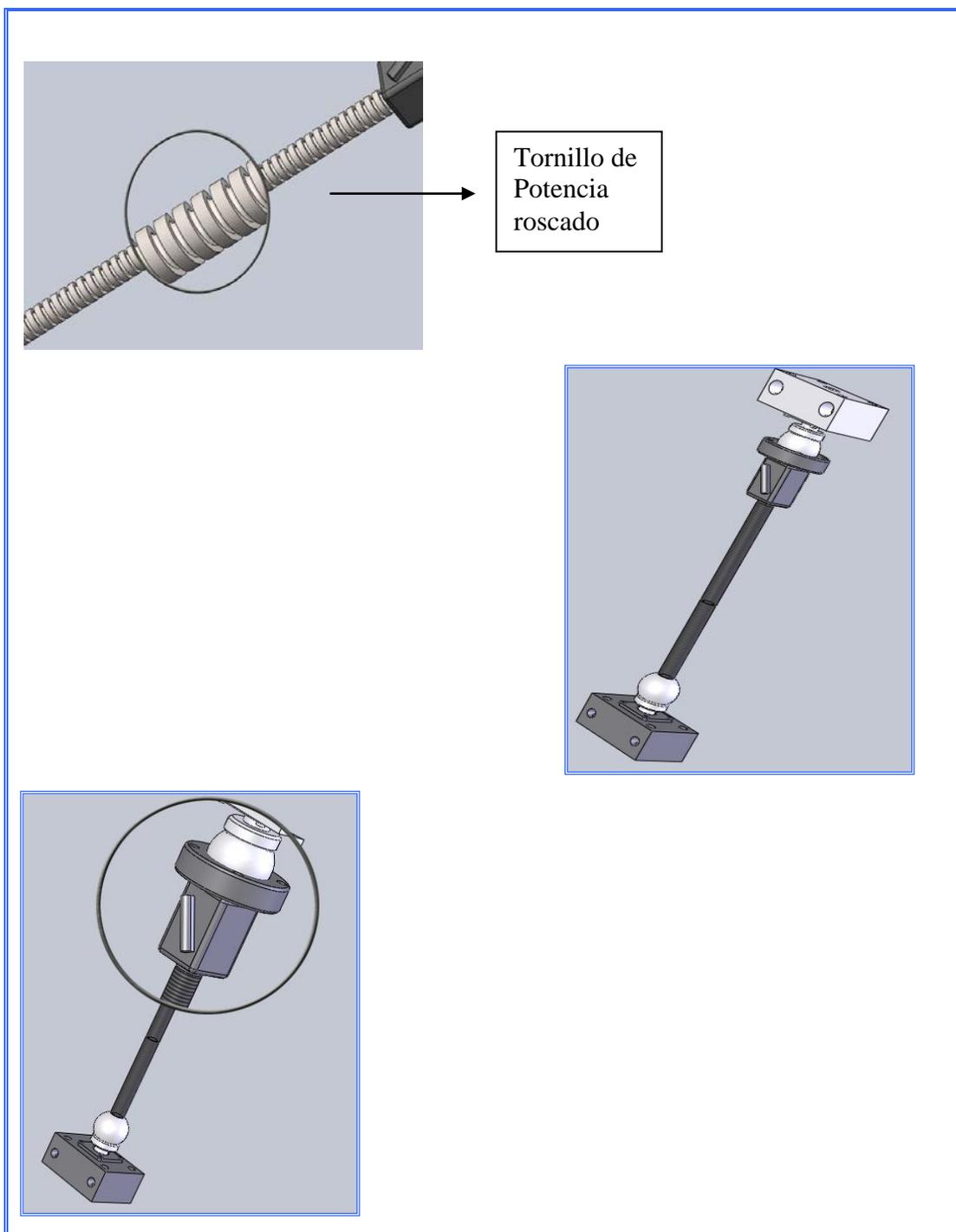
Consiste en sustituir el tensor colocado en el cuerpo del boom (en la parte posterior de la mesa de conformación), por un tornillo con rosca de potencia (rosca cuadrada). Esto para evitar el desajuste de las tuercas del cuerpo del boom que provocan el desplazamiento de la altura de los rodillos del boom y por ende la variación excesiva en el perímetro del tubo que se comienza a fabricar.



**Figura 5.9:** Tensor actual en el cuerpo del boom



En el siguiente plano se muestra el tornillo roscado referido anteriormente.



**Figura 5.10:** Tornillo de potencia propuesto.

**Beneficios de la propuesta:**



➤ Reducción de tiempo de ajuste del boom de conformación

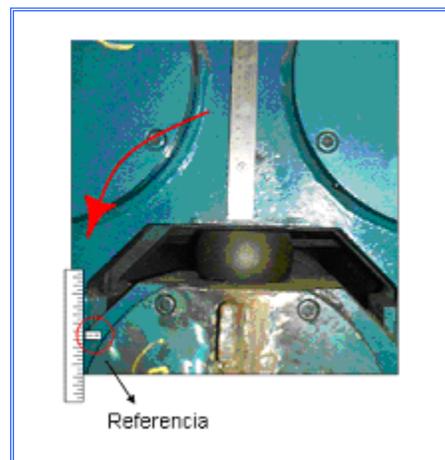
El cambio del tensor ubicado en el cuerpo del boom, por un sistema de rosca con potencia, reducirá el tiempo invertido en los ajustes del cuerpo del boom, esto gracias a que a través del sistema rosca de potencia se obtendrá un mejor posicionamiento en un movimiento axial y una mayor fijación garantizando que no se produzcan desplazamientos de la posición fijada y así evitar el retrabajo en cuanto a colocación de altura, producto de desplazamientos en el cuerpo del boom.

• **Colocar reglas graduadas para la mesa de conformación y tren de enderezado:**

Con el objetivo de facilitar y evitar errores en la medición, la toma de distancias y toma de lecturas en el tren de enderezado, rodillos de entrada y contrafuerza, se propone:

**Para el tren de enderezado** la construcción de una regla graduada de aluminio de 15 cm. de longitud, 0,3 cm. de espesor y ancho de 2cm.

La regla será ubicada en el extremo inferior derecho del tren de rodillos, a un distancia de referencia ubicada entre el primer y segundo rodillo superior e inferior respectivamente.



**Figura 5.11:** Colocación de reglas graduadas en Tren de enderezado



**Para los rodillos de contrafuerza**, la construcción de una regla de metal de 60 cm. de longitud, espesor 0.2, cm. y ancho de 2cm. Su ubicación será sobre la mesa de conformación.

**Para los rodillos de Entrada**, la fabricación de una regla metálica de 10 cm. de longitud, 0,2 cm. de espesor y ancho de 2 cm.

A continuación se muestra la ubicación de las mismas sobre la mesa de conformación



**Figura 5.12:** Reglas graduadas en mesa de conformación.

### **Beneficios de la propuesta:**

- Reducción de tiempos de medición y ajuste

La incorporación de una escala de medición en la mesa de conformación y tren de enderezado reducirá el tiempo invertido en la actividad permitiendo que la medición y ajuste se realice de forma simultánea, lo cual agiliza la colocación de los parámetros en este caso de las distancias correspondientes, reduciendo los errores que puedan cometer los operarios en la medición y por consiguiente permite reducir el tiempo de ajustes posteriores.

- **Utilizar carros Porta-Herramientas:**

El buscar herramientas de trabajo, es una tarea tediosa para el operario y constituye una demora en la mayoría de las operaciones de la puesta a punto. El tiempo que invierte el operario en la búsqueda de herramientas, aumenta la duración de las operaciones y además las hace muy variables. Durante el estudio se presentaron casos de búsqueda de herramientas de



hasta 30 min, ya que algunas de ellas se encuentran en oficinas de otros departamentos como Mantenimiento que se encuentran retirados del área. Es por ello que se sugiere utilizar 3 carros porta herramientas que contengan todas las herramientas requeridas en la puesta a punto, y que la solicitud de herramientas se realice con anticipación.

Dos de los carritos portaherramientas estarán ubicados a ambos lados de la máquina y podrán desplazarse sobre el piso desde la salida del tren de enderezado hasta la mesa de conformación, un tercer carrito se utilizará para desplazarse a lo largo del bastidor de salida.

Los carros porta herramientas propuestos serán fabricados en metal y de dimensiones (75 x 50 x 100) cm, los cuales constarán de 4 ruedas de goma y 4 manillas, una de cada lado para que el operador la tome y la traslade en las diferentes direcciones. En la parte superior del carro se dispondrán el juego de llaves allen utilizadas en la mayoría de las operaciones, destornilladores, cinta métrica, gramil; ordenadas por tamaño y dibujadas sobre la mesa para identificar el lugar donde serán vueltas a colocar una vez que son utilizadas,. La parte inferior cuenta con 2 repisas para ubicar herramientas más grandes como mandarrías, llaves de impacto, ganchos de grúa.

En la siguiente figura se muestra el diseño y sus respectivas dimensiones

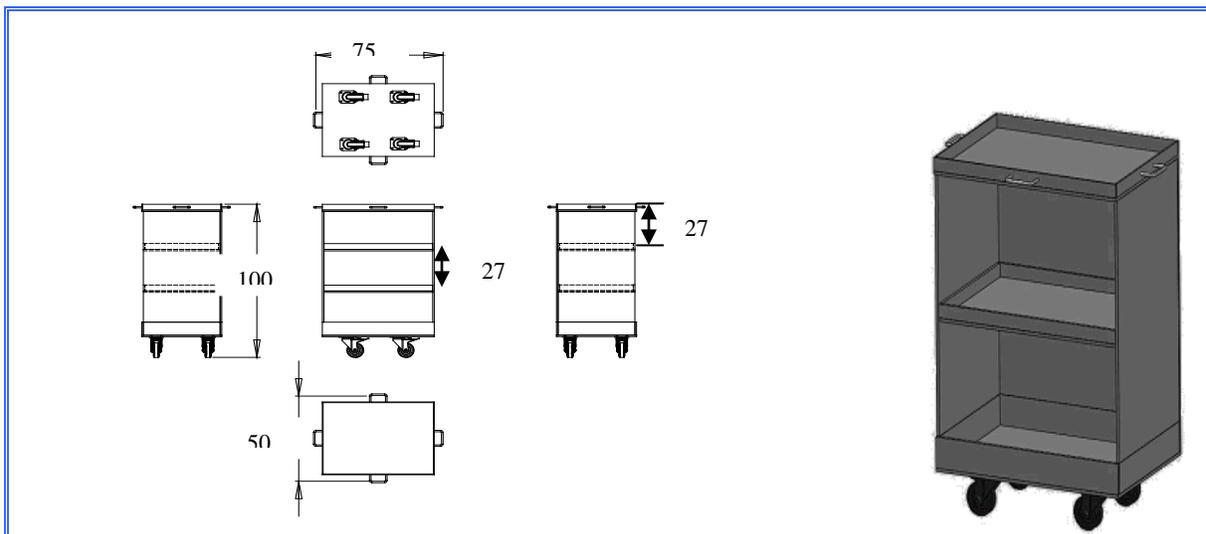


Figura 5.13: Carro Porta-herramientas



### **Beneficios de la propuesta:**

- Disminución del tiempo en la búsqueda de herramientas

El uso de carros portaherramientas evitara los desplazamientos que debe realizar el operario y reducirá el tiempo invertido en la búsqueda de herramientas.

Adicionalmente se describen otras oportunidades de mejora para la reducción del tiempo de puesta a punto:

- **Estandarización del procedimiento de puesta a punto.**

La estandarización es el paso seguido a las propuestas planteadas para la disminución de tiempos de puesta a punto. Lo que se busca es contar con un único procedimiento de trabajo con el fin de lograr que todo el personal involucrado en estas actividades las realice de un mismo modo y así lograr el mismo resultado. El proceso de estandarización propone la implantación de un procedimiento definido por tareas específicas que buscan cumplir un cierto objetivo y que seguido paso a paso repercutirá en el resultado deseado, independientemente de por quién sea realizado. Para cumplir con estos objetivos se elaboró un manual de procedimientos el cual indica a los operarios como realizar todas las operaciones siguiendo un método definido en la estación de trabajo, de fácil comprensión y que servirá de apoyo para el adiestramiento de nuevos operarios, siendo así un recurso de información y capacitación.

El manual de operaciones tiene el propósito de guiar a los operarios en la preparación de la máquina, con responsabilidades claramente definidas en cuanto a las actividades a realizar al momento de ocurrir un cambio de Orden de Trabajo, y evitar los repetidos ajustes en los parámetros de conformación de la máquina.

El manual de puesta a punto de la máquina 1 comprende dentro de su contenido preliminar información sobre el área de trabajo como: ubicación, personal requerido, estación de trabajo, mapa del proceso, así como también especifica los equipos y herramientas a utilizar, materiales y requerimientos de seguridad y condiciones ambientales necesarias para el adecuado desarrollo de las actividades.

En la sección siguiente se describen las instrucciones a seguir para la puesta a punto de la máquina 1, en la cual se presentan paso a paso las



actividades a realizar con información visual como fotos, fórmulas y gráficos necesarios para facilitar el cumplimiento de las actividades.

Para la elaboración del manual en una primera etapa se llevó a cabo la captura de imágenes y posteriormente a través de una fase de entrevistas a operadores de la estación y supervisor del área, se definió el método más apropiado para la ejecución de las operaciones, incorporando cada una de las propuestas de mejora que se plantearon anteriormente.

El manual de puesta a punto será utilizado en la estación de trabajo y el personal que allí opera tendrá acceso directo al recurso, ya que será colocado en cartelera como material informativo y será un requisito el conocimiento del mismo, para los operadores de la máquina. También podrá ser utilizado como aporte para cualquier departamento de la empresa a través de su red interna.

En el Anexo 7 se encuentra el Manual de Puesta a Punto de la Máquina 1. Línea Helicoidal IMOSA tuboacero fabricación C.A.

#### **Beneficios de la propuesta:**

- Reducción de tiempo de duración de las operaciones
- Simplificación de las actividades
- Mejora de la calidad de fabricación
- Facilidad para la evaluación del desempeño de los operarios

#### **• Aplicación de la Metodología 9S en el Área de Trabajo**

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior, se logró detectar como causa de actividades que tienen mayor incidencia en la duración de la puesta a punto, la falta de organización y ubicación de los implementos necesarios para la ejecución de las operaciones en el área de trabajo, es por ello que con el fin de disminuir la repercusión que tiene dicha causa en el desarrollo de las actividades se propone la implementación de la metodología 9S en el área de trabajo, así como en los carros portaherramientas a utilizar para facilitar las operaciones.

Enmarcados en esta metodología se plantean las siguientes propuestas:



- Seiri

En esta etapa y en correspondencia a la metodología, se llevó a cabo el registro de las herramientas del área de estudio, identificando las necesarias y clasificando según tamaño, tipo de herramienta y la frecuencia de su utilización.

A continuación se muestran las herramientas utilizadas en el área de trabajo:

**Tabla 5.2.** Herramientas utilizadas en el área de trabajo y su frecuencia de uso.

Herramienta	Tipo	Tamaño	Cantidad	Unidad	Frecuencia de uso de la herramienta			
					Diario	1 vez por semana	2 veces por semana	1 vez al mes
Llave	Allen	6	1	mm				
	Allen	8	2	mm				
	Allen	10	2	mm		✓		
	Allen	12	2	mm		✓		
	Allen	18	1	mm		✓		
	Allen	28	1	mm	✓			
	Allen	30	1	mm	✓			
	Allen	(3/18)	2	pulg			✓	
	Allen	(1/4)	1	pulg			✓	
	Allen	(3/8)	2	pulg			✓	
	Allen	(3/4)	1	pulg	✓			
Llave Impacto	Neumática	(1/2)	2	Pulg				
Destornillador		6	pulg	4	✓			
Cinta métrica		5	2	m	✓			
Cinta métrica		10	2	m		✓		
Alicate		8	2	pulg	✓			
Nylon		2		m				✓
Varilla		1	1	m		✓		
Goniómetro			3	Grados				✓
Esmeril			2		✓			
Gramil			1					✓
Mandarria			1					✓
Plantilla curva			3					✓
Trapos de algodón			3		✓			
Tiza		Mediano	3		✓			

**Fuente:** Elaboración Propia



- **Seiton**

Como paso siguiente se tiene el organizar aquellas herramientas indispensables para el proceso de puesta a punto, y así facilitar la búsqueda de las herramientas en el área de trabajo. Lo que se propuso fue separar las herramientas cotidianas utilizadas en la puesta a punto del resto de las herramientas. Las utilizadas en la operación se dispondrán en los carros Porta-Herramientas previamente organizadas y así tener su disposición inmediata y evitar de este modo retrasos por desorganización.

En la siguiente tabla se distinguen las herramientas utilizadas en la puesta punto:

**Tabla 5.3.** Herramientas utilizadas en la puesta a punto

Herramienta	Tipo	Tamaño	Cantidad	Unidad
Llave	Allen	12	2	mm
	Allen	18	1	mm
	Allen	28	1	mm
	Allen	30	1	mm
	Allen	(3/8)	2	pulg
Llave Impacto	Neumática	(1/2)	2	pulg
Cinta métrica		5	2	m
Alicate		8	2	pulg
Nylon		2		m
Varilla		1	1	m
Goniómetro			3	Grados
Gramil			1	
Mandarria			1	

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Seiso**

Para la aplicación de este paso, se propone incorporar al carro porta-herramientas en su parte superior un tablero donde se forma visual se indique el lugar que ocuparán las herramientas de trabajo de mayor uso y menor peso, así como también en las divisiones interiores, unas pestañas de señalización para indicar el tipo de herramientas que ocupará cada división .

- **Seiketsu**

En este paso se busca tener una sincronía en el orden y organización y el cómo se siente el personal implicado en la aplicación de los 3 primeros pasos de la metodología. Se propone para llevar a cabo este paso, que una persona



que forma parte del equipo de trabajo sea designada para la supervisión de los pasos ya descritos y mediante entrevistas periódicas y directas se determinen los progresos del personal.

- **Shitsuke**

En la aplicación del método se busca incorporar como hábito en la rutina de trabajo la metodología ya que al implantar los pasos dentro de sus tareas cotidianas le permitirá al personal mejorar de forma consiente en la realización de sus actividades. Para el cumplimiento de este paso se propone la realización de charlas informativas sobre la metodología y las mejoras que proporciona su aplicación y beneficios que conlleva, como perfeccionamiento de las actividades y satisfacción personal por el cumplimiento de los objetivos.

- **Shikari**

En este paso se propone incentivar al personal en función del logro de los objetivos basados en la constancia.

- **Shitsukoku**

En este paso se propone capacitar al personal a través de talleres en los cuales se exponga la importancia de estar comprometido con las actividades a desarrollar ya que el tener un compromiso personal en el área de trabajo por la tarea realizada se reflejará en la eficiencia en la ejecución de las actividades, así como la calidad del producto fabricado.

- **Seishoo**

Se propone realizar actividades en conjunto entre supervisores y operarios, con el fin de que el trabajo sea realizado armónicamente.

- **Seido**

Corresponde al último paso de la metodología y el cumplimiento de este permite la estandarización del método de trabajo, para ello se propuso el manual de puesta a punto de la máquina 1, en el cual a través de un procedimiento de trabajo definido se garantizará la obtención de un producto de calidad.



## 5.2. Evaluación del impacto de las propuestas

La implementación de todas las propuestas de mejora, permite disminuir el tiempo en aproximadamente un 40% del tiempo total de la puesta a punto de la máquina

1. En la siguiente tabla se muestra el impacto de las mejoras propuestas:

**Tabla 5.4.** Impacto de las propuestas de mejora en el tiempo de puesta a punto

Operación N°	Descripción	Actual Tiempo (min.)	Propuesto Tiempo (min)
1	Cálculo de parámetros de conformación de la máquina	12	12
2	Colocación del ángulo de conformación en la máquina	47	47
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos.	158	128
4	Montaje de la bobina en la máquina	11	11
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado.	58	20
6	Desmontaje de fresas y Cambio de insertos en la fresas	300	95
7	Montaje de las fresas.	262	180
8	Avance de lámina hasta la mesa de corte	3	3
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	110	22
10	Ubicación de la bancada de las fresas	26	20
11	Calibrar el tren de tracción	12	12
12	Avanzar la lámina hasta los largueros guías	5	5
13	Introducir la lámina entre los rodillos del boom y de entrada.	42	42
14	Doblado de la lámina.	10	10
15	Corte de exceso de lámina	10	10
16	Ajustes de rodillos de contrafuerza	13	13
17	Alineación de la lámina con la junta.	11	11
18	Ajustes de rodillos de conformación	92	10
19	Soldadura manual interna	24	24
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	9	9
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	12	12
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	48	48
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina.	7	7
24	Corte del extremo del tubo	15	15
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	32	32
Total tiempo		<b>1329 min</b> ↑ 22 hr	<b>798 min</b> ↑ 13 hr

**Reducción del tiempo total: 531 min ↑ 9 hr**

Fuente: Elaboración Propia



A continuación se compara el tiempo de las actividades de puesta a punto del estado actual con las del estado propuesto en la tabla 5.5 y en la figura 5.14 se refleja para la situación actual.

**Estado Actual:**

**Tabla 5.5.:** Cuadro de actividades, duración y precedencia

Operación N°	Descripción	Tiempo (min)	Precedida por la operación N°:
1	Cálculo de parámetros de conformación de la máquina	12	
2	Colocación del ángulo de conformación en la máquina	47	1
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos.	158	2
4	Montaje de la bobina en la máquina	11	1
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado.	58	4
6	Desmontaje de fresas y cambio de insertos.	300	2
7	Montaje de las fresas.	262	6
8	Avance de lámina hasta la mesa de corte	3	7
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	110	8
10	Ubicación de la bancada de las fresas	26	9
11	Calibrar el tren de tracción	12	10
12	Avanzar la lámina hasta los largueros guías	5	11
13	Introducción de la lámina entre los rodillos del boom y de entrada.	42	12
14	Doblado de la lámina.	10	13
15	Corte de exceso de lámina	10	14
16	Colocar en posición los rodillos de contrafuerza	13	15
17	Alineación de la lámina con la junta.	11	16
18	Ajustes de rodillos de conformación	92	17
19	Soldadura manual interna	24	18
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	9	19
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	12	20
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	48	21
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina.	7	22
24	Corte del extremo del tubo	15	23
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	32	24
<b>Total tiempo</b>		<b>1329</b>	

Fuente: Elaboración propia



Diagrama de Gantt

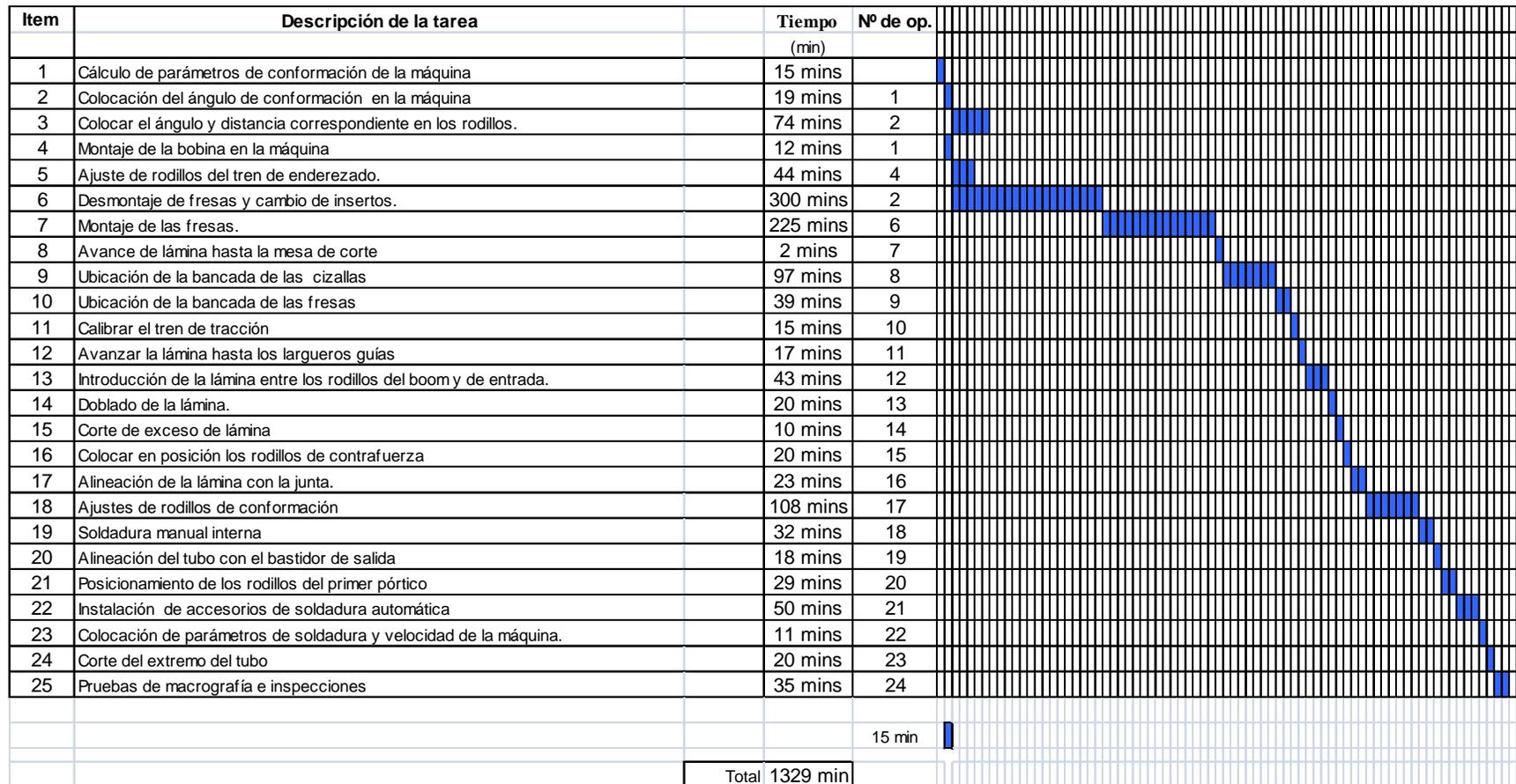


Figura 5.14: Diagrama de gantt de la puesta a punto. Estado actual.



**Puesta a punto con las propuestas de mejoras**

**Tabla 5.6.:** Cuadro de actividades, duración y precedencia

Operación N°	Descripción	Tiempo (min)	Precedida por la operación N°:
1	Cálculo de parámetros de conformación de la máquina	12	
2	Colocación del ángulo de conformación en la máquina	47	1
3	Colocar el ángulo y distancia correspondiente en los rodillos.	128	1
4	Montaje de la bobina en la máquina	11	1
5	Ajuste de rodillos del tren de enderezado.	20	4
6	Desmontaje de fresas y cambio de insertos.	95	2
7	Montaje de las fresas.	180	6
8	Avance de lámina hasta la mesa de corte	3	7
9	Ubicación de la bancada de las cizallas	22	8
10	Ubicación de la bancada de las fresas	20	9
11	Calibrar el tren de tracción	12	10
12	Avanzar la lámina hasta los largueros guías	5	11
13	Introducción de la lámina entre los rodillos del boom y de entrada.	42	12
14	Doblado de la lámina.	10	13
			14
15	Corte de exceso de lámina	10	
16	Colocar en posición los rodillos de contrafuerza	13	15
17	Alineación de la lámina con la junta.	11	16
18	Ajustes de rodillos de conformación	10	17
19	Soldadura manual interna	24	18
20	Alineación del tubo con el bastidor de salida	9	19
			20
21	Posicionamiento de los rodillos del primer pórtico	12	
22	Instalación de accesorios de soldadura automática	48	21
			22
23	Colocación de parámetros de soldadura y velocidad de la máquina.	7	
24	Corte del extremo del tubo	15	23
25	Pruebas de macrografía e inspecciones	32	24
	<b>Total tiempo</b>	<b>798</b>	

Fuente: Elaboración Propia



Diagrama de Gantt:

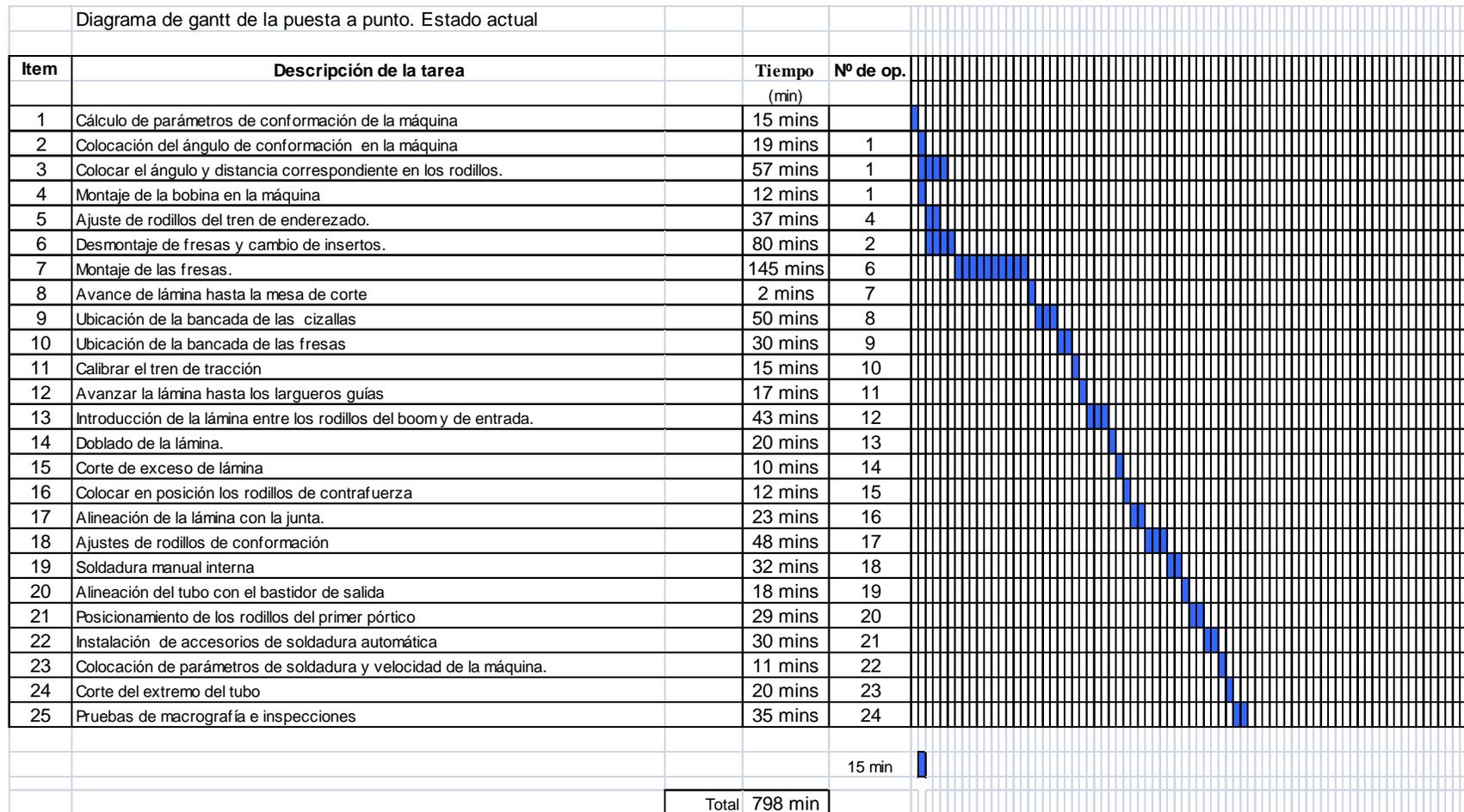


Figura 5.15: Diagrama de gantt de la puesta a punto. Estado propuesto



### 5.3 Impacto económico de las propuestas de mejora

Aunque no corresponde con los objetivos de la investigación, el análisis económico de las propuestas, se puede destacar que las mismas, no implican un desembolso importante, ya que la empresa cuenta con los recursos que se requieren para la implementación.

- **Costos estado actual**

En cuanto a la pérdida del material, se desperdician en una puesta a punto hasta una bobina de acero, la cual tiene un costo aproximado de 51.000 Bsf. De lo cual se recupera un 20% vendiéndola como chatarra, es decir, se terminan perdiendo 40.800 Bsf.

Además se considera una pérdida de aproximadamente 500 Bsf por desperdicio de fundente y 430 Bsf por desperdicio de electrodo.

Costo de mano de obra:  $250 \text{ Bsf/sem} \times \text{sem}/5\text{días} = 50\text{Bsf/día}$

En 3 días de duración de la puesta a punto y 6 operarios, se invierte en mano de obra: 900 Bsf.

Total costo estado actual: <b>42.630</b> Bsf.
---

- **Costos estado propuesto**

Hasta el momento en que se introduce la lámina entre los rodillos de entrada se consumen aproximadamente 9 horas, a partir de las cuales se comienza a desperdiciar material (acero, fundente, alambre).

En el estado propuesto restarían 4 horas que de acuerdo a la velocidad de la máquina en promedio de 0.70 m/min. Considerando 68 min sin avanzar la lámina:  $240-68= 172 \text{ min}$ .

En 172 min avanzaría 120 m de lámina. De lo cual, aplicando la fórmula:

Densidad =  $m/v$

Con  $v = \text{ancho} \times \text{espesor} \times \text{largo de desperdicio}$

Largo de desperdicio =  $120 \text{ m} - 12 \text{ m} = 108 \text{ m}$

$v = 1\text{m} \times 0,012\text{m} \times 108 \text{ m} = 1.29 \text{ m}^3$

$m = \text{densidad} \times \text{volumen} = 7850 \text{ Kg/m}^3 \times 1.29 \text{ m}^3 = 10126.5 \text{ Kg} = 10.12 \text{ ton}$ .

El costo por tonelada es de aproximadamente 3.000 Bsf.



De lo cual se pierden:  $10.12 \text{ ton} \times 3000 \text{ Bsf/ton} = 30.379 \text{ Bsf}$

Además se considera una pérdida de aproximadamente 400 Bsf por desperdicio de fundente y 300 Bsf por desperdicio de electrodo.

Costo de mano de obra:  $250 \text{ Bsf/sem} \times \text{sem}/5\text{días} = 50\text{Bsf/día}$

En 2 días de duración de la puesta a punto y 6 operarios, se invierte en mano de obra: 600 Bsf.

### Costos de las mejoras

Rediseño del sistema de las fresas: 1.569 Bsf

Tornillo de potencia en las cizallas: 1.260 Bsf

Cambio del tensor: 800 Bsf.

Regletas graduadas: 100 Bsf.

Carritos porta herramientas: 900 Bsf.

Entrenamiento del personal para la aplicación de las 9S: 1000 Bsf.

Elaboración del manual de puesta a punto: 1500 Bsf.

Total costo estado propuesto: **38.808 Bsf**

- **Beneficios de la propuesta**

Tiempo: se ahorran 9 horas invertidas en la puesta a punto, las cuales pueden ser usadas en la producción, tomando en cuenta que la máquina 1 fabrica 12 tubos por turno de 8 horas los cuales pueden ser despachados al cliente y facturarse por un costo de 5.000 Bsf cada uno. Lo cual equivale a 60.000 Bsf.

Utilidad= Beneficio – costo

Utilidad=  $60000 - 38808 = 21.192 \text{ Bsf}$ .

# CAPÍTULO I

## CAPÍTULO II

# CAPÍTULO III

# CAPÍTULO IV

# CAPÍTULO V

# ANEXOS



## Conclusiones

- Se logró reducir con las propuestas de mejoras diseñadas un 40 % el tiempo de puesta a punto de la maquina 1, permitiendo cumplir con el objetivo planteado.
- Se describieron las actividades de la puesta a punto de la máquina 1, lo cual permitió llevar a cabo el análisis de la situación actual y detectar las oportunidades de mejora.
- Las propuestas de mejora del método de trabajo conjuntamente con el diseño de dispositivos mecánicos incidió positivamente en la reducción del tiempo de puesta a punto de la máquina 1.
- A través del manual de puesta a punto se cuenta con un único procedimiento de trabajo con responsabilidades claramente definidas para el personal involucrado en el proceso de cambio de la máquina 1.
- Una manera práctica de detectar las oportunidades de mejoras es mediante la realización de entrevistas con el personal que está involucrado directamente con el proceso. Los aportes de este personal experto contribuye en la generación de ideas para obtener mejoras en la preparación de la máquina 1.
- El encontrar rápidamente las herramientas, disponer de todos los equipos, lugar de trabajo limpio, y contar con elementos visuales que permitan el mejor ajuste, son beneficios que trae consigo la aplicación sistemática de las “9S” para mejorar el ambiente de trabajo y agilizar el proceso de cambio estudiado.



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO  
DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

---

- Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo.



### Recomendaciones

- Implementar todas las propuestas de mejoras diseñadas en este estudio.
- Realizar reuniones entre supervisores y operarios donde se dé a conocer la importancia de la implementación de las propuestas de mejora diseñadas y los beneficios que originan, tanto para la productividad de la empresa como para el ambiente laboral.
- Planificar la utilización del puente grúa, con el fin de eliminar las demoras ocasionadas, por la espera del equipo.
- Realizar talleres y charlas de adiestramiento al personal para dar a conocer el manual de puesta a punto y los métodos de trabajo más convenientes a utilizar.
- Continuar con el estudio de la reducción de la puesta a punto, para ello se sugiere llevar registros históricos de los tiempos y parámetros de cambio en cada orden de trabajo.
- Tomar en cuenta la ergonomía en el diseño de los dispositivos y mejoras que a futuro se puedan implementar.



## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias bibliográficas:

Barroeta, M, 2007. Propuesta de Mejoras para la Disminución de Tiempos de Puesta a Punto de Máquinas de Impresión de Pailas (Caso: Cervecería Polar Planta Metalgráfica). Trabajo de Grado. Universidad de Carabobo.

Burgos, S, 1999. Ingeniería de Métodos. 2<sup>da</sup> Edición. Dirección de Medios y Publicaciones. Universidad de Carabobo.

Burgos, S, 2005. Ingeniería de Métodos. 5<sup>ta</sup> Edición. Dirección de Medios y Publicaciones. Universidad de Carabobo.

Fernández, 2002, Producción, Procesos y Operaciones. Cedido por UCh RR.HH. portal de estudiantes de RR.HH.

Hernández, 2004, Montaje y Calibración de Máquinas Helicoidales de la empresa IMOSA TUBOACERO FABRICACION C.A. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela.

Lefcovich, 2003, La Mejora Continua aplicada a la calidad, la productividad y la reducción de costos.

Lugo, M. 2006. Reducción del Tiempo de Puesta a Punto de una Máquina de Formación de Envases de Vidrio (Empresa VIDRIOLUX, C.A.). Trabajo de Grado. Universidad de Carabobo.

Shigeo Shingo, 1993, Una Revolución en la Producción: el sistema SMED, Tecnologías de Gerencia y Producción S.A. 3a Edición.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Manual de trabajos de Grados de Maestrías y tesis doctorales.

Walton, 1989, Edwards Deming, Productividad y Competitividad: La salida de la crisis. Editorial: Díaz de Santos.



**Páginas de internet consultadas:**

[http://www.peru-v.com/ingenieria/gestion\\_construccion/concepto\\_de\\_desperdicio.html](http://www.peru-v.com/ingenieria/gestion_construccion/concepto_de_desperdicio.html),

(consultado el 25/05/2009)

<http://tgrajales.net/investipos.pdf>, (consultado el 25/05/2009)

<http://www.uch.edu.ar//rrhh>, (consultado el 12/06/2009)

<b>IMOSA</b> TUBOACERO FABRICACIÓN C.A.			<b>INSTRUCCIÓN DE TRABAJO IMOSA</b>		
<p>TITULO:</p> <p><b>PROCEDIMIENTO DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA HELICOIDAL Nº 1</b></p>					
Nº CONTROL					
REV.	FECHA DE REVISIÓN	OBJETO	TOTAL PAGINAS	REVISADO	APROBADO
0		Emisión Original	20	GEPRO	

**TABLA DE CONTENIDO.**

<b>SECCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PAGINA</b>
-	PORTADA.	1
-	TABLA DE CONTENIDO.	2
1	Ubicación	3
2	Personal Requerido	3
3	Estación de Trabajo	3
4	Equipos y/o herramientas requeridas	4
5	Materiales	4
6	Documentos de Referencia o Conexos	4
7	Requerimiento de Seguridad y Condiciones Ambientales	5
8	Instrucciones	5-19

<b>UBICACIÓN</b>	<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	<b>ESTACION DE TRABAJO</b>
------------------	---------------------------	----------------------------

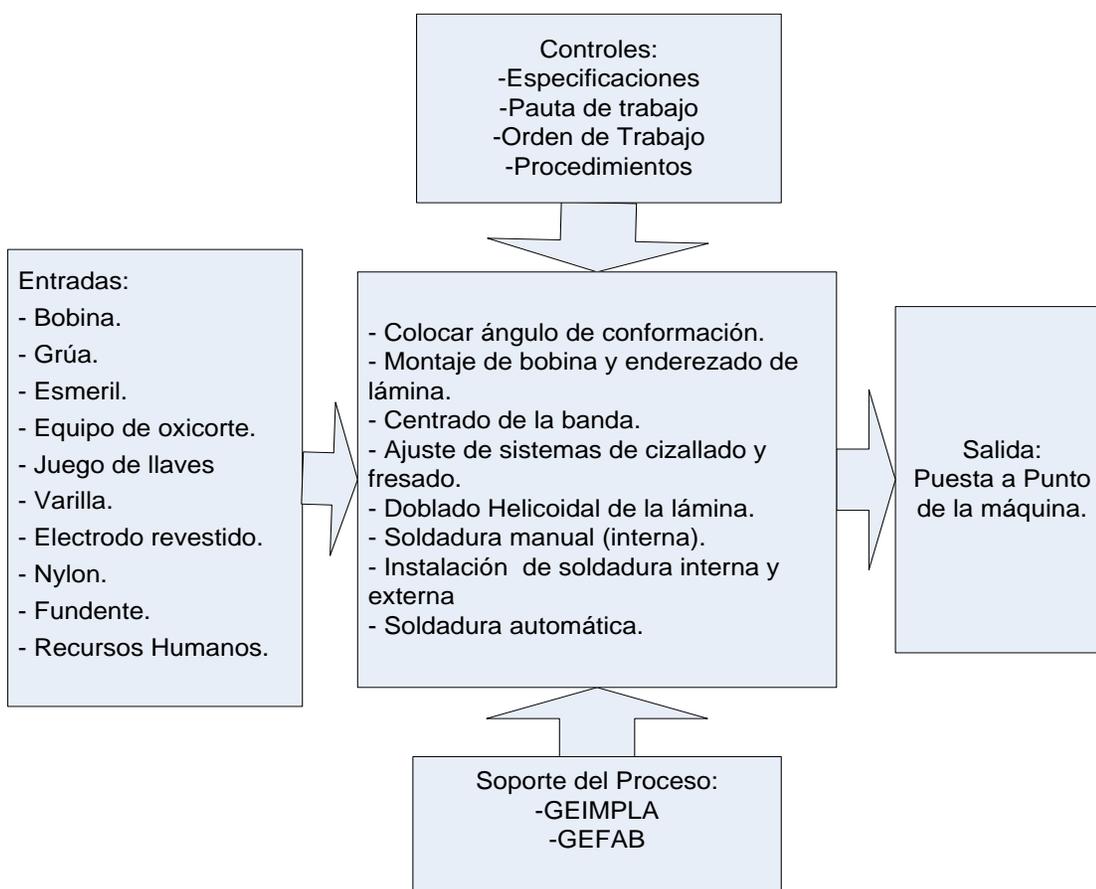
Galpón N° 8

6 personas

N° 1

## MAPA DEL PROCESO

### PROCESO: Puesta a Punto de la Máquina Helicoidal N° 1



- EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS REQUERIDAS.

- Maquina Helicoidal.
- Grúa Puente.
- Señorita.
- Juego de llaves.
- Llave de impacto.
- Cinta métrica
- Gramil.
- Destornilladores
- Cilindro hidráulico portátil.
- Mandarria.
- Esmeril.
- Equipo de oxicorte.
- Barra de acero.
- Goniómetro
- Máquina de soldar.
- Plantilla curva.

● **MATERIALES.**

- Bobina.
- Varilla.
- Electrodo revestido.
- Nylon.
- Tiza.
- Fundente.

● **DOCUMENTOS DE REFERENCIA O CONEXOS.**

- Plan de la Calidad IMOSA-GEAC-2-04.
- Normas de Higiene y Seguridad de la Empresa.
- Soldadura interna del tubo. IMOSA-GEFAB\_H-6-03

● **REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y CONDICIONES AMBIENTALES**

- Guantes, lentes, cascos, calzado de seguridad, protectores auditivos.
- Cumplir con las Normas de Higiene y Seguridad Industrial de la Empresa.
- Estación de trabajo ordenada y limpia antes, durante y después de llevar a cabo esta instrucción de trabajo.

#### • INSTRUCCIONES PARA LA PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA

La cuadrilla de trabajo debe estar formada por 6 operarios, a continuación se describen las actividades a llevar a cabo:

1. El supervisor de la máquina realiza los cálculos correspondientes a los parámetros de conformación de la máquina.
2. Dos operarios deben colocar el ángulo, calculado previamente por los supervisores de la máquina, en el bastidor de entrada, seguidamente, otros dos operarios deben colocar los rodillos de entrada, del boom, de contrafuerza a dicho ángulo y distancia correspondiente, así como también la ubicación del inversor. Los rodillos del bastidor de salida, serán ajustados al ángulo por otros 2 operarios.

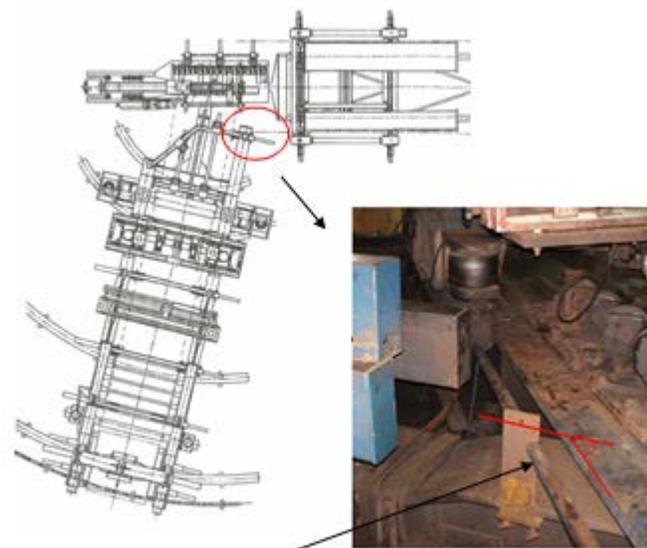
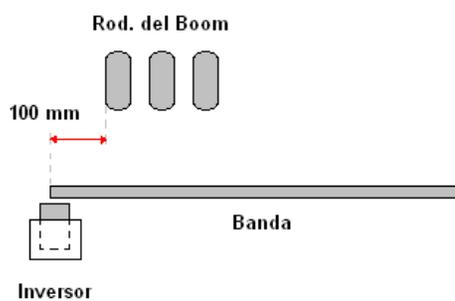
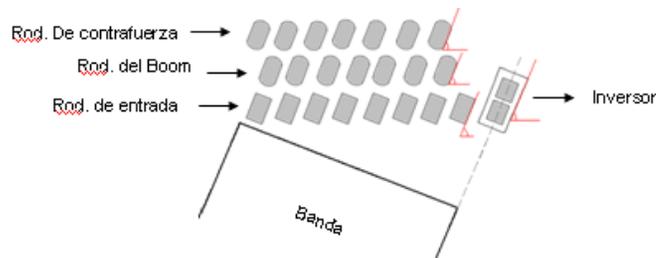
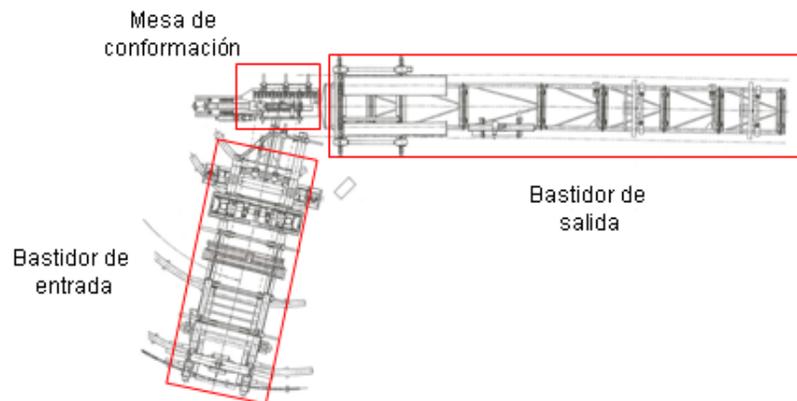
El ángulo se obtiene mediante la fórmula:

$$\cos(\alpha) = \left( \frac{\text{AnchoNeto}}{(\text{Dext} - \text{Esp}) * \Pi} \right)$$

Donde: *Dext* = diámetro externo de la tubería

*Esp* = espesor de la lámina

*Ancho neto* = ancho de la lámina después del corte de las fresas



**Ángulo de conformación de la máquina según las dimensiones de la banda**

Diámetro (Pulg.)	Espesor (mm)	Ancho Neto (mm)	Angulo de conformación
20	9.53	985	51.15°
	11.13	975	51.20°
24	11.91	1025	56.54°
	17.48	1080	54.50°
26	11.91	1030	59.37°
	12.70	1035	59.25°
30	9.53	1130	61.26°
	11.13	1030	68.43°
		1035	64.50°



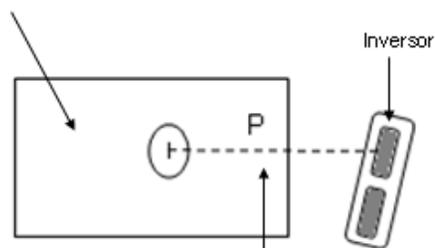
Distancia de los rodillos de entrada



Distancia de los rodillos de contrafuerza

$$P = \frac{1}{2} \left[ \frac{\text{Ancho\_neto}}{\text{sen}(\alpha)} \right]$$

Mesa de Conformado



Ubicación del Inversor

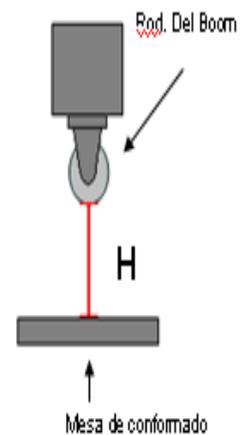
3. Para ajustar la altura de los rodillos del boom, dos operarios desajustan las tuercas del boom utilizando una llave de impacto y colocan los suplementos necesarios. Un tercer operario debe verificar la altura de los rodillos, utilizando para ello un gramil y cinta métrica.



Suplementos del Boom

$$H = 254 \text{ mm} + \text{suplementos del Boom (mm)} - B$$

B = Factor de deformación de 3 a 5 mm



Altura del Boom

A continuación se muestran registros de parámetros de la mesa de conformación, de los que se pueden tomar los valores para simplificar cálculos.

**Parámetros de la mesa de conformación. Tabla 1**

Diámetro (Pulg.)	Espesor (mm)	Material	Suplementos del boom (mm)
16	12.7	X-42	12
20	9.53	G-B	10
	11.3	X-60	10
	12.7	G-B	12
24	11.91	X-65	10
	17.48	G-B	10
26	11.91	X-65	10
	12.7	X-52	10
30	9.53	X-60	8
		X-52	10
		G-B	8
	11.13	X-60	10
36	11.13	X-60	10

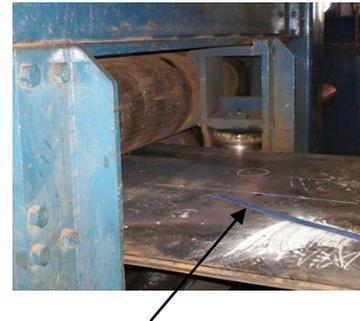
**Parámetros de la mesa de conformación. Tabla 2**

Diámetro (Pulg.)	Espesor (mm)	Material	Dist. Rod. Entrada (mm)	Dist. Rod. Contrafuerza (mm)	Altura del Boom (mm)
16	12.7	X-42	183	459	262
20	9.53	G-B	179	448	260
	11.3	X-60	179	448	260
	12.7	G-B	179	448	260
24	11.91	X-65	117	439	260
	17.48	G-B	177	444	258
26	11.91	X-65	176	434	262
	12.7	X-52	183	434	260
30	9.53	X-60	173	418	258
		X-52	173	423	260
		G-B	173	418	260
	11.13	X-60	173	423	258
36	11.13	X-60	172	420	260

- Montar la bobina sobre el portabobina, esta operación la realizan 2 operarios, uno de ellos utilizando el puente grúa. El segundo operario debe sujetar la lámina con los rodillos de desenrollado, accionando los cilindros hidráulicos que controlan el ascenso y descenso de los mismos. Con la ayuda de los rodillos de desenrollado, avanzar la lámina a través del tren de enderezado y hasta la mesa de empalme, donde se debe realizar el corte de 2.5 m de la lámina.
- Levantar los rodillos de desenrollado, centrar la banda con respecto al centro del bastidor de entrada desplazando las mordazas hidráulicas del portabobinas ubicando los rodillos de centrado de acuerdo al ancho bruto de la lámina hasta alinear la banda con el centro del bastidor de entrada.



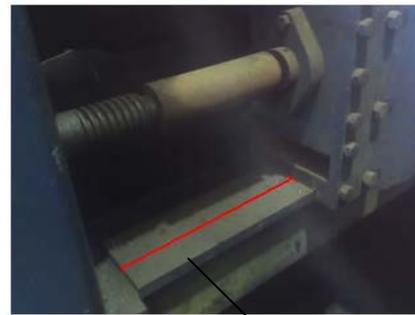
Marca de referencia en el bastidor de entrada



Centro de la banda



Rodillo de Centrado



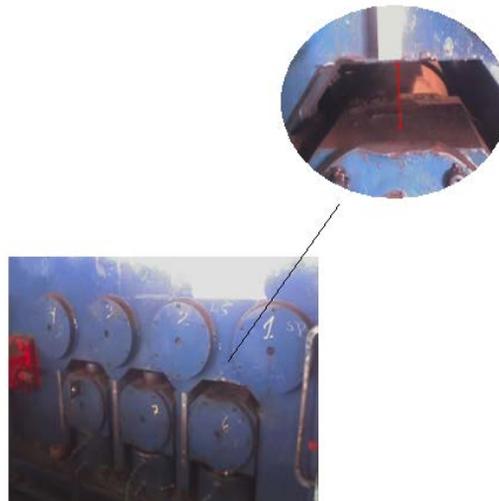
Distancia de los  
rodillos de Centrado

Mordaza Izquierda



La bobina se desplaza a los lados mediante mordazas accionadas por cilindros hidráulicos que permiten al operador alinear el centro de la bobina con el del bastidor de entrada.

6. Ubicar los rodillos del tren de enderezado de acuerdo al espesor de la bobina, esta operación la realiza un operario accionando los controles de la máquina.



Separación de los rodillos de Enderezado

Notas:

Los rodillos están enumerados de izquierda a derecha en cada lado de la máquina.

7. Dos operarios deben desmontar las fresas utilizando el sistema de izamiento, luego sustituir por las fresas preparadas con nuevos insertos, ésta fresa debe ser desplazada utilizando el puente grúa y proceda al montaje de las mismas con ayuda del sistema de izamiento acoplado a la máquina.
8. Seguidamente se debe avanzar la lámina hasta las cizallas y ubicar las mismas con ayuda del tornillo de potencia, desplazando la bancada sobre su corredera para realizar un corte de 15 mm por debajo del ancho neto. Observe la medida indicada en las reglas graduadas. Esta operación la realizan 2 operarios.
9. Avanzar la lámina hasta las fresadoras y ubicar las mismas para realizar un corte de 2.5 mm cada una. Observe la distancia en la regla graduada ubicada al pie de la bancada.



Distancia de la fresadora

10. Calibrar el tren de tracción de acuerdo al espesor de la plancha y liberar el tren de desenrollado, esto accionando los controles de la máquina.



Tren de tracción

11. Avanzar la banda hasta los largueros guías, verificar el centrado de la banda.



Largueros guías

12. Un operario debe retirar los rodillos de contrafuerza e introducir la plancha entre los rodillos del boom y los de entrada para realizar la operación de doblado de forma manual.

La operación de doblado manual consiste en, una vez que la plancha pasa a través de los rodillos respectivos, un operador hace una perforación en el extremo de la plancha donde se inserta el gancho del puente grúa y posteriormente es levantado con la ayuda del

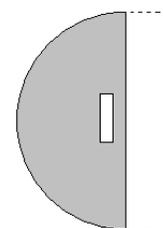
mismo.



Una vez alcanzada la curvatura se colocan en posición los rodillos de contrafuerza.

13. Un operario corta el exceso de la plancha a la salida de los rodillos de contrafuerza y se avanza la lámina hasta formar una media circunferencia. Seguidamente se chequea el diámetro interno del tubo utilizando una cinta métrica o una plantilla para chequear la curvatura requerida.

En caso de que el diámetro interno se encuentre por encima del Nominal se aumenta la distancia de los rodillos de contrafuerza, en caso contrario se debe disminuir dicha distancia.



Plantilla

14. Una vez alcanzado el diámetro deseado, se avanza la lámina hasta completar la circunferencia del tubo, colocar una cadena alrededor del tubo en la mesa de conformación y alinear la punta de la banda con la junta.



15. Avanzar la banda, soldar internamente sobre el inversor en pasos de no más de 100 mm, medir el perímetro.

En caso de no ser el deseado ajustar la distancia de los rodillos de contrafuerza según lo descrito en el paso 9.



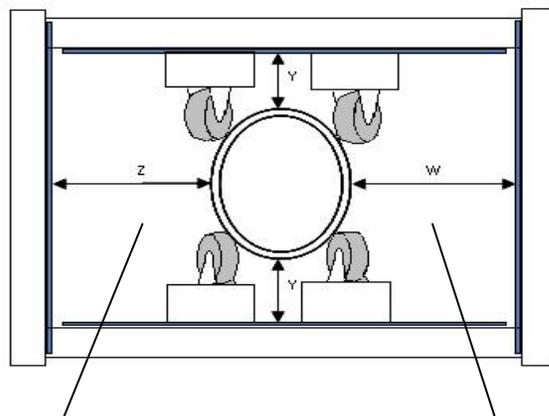
16. Se realiza una perforación en un extremo del tubo, se introduce el gancho de una “señorita” para alinear el tubo a través del pórtico de salida.

Se repite el paso 12 hasta que el tubo llegue hasta al primer pórtico de salida.



17. Dos operarios deben posicionar los rodillos del primer pórtico para fijar la alineación del tubo con respecto al bastidor de salida.

Una vez que los rodillos del primer pórtico estén en posición, Se repite el paso 12 hasta que el tubo llegue hasta el segundo pórtico, donde también se deben posicionar los rodillos a la misma medida.



Lado izquierdo  
de la máquina

Lado derecho  
de la máquina

$$Y = 4" \pm \frac{1}{4}$$

$$W = \left( \frac{126" - D_{ext} \text{ (Pulg.)}}{2} \right) - 1"$$

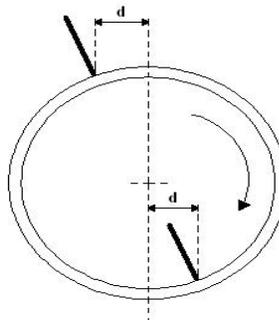
$$Z = \left( \frac{126" - D_{ext} \text{ (Pulg.)}}{2} \right) + 1"$$

Diámetro (Pulg.)	W (Pulg.)	Z (Pulg.)	Y (Pulg.)
16	54	56	4" +/- 1/2"
20	52	54	
24	50	52	
26	49	51	
30	47	49	
36	44	46	

18. Un operario debe abrir una ventana, con el fin de que otro operador instale los accesorios de soldadura interna y los de la externa.



El stickout, (extensión del alambre) debe ser aproximadamente de 1 pulgada. La antorcha de soldadura debe tener un ángulo de inclinación de 10° a 15° con respecto a la vertical y en el sentido contrario a la rotación del tubo, también debe existir un desplazamiento aproximado (d) del la punta del electrodo como se muestra en la figura.



Desplazamiento aproximado "d" del alambre

19. Eliminar la punta del tubo, colocar la velocidad de avance, los parámetros de cada soldadura (voltaje y amperaje) y soldar en automático aproximadamente 6 metros.
  
20. Eliminar el tubo soldado manualmente, cortar muestras de la soldadura para la realización de pruebas de macrografía y cortar un anillo de 150 mm para una prueba de tensión residual.





Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA 1 DE LA  
LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

**Tutora:**

Dra. Florangel Ortíz

**Autoras:**

Mariam Díaz C.I 14.860.956

Liliana Pérez C.I 15.865.256

Valencia, enero, 2010



Universidad de Carabobo  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



**DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA 1 DE LA  
LÍNEA HELICOIDAL  
(IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo, para optar al Título de Ingeniero Industrial

**Tutora:**  
Dra. Florangel Ortíz

**Autoras:**  
Mariam Díaz C.I 14.860.956  
Liliana Pérez C.I 15.865.256

Valencia, enero, 2010



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



## CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros los abajo firmantes, Miembros del Jurado, designados por el Consejo de Escuela para Evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado “Disminución de tiempos de puesta a punto de la máquina 1 de la línea Helicoidal (IMOSA Tuboacero Fabricación C.A)”, realizado por las Brs. Mariam Díaz, C.I. 14.860.956, y Liliana Pérez, C.I. 15.865.256, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Florangel Ortiz  
Tutor

Prof. Crisdalith Cachut  
Jurado

Prof. Carlos Martínez  
Jurado

## Agradecimiento

Expreso mi gratitud primeramente a Dios por guiarme con su luz cada día y permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres por apoyarme incansablemente y darme la estabilidad sentimental y económica para lograr este triunfo, gracias por sus esfuerzos que hoy se convierten una gran satisfacción y alegría, gracias por ser mi motivación y estar conmigo en todo momento.

A mis hermanos por apoyarme y motivarme a superarme cada día.

A mi novio por su apoyo incondicional, gracias por acompañarme en todo momento y luchar conmigo para alcanzar nuevas metas.

Agradezco a mi tutora académica Florangel Ortiz por el apoyo brindado en la realización de este trabajo y por sus consejos a nivel personal y profesional.

A mi tutor empresarial Julio Rincón, por su apoyo y aportes realizados a este trabajo y por ser parte de mi formación profesional.

A los profesores jurados Crisdalith Cachu y Carlos Martínez por las sugerencias realizadas a este trabajo.

A mi compañero Hender, a mis próximas colegas Karel y Adriana por sus aportes a la realización de este estudio.

A mis amigas y compañeras de clase: Milagros, Luzmely, Liliana, gracias por su amistad incondicional.

Mariam Díaz

## Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por ser mi guía y darme fuerzas en los momentos más importantes y difíciles y permitirme alcanzar este logro.

A mi madre y mi padre por cuidarme y brindarme su amor, consejos y por ser siempre parte de mi inspiración para superar los obstáculos y haber podido obtener esta meta.

A mi hermanito por ser mi guía y acompañarme a lo largo de mi carrera e impulsarme a ser mejor cada día.

A Arnoldito por siempre confiar en mí y ser parte importante en el cumplimiento de esta nueva meta.

Agradezco a mis tíos: María Estela y Klebert Aguilar por ser mis segundos padres y llenarme de motivación en el logro de mis objetivos académicos y personales.

A mis primas: (Marielkla y Karelis) por ser mis mejores amigas y acompañarme en cada uno de mis logros.

A mi novio Arles González por su incondicional apoyo, paciencia y compañía en este camino y por llenarme de fortaleza en la obtención de este logro.

A Andrés (muñequito) por su bonita amistad, su apoyo, comprensión y cariño de todos estos años, muchas gracias.

A mis amigos de la escuela de Mecánica: Habib y Alejandro, gracias por su apoyo, aportes a mi tesis y por su amistad.

A mis amigos de la escuela de Industrial: Víctor, Alberto, Luzmely, Milagros y Mariam, gracias por su amistad y su apoyo incondicional.

A mi tutora Florangel Ortiz por sus invaluable consejos y aportes en el desarrollo de la tesis así como a nivel profesional y desarrollo personal.

A los jurados Crisdalith Cachut y Carlos Martínez por las sugerencias realizadas a este trabajo.

Agradezco con especial cariño y respeto al señor Ávila encargado de la biblioteca de la escuela de Industrial por su apoyo y buena disposición a la hora de brindarme un consejo y una ayuda en el desarrollo de mi tesis, mil gracias.

Liliana Pérez

### Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo con mucho amor a las personas más importantes de mi vida: a mis padres: Marínela Ponce y Alberto Díaz, a mis hermanos: Deyvis, Minerva y Edzon, a mis sobrinos: Edzon, Eduardo, José y a los que están por venir. A mi novio Edgar Pérez y muy especialmente a la memoria de mi abuela María Lorenza Ponce.

Mariam Díaz

### Dedicatoria

Este trabajo de grado se lo dedico con especial amor y cariño a la memoria de mi madre Blanca Lozada (Blanquita) la cual siempre fue y aun será mi especial motivación para la realización de todos mis logros y crecimientos como persona. También dedico este esfuerzo a mi hermano: Jesús Pérez, a mi padre: Luis Pérez y a la Familia Rodríguez Rangel en especial a la señora María y a Arnoldito por acompañarme en todo este trayecto que me permitió crecer y alcanzar mis metas.

Liliana Pérez



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



## DISMINUCIÓN DE TIEMPOS DE PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA 1 DE LA LÍNEA HELICOIDAL (IMOSA TUBOACERO FABRICACIÓN C.A)

**Tutora:** Dra. Florangel Ortíz

**Autoras:** Mariam Díaz, Liliana Pérez

### RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó en la empresa IMOSA Tuboacero Fabricación C.A, fabricante de tuberías de acero de gran diámetro, dirigidas especialmente a la industria petrolera. El proceso de puesta a punto de sus máquinas es complejo, y por lo tanto, consume gran cantidad de tiempo y esfuerzo, lo cual incide negativamente en su productividad. El caso más crítico es el de la máquina 1 de la línea de soldadura helicoidal, el cual requiere de hasta tres jornadas laborales para su puesta a punto. A objeto de reducir el tiempo de esta actividad se hizo un estudio basado en observación directa del proceso de cambio y entrevistas al personal, se elaboró un diagrama de pareto donde se detectaron las principales causas que inciden en la duración de la puesta a punto, a cada una de las cuales se le encontró la causa raíz mediante un diagrama causa-efecto, se realizaron propuestas de mejora del método de trabajo que conjuntamente con el diseño de dispositivos disminuyen el tiempo de las actividades críticas de la puesta a punto, en un 40%, según los estimados de la comparación entre el estado actual y el propuesto, utilizando diagramas de cuadrillas y de gantt. Este logro, traerá beneficios en cuanto a la calidad del producto, disminución de desperdicios de material, mejoras en el ambiente de trabajo y cumplimiento de tiempos de entrega al cliente. Además no implica para la empresa una gran inversión, estando por el orden de los 38.000 Bsf.

Palabras claves: SMED, puesta a punto, fabricación de tuberías.