

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES**



**“ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA  
PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS EN EL TALLER  
CENTRAL DEL MEJORADOR DE PETROPIAR”.**

**Presentado por:**

**Moreno Lista Kerstin Anne**

**C.I.: 17.010.366.**

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
Requisito Parcial para optar al Título de**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Barcelona, Julio de 2009.**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES**



**“ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA  
PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS EN EL TALLER  
CENTRAL DEL MEJORADOR DE PETROPIAR”.**

**Asesor:**

---

**Ing. José Moy  
Asesor Académico**

Barcelona, Julio de 2009.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES**



**“ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA  
PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS EN EL TALLER  
CENTRAL DEL MEJORADOR DE PETROPIAR”.**

**EXCELENTE**

**Jurado Calificador:**

---

**Ing. José Moy  
Asesor Académico**

---

**Ing. Luís E. Bravo  
Jurado Principal**

---

**Ing. Nayi Wells  
Jurado Principal**

Barcelona, Julio de 2009.

## **Resolución**

**De acuerdo al Artículo 44 del Reglamento de Trabajos de Grado:**

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

## Dedicatoria

Dedico el logro de éste triunfo a todas aquellas personas que son pilares fundamentales en mi vida y a todas aquellas personas que confiaron en mí, y que con sus oraciones ayudaron para hacer posible este sueño.

Primordialmente a Dios, por ser mi guía, por darme fuerzas para seguir adelante, por hacerme sentir fuerte en todo momento, por darme salud y por colocar delante de mí todas las herramientas necesarias para alcanzar esta meta y afrontar con esfuerzo todas las dificultades que se nos presenta en la vida.

A mi abuelo Tomas Lista y A mi tío Anibal Lista que no se encuentran físicamente a mi lado pero me acompañan espiritualmente, gracias por cuidarme y darme la fortaleza de seguir adelante y cumplir con mis metas. **Gracia los amo.**

A mi madre por ser una mujer luchadora, digna de admiración, gracias por confiar en mí, por darme la vida, por apoyarme en todo momento y por estar siempre conmigo, eres mi orgullo, mi razón para seguir adelante y gracias a ti hoy estoy haciendo realidad este sueño nuestro sueño. Que dios te bendiga por siempre. **Te amo.**

A mi padre Jorge Salazar quien confió en mi todo momento, gracias por todos los consejos que me has dado. Éste, es mi primera meta cumplida para ti papá. Que Dios te bendiga y te llene de mucha salud y nos permita compartir muchos triunfos juntos. **Te amo.**

A mis hermanos Kent, Jorge y Fernando por ser parte de mi vida, a Eva mi cuñis y mi bebé hermosa Ivanna que es el angelito que da luz a nuestras vidas. **Gracias los amos.**

A mi abuela Eufemia que eres mi segunda madre, por darme todos aquellos consejos. Te amo con todo mi corazón eres la persona más maravillosa, gracias por todos los regaños, que me has dado ya que esos han hecho que sea una mejor persona.

A mis tíos y tías que me han apoyado y siempre han tenido un consejo que darme. Gracias.

## **Agradecimiento**

A Dios por darme la dicha de culminar una de mis metas, gracias por hacerme sentir fuerte en todo momento. Gracias Dios.

A mi madre que ha sido padre y madre por hacer pilar fundamental en mi vida, gracias por darme la vida. Que dios te bendiga y te de mucha salud y vida. Gracias por darme la oportunidad de obtener el nivel que hoy he alcanzado. Y por brindarme la formación para crecer como ser humano. Te amo.

A mis amigas y compañeras de clases, Francia, Floranjel, Elena en especial Carolina, Joana por los momentos compartidos, de angustia y alegrías en la Universidad.

A la Sra. Mirda por soportarnos todos los fines de semana en su casa. Gracias.

Gracia a Noel y Mervin por brindarme su apoyo en la realización de esta trabajo. Gracias.

A muestra casa de estudio que me brindo las herramientas necesarias para formarme como profesional y el privilegio de darme la oportunidad de obtener el nivel que hoy he alcanzado.

A los profesores José Moy, Melina Laya y Luís Bravo por su accesoria prestada en la realización de este proyecto.

A la Sra. Ana Rodríguez por brindarme todo el apoyo en la realización de este proyecto. Gracias.

A la empresa PDVSA PetroPiar por abrirme las puertas para llevar a cabo el desarrollo de mi proyecto de grado.

A los integrales del taller central de PDVSA PetroPiar en especial a los torneros y mecánicos que me brindaron todo el apoyo para la realización de este trabajo y a mi asesor industrial Domenico Ferreri. Gracias.

## **Resumen**

En este trabajo se estudiaron las operaciones técnicas, administrativas, así como también la evaluación económica de la fabricación en el taller central de PDVSA PetroPiar; donde se identificaron las debilidades y fortalezas en los métodos y condiciones de trabajo actuales. Seguidamente, se determinó las actividades que se realizan con más frecuencia en el taller a través de un diagrama y posteriormente se identificó las piezas que tienen mayor demanda en el almacén para la realización de mantenimiento, de manera de identificar el estudio de tiempo de estas actividades, aplicando las técnicas de cronometro continuo. Al evaluar económicamente la fabricación de las piezas en el taller, se puede determinar que la fabricación de las piezas es viable, posteriormente se realizó un procedimiento de preservación de la pieza en estudio para su almacenamiento.

## Índice general

<b>Resolución.....</b>	<b>IV</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>V</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>VII</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>IX</b>
<b>Índice general.....</b>	<b>X</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>XIV</b>
<b>Índice de figuras y Graficas .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Capítulo I .....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema. ....	1
1.2. Objetivos. ....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivo Especifico .....	3
1.3. Alcance. ....	4
1.4. Generalidades de la empresa. ....	4
1.4.1. Reseña histórica. ....	4
1.4.2. Estructura organizacional de la empresa.....	7
1.4.3. La Superintendencia del taller de Mantenimiento está conformada por las siguientes áreas:.....	8
<b>Capítulo II .....</b>	<b>10</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2. Fundamentos teóricos. ....	12
2.2.1. Ingeniería de métodos. ....	12
2.2.2. Estudio de tiempo. ....	12
2.2.3. Análisis de operaciones. ....	14
2.2.4. Muestreo de trabajo.....	15

2.2.5. Números de observaciones.....	15
2.2.6. Tiempo estándar.....	18
2.2.7. Estimación de la tolerancia.....	21
2.2.8. Calificación de velocidad.....	21
2.2.9. Evaluación económica.....	23
2.2.10. Propiedades de los Materiales.....	25
2.2.11. Máquina y herramientas.....	26
2.2.12. Diagrama de flujo de proceso.....	31
2.2.13. Diagrama de Causa – Efecto.....	33
2.2.14. Términos básicos.....	34
<b>Capítulo III.....</b>	<b>37</b>
3.1. Nivel de la investigación.....	37
3.2. Descripción de la investigación.....	37
3.3. Propósito de la investigación.....	37
3.4. Población y muestra.....	38
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6. Técnica de análisis de datos.....	39
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>41</b>
4.1. Descripción actual de las áreas del taller central de mantenimiento.....	42
4.2. Análisis cualitativo de las condiciones operativas del taller central.....	44
4.3. Procedimientos para la ejecución de mantenimiento.....	44
4.3.1. Descripción del proceso.....	44
4.4. Solicitud de repuestos.....	47
4.4.1. Descripción del proceso.....	47
4.5. Ejecución de la orden de fabricación.....	48
4.5.1. Descripción del procedimiento de fabricación.....	49
4.6. Diagrama de causa-efecto.....	51
4.7. Capacidad de instalación del taller.....	56

<b>Capítulo V</b> .....	<b>61</b>
5.1. Pieza a estudiar. ....	61
5.2. Medición de trabajo.....	62
5.2.1. Diagrama de proceso de la realización de la pieza de estudio. ....	63
5.2.2. Análisis de las operaciones .....	65
5.2.3. Selección del operario .....	65
5.2.4. Estandarización de los métodos de trabajo .....	65
5.2.5. Técnica de cronometrado .....	65
5.2.6. Número de ciclos a cronometrar .....	66
5.2.7. Clasificación de la velocidad.....	73
5.2.8. Estimación de la tolerancia.....	75
5.2.9. Determinación del tiempo estándar de operación.....	76
5.2.10. Cálculo del tiempo promedio seleccionado (TPS). ....	76
5.3.11. Cálculo de los tiempos normales de ejecución.....	77
5.3.12. Cálculo del tiempo estándar. ....	77
5.3. Estudio de la capacidad.....	78
5.3.1 Metodología.....	79
<b>Capítulo VI</b> .....	<b>82</b>
6.1. Determinación de los costos de fabricación de la pieza en estudio. ....	82
6.1.1. Análisis de costos de fabricación.....	82
6.1.2. Costos de mantener el taller.....	90
6.2. Análisis de Sensibilidad .....	92
6.3. Análisis de riesgo de la inversión.....	94
6.3.1. La distribución probabilística triangular.....	94
6.3.2. Cálculo de la distribución de probabilidad del valor presente neto .....	95
6.4. Procedimiento para la preservación de las piezas fabricadas en el taller central.....	96
6.4.1. Recepción del material.....	97

6.4.2. Inspección.....	98
6.4.3. Preservación.....	98
6.4.4. Costos asociados.....	100
6.4.4. Procedimiento para la realización de la preservación de las piezas en estudio.....	100
6.4.5. Recomendaciones luego de preservar.....	101
<b>Conclusiones .....</b>	<b>102</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>104</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.1</b>

## Índice de tablas

### Tablas

4.1. Descripciones de causas y actividades Correctivas. ....	52
4.2. Inventario de equipos del taller de área de mecanizado y mecánica. ....	56
4.3. Inventario de equipos del taller de área de Soldadura. ....	59
5.1. Descripción de las piezas a realizar con sus respectivos equipos. ....	61
5.2. Muestra tomadas de cada uno de los elementos. ....	66
5.3. Medición muestrales. ....	67
5.4. Limite mayor, límite menor y delta ....	67
5.5. Rango superior y rango inferior. ....	68
5.6. Verificación de los rangos de aceptación. ....	69
5.8 Sumatorias y desviación estándar. ....	70
5.9. Intervalo de confianza. ....	71
5.10. Intervalo de confianza ( $I_M$ ). ....	72
5.11. Comparación de los valores de $I_M$ vs $I$ . ....	72
5.12. Cálculo de la calificación de velocidad. ....	74
5.13. Determinación de la tolerancia. ....	75
5.14. Tiempo promedio seleccionado. ....	76
5.15. Tiempo normal. ....	77
5.16. Determinación del tiempo estándar. ....	78
5.17. Jornada de trabajo (TJ). ....	79
5.18. Tiempo efectivo de trabajo (TEF). ....	79
5.19. Estimación de piezas realizada por semana. ....	80
6.1 Costos de materiales ....	84
6.2. Costos de energía eléctrica. ....	86
6.3. Costos de consumibles. ....	86

6.4. Depreciación de los equipos.....	88
6.5. Costos de fabricación interna.....	88
6.6 Comparación de precios (Fabricación interna, Externa y importaciones)	89
6.7 Costos de materiales indirectos.....	90
6.8 Costos de mano de obra directa.....	90
6.9 Costos de mano de obra indirecta.....	91
6.10 Costos administrativos.....	91
6.11 Costos de mantenimiento y seguro.....	91
6.12 Costos totales.....	92
6.13. Flujos de efectivos triangulares.....	95
6.14. Valor esperado y varianza.....	95
6.15. Especificación de los productos utilizados en la preservación.....	99
6.16. Costos asociados a la preservación.....	100

## Índice de figuras y Graficas

### Figuras

1.1. Asociación Estratégica del Proyecto Hamaca.....	5
1.2. Ubicación del Mejorador Hamaca.....	6
1.3. Estructura organizacional de la empresa PDVSA PetroPiar.....	8
1.4 Estructura organizacional de la superintendencia del taller de mantenimiento. ....	9
2.1. Diagrama de causa – efecto.....	33
4.1. Plano del taller central de PDVSA PetroPiar.....	43
4.2. Flujograma de la ejecución de mantenimiento.....	46
4.3. Flujograma para la solicitud de repuestos.....	48
4.4. Flujograma de la ejecución de fabricación.....	50
4.5. Diagrama Ishikawa. Demora en la realización de las actividades de mantenimiento. ....	51
5.1. Diagrama del proceso de fabricación de un anillos.....	63

### Gráficos

6.1. Análisis de Sensibilidad de variación porcentual del valor más probable. .....	93
--	----

# Capítulo I

## GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 1.1. Planteamiento del problema.

Con el transcurrir de los años, las grandes corporaciones industriales del País, han aumentado su tasa de productividad debido al mejoramiento del proceso productivo, en el cual han optado por reducir los costos que genera la compra de repuestos de las máquinas y equipos fuera del territorio nacional; debido a la nueva situación cambiaria que atraviesa el País y también el tiempo que tarda en recibir los repuestos; las empresas nacionales se han visto en la necesidad de fabricar o comprar las piezas requeridas para sus equipos en el País. La cual cumplan con los estándares de calidad y normativas exigidas por los fabricantes.

Una de estas empresas que está atravesando por este proceso es PetroPiar empresa filial de Petróleo de Venezuela, S.A. (PDVSA) con sede administrativa en la Av. Nueva Esparta, sector Venecia del Municipio Diego Bautista Urbaneja, Lechería, Estado Anzoátegui. El Mejorador de Crudo se encuentra ubicada en el Complejo Petroquímico José Antonio Anzoátegui, instalación que tiene por objetivo fundamental la transformación y mejora de crudo extrapesado de 8,5° API proveniente del Bloque Huyapari, área Hamaca de la Faja Petrolífera del Orinoco al sur del Estado Anzoátegui y es convertido en crudo mejorado de 26° API con mayor valor comercial en los mercados internacionales, esta actividad se lleva a cabo gracias al procesos

de coquificación retardada e hidropceso, las cuales permite reducir las impurezas en el crudo y disminuir su viscosidad, densidad, entre otras propiedades.

Cabe destacar que estas actividades son posibles gracias a los recursos tanto material, humano y financiero, aportados por las dependencias gerenciales de esta empresa; entre ellas se resalta el recurso logístico a través de la realización de mantenimiento tanto predictivo, preventivo y correctivo que requieren según lo establecidos por normativas internacionales los equipos rotativos (compresores, bombas, sopladores, turbinas), que hace posible el procesos productivo. Para tal actividad en el complejo mejorador de PetroPiar, se encuentra ubicado el taller central, el cuenta con una estructura y equipos que le permiten realizar el mantenimiento, además de la reparación y fabricación de piezas que se necesitan para reemplazar al momento en que se deterioran o exista la posibilidad de sustituir algún equipo, máquina o piezas del área de planta, solventando la necesidad de espera o retraso de las piezas.

Motivado a que estas son en su gran mayoría importadas, y que la empresa invierte una gran cantidad de recursos monetario en adquirir ciertas piezas, lo que acarrea un incremento en los costos por trabajos de mantenimiento. La superintendencia de mantenimiento al ser responsable de garantizar el buen funcionamiento de los equipos a través del mantenimiento de estos, esta tiene el interés de que las piezas de los equipos rotativos se fabriquen dentro de sus instalaciones para así asegurar la continuidad de los procesos a través del aprovechando de los equipos y maquinarias con que cuenta el taller, para así reducir los costos de importación de los repuestos y el tiempo de demora; pero no ha sido concretada por la administración del taller, debido a que no se han efectuado análisis técnicos – administrativos

para determinar los costos – beneficios que arroja el fabricar las piezas dentro de los talleres del mejorador o fuera de este.

Se busca que el taller ofrezca el servicio de fabricación y preservación de las piezas reemplazables al menor costo para la planta, cumpliendo con los lineamientos y políticas de calidad reconocidas para satisfacción de las exigencias del mejorador, para ello se hace necesario realizar un análisis de las operaciones del taller de fabricación, de tal forma que permita establecer los costos de fabricación interna y externa de las piezas.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo General**

Analizar la factibilidad técnica - económica para la fabricación de piezas en el Taller Central del Mejorador de PetroPiar.

### **1.2.2. Objetivo Especifico**

1. Identificar la situación actual del taller central de PetroPiar.
2. Establecer la capacidad de instalación del taller central del mejorador de PetroPiar.
3. Realizar un estudio técnico – administrativo para la fabricación de piezas en el taller central.
4. Presentar un estudio económico donde se analice; los costos de fabricación interno como los externos.

5. Realizar un procedimiento administrativo para la preservación de las piezas fabricadas en el taller central del mejorador de PetroPiar.

### **1.3. Alcance.**

El proyecto fue realizado en PDVSA PetroPiar en el Departamento de Mantenimiento específicamente en el Taller Central de dicha empresa, el cual se encarga de realizar el mantenimiento de los equipos que llegan del área de planta. Esta investigación tiene la finalidad de determinar la factibilidad de la realización de las piezas en el taller de la empresa para así disminuir las importaciones y los costos que esto genera para solventar la necesidad de repuestos a la hora de realizar el mantenimiento en el taller y el tiempo de espera por parte de estas piezas. Dicho estudio requiere de una investigación para la implantación y por ellos se realizó una evaluación económica para conocer el impacto monetario que puede generar la puesta en marcha del proyecto.

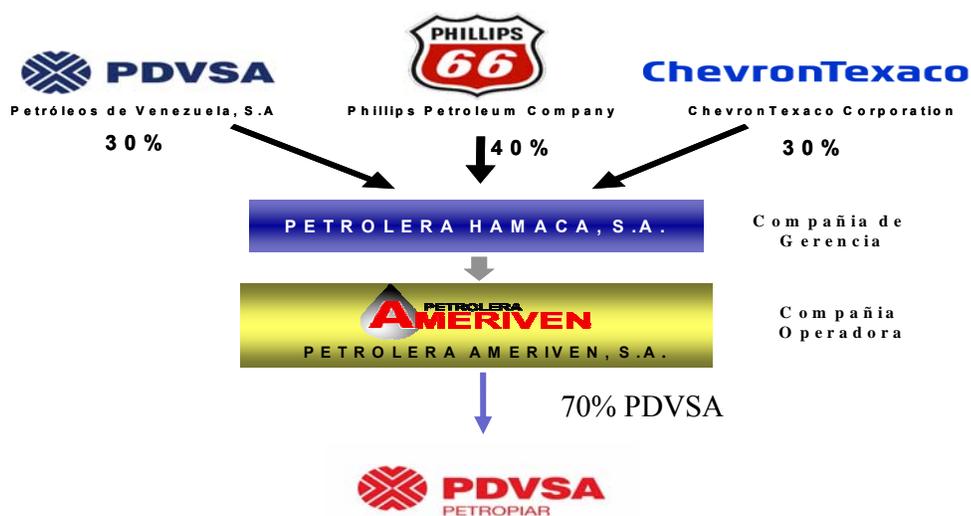
Estas propuestas fueron presentadas a la empresa y de ella depende su implantación.

### **1.4. Generalidades de la empresa.**

#### **1.4.1. Reseña histórica.**

Petrolera AMERIVEN es una empresa operadora constituida bajo la figura de Asociación Estratégica entre Petróleos de Venezuela (30%),

Conoco Phillips (40%) y ChevronTexaco (30%). A partir del 1 de Mayo de 2008, las operaciones de mejoramiento de crudo que manejaba AMERIVEN pasaron a PetroPiar, una empresa mixta conformada por PDVSA (70%) y ChevronTexaco (30%). Ver figura 1.1.



**Figura 1.1. Asociación Estratégica del Proyecto Hamaca.**

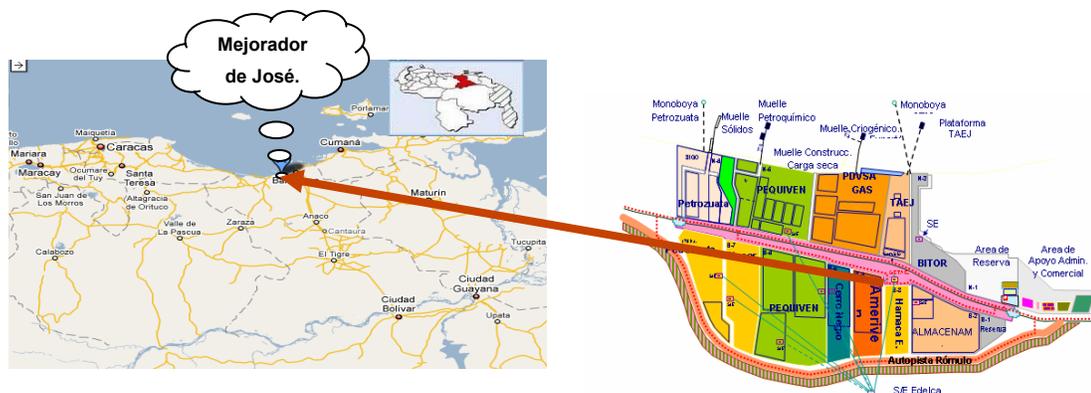
Fuente: Alfonso y Asociados, 2003.

### Ubicación.

La empresa dispone de una sede principal ubicada en la Zona Metropolitana del Estado Anzoátegui, específicamente en le sector Venecia, Lecherías.

*El Mejorador HAMACA* es la planta de procesadora de crudo de la empresa PDVSA PetroPiar, que tiene como propósito a través de sus diferentes procesos, aumentar la calidad del crudo extrapesado de 8.5 grados API, el cual será transformado en crudo sintético mejorado de 26 grados API, mediante la remoción de Carbón en forma de Coquer y la

disminución de Azufre y Nitrógeno, de esta manera se tiene un producto de mayor valor comercial en los mercados internacionales. Este mejorador se encuentra ubicado en la autopista de Oriente Rómulo Betancourt, Troncal N° 9, antigua carretera de la costa, entre la Capital del Estado Anzoátegui Barcelona (30 Km) y la Población de Píritu (20 Km.), Región centro-norte Costera del estado Anzoátegui, dentro de las instalaciones del Complejo Industrial Criogénico Jose Antonio Anzoátegui. Ver figura 1.2.



**Figura 1.2. Ubicación del Mejorador Hamaca.**

### **Visión.**

Maximizar el valor de la producción mejoramiento de crudo extrapesado mediante una filosofía operativa libre de incidentes, mejoramiento continuo, y capitalización de oportunidades de crecimiento en un ambiente dinámico de trabajo.

### **Misión.**

Operar una empresa competitiva, reconocida por producir un crudo mejorado de alta calidad de la forma más segura, confiable, innovadora y rentable, con la mayor conciencia ambientalista y socialmente responsable.

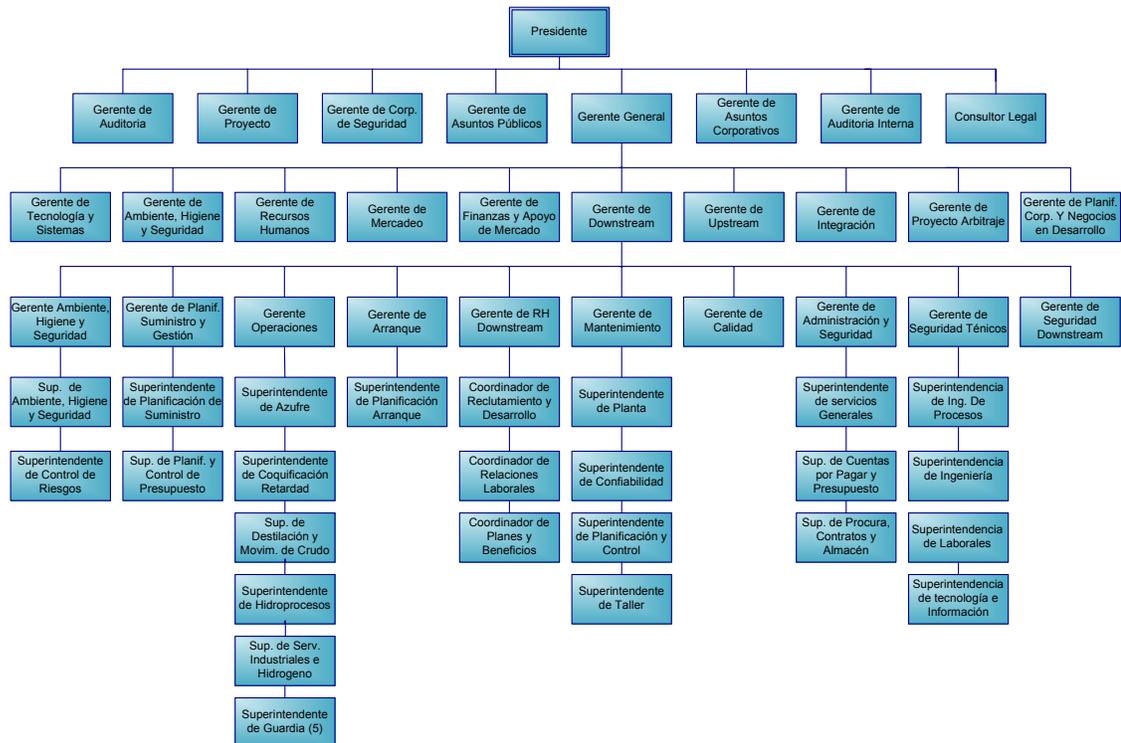
Valores de la empresa.

- ❖ Extraer, transportar y mejorar 190 mil barriles diarios de crudo extrapesado, contenido en los bloques H y parte del M de la Faja Petrolífera del Orinoco.
- ❖ Realizar la construcción de la Planta Mejoradora de Crudo, donde el Petróleo extrapesado será sometido a un proceso de refinación.
- ❖ Garantizar en todo momento la seguridad del personal, la integridad y confiabilidad de las instalaciones y la protección del ambiente.
- ❖ Ser reconocidos como líderes en lo referente al mercado competitivo.
- ❖ Desarrollar y mantener una estrecha relación con la comunidad e instituciones, en las áreas en las cuales opera la empresa.

#### **1.4.2. Estructura organizacional de la empresa.**

La estructura administrativa de PDVSA PetroPiar está formada por un conjunto de personas calificadas que garantizan el óptimo funcionamiento de la empresa, para así alcanzar sus objetivos de establecerse en el mercado como una empresa líder y competitiva.

A continuación se muestran en la figura 3.1 el organigrama de la empresa PDVSA PetroPiar.

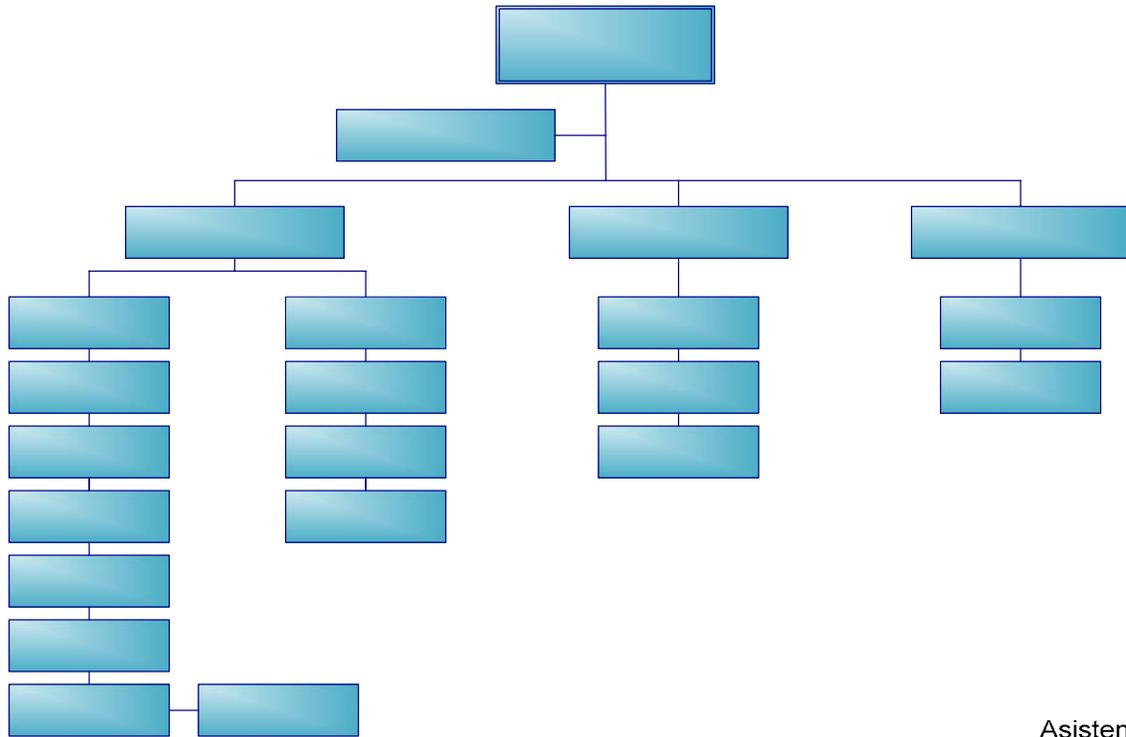


**Figura 1.3. Estructura organizacional de la empresa PDVSA PetroPiar.**  
Fuente: Alfonso y Asociados, 2003

**1.4.3. La Superintendencia del taller de Mantenimiento está conformada por las siguientes áreas:**

- ❖ Área administrativa.
- ❖ Área eléctrica.
- ❖ Área de mecánica y mecanizado.
- ❖ Área de soldadura.
- ❖ Área de instrumentación.
- ❖ Área de equipos pesados.

En la figura 1.4 se muestra la estructura organizacional de la superintendencia de mantenimiento.



Asistente Administrativo

**Figura 1.4 Estructura organizacional de la superintendencia del taller de mantenimiento.**

Fuente: Marín Peggy

Supervisor del Taller

Líder Soldadura

Líder Mecánico

Técnico Soldador (8)

Técnico Mecánico (8)

Soldadores (2)

Técnico Mecanizado (8)

Aislador (5)

Mecánic (4)

Aislador - SISDEM

## Capítulo II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Vásquez; S (2005), **“Evaluación técnica – económica de elaboración de piezas en el taller de fabricación vs. fabricación externa, en una planta cervecera”**. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL. UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NUCLEO ANZOATEGUI.

Resumen:

En este trabajo se estudiaron las operaciones técnicas, administrativas, así como también la evaluación económica del taller de fabricación de una empresa cervecera, donde se identificaron las debilidades y fortalezas en los métodos y condiciones de trabajo actuales. Luego se formularon observaciones a través de procedimientos de trabajo, formatos con sus respectivos instructivos, planes de orden y continuar con futuros ordenes de medición en busca de estandarización de los tiempos. Finalmente se realizó un estudio económico donde se evaluó el costo de fabricación interna, realizando un análisis del proceso de fabricación de cada pieza, los costos de fabricación externa para hacer una comparación de precios y posteriormente se calculó la tasa interna de retorno para determinar la rentabilidad de la inversión.

Briceño; C (2007), **“Estandarización en los tiempos en las operaciones del proceso de maquinado de las esferas de 8” hasta 36” fabricadas en materiales CA15 y CF8M”**. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL. UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NUCLEO ANZOATEGUI.

Resumen:

Inicialmente se realizó el análisis de la situación actual del área de mecanizado identificando las secuencias operacionales, para dividir las en elementos, posteriormente se realizó la toma de tiempo durante la jornada de trabajo, para obtener la cantidad necesaria de observaciones, luego se procedió a obtener los tiempos promedios seleccionados, tiempo normal y los tiempos estándares de las operaciones, así como las tolerancias establecidas por la OTI y el factor de calificación utilizando el método de Westinghouse, para identificar el tiempo promedio en que se procede y libera cada esfera.

Rojas; A (2007), **“Estudio de métodos para estandarizar las operaciones del proceso productivo de una planta fabricadora de baldosas de cerámicas”**. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO INDUSTRIAL. UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NUCLEO ANZOATEGUI.

Resumen:

El objetivo central de este trabajo consiste en realizar la estandarización de las operaciones efectuadas en las diferentes fases que corresponde a cada uno de los sectores que pertenecen al proceso productivo de la planta. Se realizó el análisis y descripción de la situación actual, de esta forma se

pudo establecer los tiempos estándares, aplicándose técnicas análisis de operación como los diagramas de proceso; para lograr obtener el estudio de tiempos.

## **2.2. Fundamentos teóricos.**

### **2.2.1. Ingeniería de métodos.**

La Ingeniería de métodos se puede definir como un conjunto de procedimientos sistemáticos utilizados para someter cada operación de una parte de trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el método más rápido para realizar toda operación necesaria, abarca la normalidad del equipos, métodos y condiciones de trabajo, entrena al operario a seguir el método normalizado, realizando todos los precedentes (y no antes), determinar por medio de mediciones muy precisas el número de horas tipos en las cuales un operario, trabajando con actividad normal puede realizar el trabajo. Establece en general un plan para compensación del trabajo que estimule al operario a obtener o sobrepasar la actividad normal. Hobson (1996)

### **2.2.2. Estudio de tiempo.**

El estudio de tiempo es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado, quien trabaja a un nivel normal de desempeño, realiza una tarea dada conforme a un método especificado. En la práctica el estudio de tiempo incluye por lo general al estudio de métodos.

El ingeniero industrial (analista del estudio de tiempo) tiene que observar los métodos mientras hace el estudio de tiempos. Hobson (1996)

El estudio de tiempo se utiliza para determinar los estándares de tiempo (objetivos) para la planeación, calculo de costo, programación, contratación, evaluación de la productividad, planes de pago, etc. Los estándares de tiempo pueden determinarse por medio de varias técnicas diferentes de estudio de tiempos:

1. Pueden basarse en registros históricos del tiempo, tomados en el pasado para crear la tarea. Estos cálculos de tiempo históricos pueden basarse en simple promedios aritméticos o en análisis estadísticos complicados.
2. Otra técnica, llamadas expectativa razonable, es el uso de estimación realizadas por un individuo conocedor del tiempo que le tomaría a un trabajador calificado efectuar el trabajo, realizado con un nivel de desempeño aceptable.
3. Una tercera técnica es la de los tiempos predeterminados. Aquí las tareas son analizadas de acuerdo con el contenido de trabajo y luego se “predetermina” los tiempos para los segmentos de trabajo que sumados hace el tiempo total de tarea.
4. La cuarta técnica, y que se usa con mayor frecuencia, es la del estudio de tiempo con cronómetro. El equipo de cronometro utilizado para hacer un estudio de tiempo, varía ampliamente. Un buen técnico en estudio de tiempos puede hacer un estudio de tiempo útil, con solo recurrir al reverso de un sobre, un trozo de pulsera y un lápiz. Este tipo

de alarde ha sido responsable de que haya muchos estándares de baja calidad y del fracaso de muchos analistas de estudio de tiempo.

### **2.2.3. Análisis de operaciones.**

El análisis de oraciones puede definirse como un procedimiento sistemático para estudiar todos los factores que afectan el método con que se realiza una operación, para lograr la máxima economía general. A través de este estudio se encuentra el mejor método disponible para llevar a cabo cada una de las partes necesarias de una operación y se incorporan nuevos planes de manufactura y mantenimiento conforme se van descubriendo en el continuo esfuerzo por hacer que cada trabajo dé un paso más hacia la automatización continua. Hobson (1996)

Los factores que rodean los procesos y operaciones más simples pueden ser muchos y variados. En consecuencia, cuando el trabajo se estudia como un todo, se harán pequeños avances hacia el mejoramiento de los métodos y la automatización.

El primer paso de cualquier estudio que de resultado es convertir el trabajo en las partes o elementos que los conforman. Cada parte puede entonces considerarse como entidad aparte y el estudio del proceso u operación se traduce en una serie de estudios sobre problemas bastantes sencillos.

#### **2.2.4. Muestreo de trabajo.**

El muestreo de trabajo es una técnica usada para investigar las proporciones del tiempo total dedicadas a las diversas actividades que constituyen una tarea o una situación de trabajo. Los resultados del muestreo de trabajo son efectivos para determinar: la utilización de maquinas y personas; los suplementos aplicados aplicables a la tarea, y los estándares de producción. Aunque se puedan obtener la misma información con los procedimientos de estudio de tiempo, el muestreo del trabajo con frecuencia las proporciona más rápido y a mucho menor costo.

Al realizar estudios de muestreo del trabajo, los analistas toman un número comparativamente grande de observaciones en intervalos aleatorios. La razón de las observaciones de una actividad dada entre el total de observaciones se aproxima al porcentaje de tiempo que el proceso está en estado de actividad. Nievel y Freivalds (2004),

#### **2.2.5. Números de observaciones.**

Los métodos estadísticos son de gran utilidad para determinar el número de ciclos a estudiar. La duración de los diferentes elementos en el ciclo observado en un estudio de tiempos con cronómetro varía de una repetición a otra. Esas variaciones se atribuyen a la variación del fenómeno que se está estudiando, las variaciones características del ser humano, las variaciones de la localización de herramientas y materiales. Nievel (1990)

Sin embargo los métodos estadísticos recomiendan que si no se conocen las desviaciones estándar para seleccionar el comportamiento de las medias de las muestras, debe utilizarse la distribución t student.

Dada la distribución de t student como modelo del comportamiento de las medias de las muestras, y dado un error de un muestreo tolerable, especificando en términos de un intervalo de confianza I y un coeficiente de confianza C. Dada una estimación de la desviación estándar de la población, mediante la teoría del muestreo, se puede determinar el número de ciclos repetidos para satisfacer el error del muestreo.

### 2.2.5.1. Procedimientos para determinar el número de observaciones.

1. Calidad de media aritmética de los elementos por separado:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (\text{Ec.2.1})$$

Donde:

Xi: Tiempo registrado para cada ciclo del elemento.

n: Número de ciclos.

2. Aplicar el criterio de la aceptación, con el objetivo de escribir los valores que no se encuentre dentro del rango determinado:

$$\Delta = 0.5 (|x - LM| + |x - Lm|) \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

LM: Lectura mayor.

Lm: Lectura menor.

3. Determinar el rango de aceptación:

$$R_i = \bar{X} - \Delta \quad \text{y} \quad R_s = \bar{X} + \Delta \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

Ri: Rango interior.

Rs: Rango superior.

4. Calcular la desviación estándar de la muestra:

$$S = \sqrt{\frac{(X^2) - (\sum Xi)^2 / M}{M - 1}} \quad (\text{Ec.2.4})$$

Donde:

M: Número efectivo de observación de elementos.

Xi: Valores de la lectura i.

5. Calcular el intervalo de confianza I, con un intervalo de confianza (C) de 90% y 10% de precisión (K) donde:

$$I = K * \bar{X} \quad (\text{Ec.2.5})$$

Donde:

K: Precisión.

$\bar{X}$ : Media de los elementos no eliminados.

6. Calcular el intervalo de confianza (IM) proporcionado por la muestra de M observaciones requeridas, empleando la formula:

$$I_M = \frac{(2 * t_c * S)}{\sqrt{M}} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

Tc: Valor correspondiente de la distribución t de student utilizando el coeficiente de confianza (M-1) grados de libertad.

Si  $I_M \leq I$ , la muestra de M observación satisface los requisitos del error del muestreo.

Si  $I_M \geq I$ , se requiere de observaciones adicionales y el número total de observaciones requeridas (N) puede estimarse de la siguiente manera:

$$N = \frac{4(tc)^2 S^2}{I^2} \quad (\text{Ec.2.7})$$

El número de observaciones adicionales requeridas es (N – M) y la Medida de la muestra Final (X) se basa en el número e observaciones totales (N) tomadas en las dos muestras.

### **2.2.6. Tiempo estándar.**

Es técnica establece un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base a la medición del contenido del trabajo.

Teniendo los tiempos estándar en la actualidad se puede obtener muchas aplicaciones entre ellas podemos citar las siguientes:

- ❖ Ayuda a la planeación de la producción: los problemas de producción y ventas podrán basarse en los tiempos estándar después de haber aplicado la medición del trabajo a los procesos respectivos, eliminando una plantación defectuosa basadas en puras conjeturas o adivinanzas.

- ❖ Facilita la supervisión: para un supervisor cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, herramientas y métodos, los tiempos de producción le servirá para lograr la coordinación de todo los elementos, sirviéndole como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
- ❖ Proporciona costos estimados: los tiempos estándar de mano de obra, servirán para presupuestar el costo de artículos que se planea producir y cuyas operaciones sean semejantes a las actuales.
- ❖ Ayudar establecer las cargas de trabajo: que facilitan la coordinación entre los obreros, las maquinas y proporcionan a la gerencia bases para inversiones futuras en maquinarias y equipos en caso de expansión.
- ❖ Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos: se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y puede establecerse políticas firmes sobre incentivos que ayudaran a los obreros a incrementar sus salarios, mejorar su nivel de vida y la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues se encontraran en posibilidad de aumentar su producción reduciendo los costos unitarios, etc.

$$TE = TN * (1 + \Sigma Tol) \quad \text{ó} \quad TE = TPS * CV + \Sigma Tol \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

TN: Tiempo normal.

$\Sigma Tol$ : Sumatoria de la tolerancia.

TPS: Tiempo promedio seleccionado.

CV: Calificación de la velocidad.

### **2.2.6.1. Tiempo promedio seleccionado.**

Es el promedio aritmético de todos los tiempos tomados, exceptuado aquellas lecturas consideradas como anormales por lo tanto el tiempo promedio seleccionado se representa:

$$TPS = \frac{\sum Xi}{n} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

TPS: Tiempo promedio seleccionado.

N: Número de ciclo.

Xi: Valores de la lectura i.

### **2.2.6.2. Tiempo normal.**

Es el tiempo que tarda el operario debidamente adiestrado en ejecutar una operación, afectado por la calificación de la velocidad.

$$TN: = TPS * CV \quad (\text{Ec. 2.10})$$

T.P.S: Tiempo promedio seleccionado.

C.V: Calificación de velocidad.

### **2.2.7. Estimación de la tolerancia.**

Este es un factor que se le agrega a los tiempos normales por concepto de demora personales, fatigas y retrasos inevitables, a fin de lograr el tiempo estándar en la actividad.

1. Retrasos personales: son todas aquellas interacciones en que el trabajo, necesarias para la comodidad o bienestar del empleado.

2. Fatiga: es la disminución en la capacidad o voluntad para trabajar, bien sea física o mental, los factores más importantes que afectan se encuentran en las condiciones de trabajo, repetitividad del trabajo y el estado general de salud del trabajo.

3. Retrasos inevitables: esta clase de demoras se aplican a elementos de esfuerzos y comprende interrupciones en la ejecución normal de la tarea no atribuible al operario.

### **2.2.8. Calificación de velocidad.**

Es un proceso mediante el cual el analista compara la actuación y velocidad del operario en el desempeño de su trabajo con el concepto de actuación normal que posee el observador; ajustándose así los valores de los tiempos observados a un tiempo que se juzgue razonablemente para realizar una determinada actividad.

Uno de los métodos de calificación más utilizados para nivelar al operador es el Sistema de Wettinghouse. Es un sistema de clasificación

simple, de fácil aplicación y basado en puntos de referencias bien establecidos; este permite evaluar la ejecución del operario en función de los siguientes factores: habilidad, esfuerzo, Condiciones de trabajo y consistencia.

- ❖ Habilidad: es la destreza de un operario en seguir un método dado. Se determina por la experiencia, aptitudes inherentes, coordinación natural y ritmo de trabajo; y se desarrolla con la práctica, la cual no compensa las deficiencias en actitud natural pero si trae consigo mayor velocidad, ausencia de titubeos y movimientos falsos y regularidad al moverse.
- ❖ Esfuerzo: es el empleo energético de la fuerza física del vigor o con el ánimo de algún fin. Es representativo de la rapidez con que se aplica la habilidad y puede ser controlado por el operario.
- ❖ Condición de trabajo: este evalúa las condiciones del lugar en que se desarrolla el trabajo y que afectan al operario durante la ejecución de las mismas y no a la operación en sí. Los elementos que afectarían las condiciones de trabajo son: la Temperatura, iluminación y ruido.
- ❖ Consistencias: esta representa por los valores de tiempo que se repite durante el estudio. Debido a la variación en la habilidad y esfuerzo del operario, estos tiempos tienden a dispersión

Luego que ha sido asignada la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia de las operaciones y se han definido los valores numéricos, el factor de actuación se establece con la combinación aleatoria de los cuatro valores u sumándoles a la unidad.

$$CV = 1 + \sum \% \text{Habilidad, Esfuerzo, Condiciones de Trabajo y Consistencia} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

### **2.2.9. Evaluación económica.**

La evaluación económica de proyectos tiene como objetivo la demostración, desde el punto de vista financiero, de que una opción permite recuperar la inversión en un corto plazo (de tiempo razonable) y que produzca ganancia a la empresa (rentabilidad). La principal razón para llevar adelante proyectos de inversión es proteger o mejorar la calidad productiva de la empresa.

Para que un proyecto sea rentable debe recuperar durante su periodo de vida de inversión y proporcionar ganancias que justifiquen el capital invertido. La evaluación de proyectos de inversión relaciona una gran cantidad de conceptos básicos, cuyo uso depende del método a utilizar en la evaluación (Baca 2006).

#### **2.2.9.1. Distribución probabilidad triangular.**

Es aquella probabilidad definida por tres parámetros: el mínimo a, el máximo b, y el valor más probable c. variando la posición del valor más probable con relación a los extremos, la distribución puede ser simétrica o no. La distribución triangular se usa usualmente como una aproximación de otras distribuciones, como la normal, o ante la ausencia de información más completa. Dado que depende de tres parámetros simples y pueden tomar

una variedad de formas, es muy flexible para modelizar una amplia variedad de supuestos. Una característica es que es cerrada, eliminando la posibilidades de valores extremos que quizás podrían ocurrir en la realidad (Fiorito, 2006).

La distribución triangular se define a través de las siguientes ecuaciones (Coss, 1998):

$$F(X) = \begin{cases} \frac{2}{(c-a) \times (b-a)} \times (x-a); & \text{para } a \leq x \leq b \\ \frac{2}{(c-a) \times (b-a)} \times (x-a); & \text{para } b \leq x \leq c \end{cases} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

$$\text{Media: } E(x) = \mu_j = \frac{1}{3} \times (a + b + c) \quad (\text{Ec. 2.13})$$

$$\text{Varianza: } \sigma_j^2 = \frac{1}{18} \times (a^2 + b^2 + c^2 - a \times b - a \times c - b \times c) \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

a: Estimación pesimista.

b: Estimación base

c: Estimación optimista

### 2.2.9.2. Distribución de probabilidad del valor presente.

El valor presente neto de una probabilidad de inversión, no considerando la tasa de inflación, se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$F(X) = \begin{cases} -1 & ; \text{si } j = 0 \\ \frac{1}{(1+i)^j} & ; \text{si } j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

$$\text{Media del valor presente neto: } E(\text{VPN}) = \sum (C_j \times \mu_j) \quad (\text{Ec. 2.16})$$

$$\text{Varianza del valor presente neto: } \text{Var}(\text{VPN}) = \sum (C_j^2 \times \sigma_j^2) \quad (\text{Ec. 2.17})$$

i: TMAR.

C<sub>j</sub>: Coeficiente Inflacionario.

### 2.2.10. Propiedades de los materiales.

Para utilizar los materiales de forma efectiva, se tiene que conocer cómo reaccionarán al ser sometidos al uso al cual están destinados, conocer no solo su comportamiento al ser usado, sino también si su comportamiento

está condicionado en gran medida por las propiedades de los materiales y los métodos para determinar dichas propiedades.

Los materiales metálicos, siendo los más comunes de esta clase de hierro, acero, latón, bronce, cobre, aluminio, magnesio, plomo, estaño y cinc. Para distinguir un material de otro hay que considerar las propiedades físicas. Estas son: color, densidad, color específico, coeficiente de expansión térmica, conductividad térmica, conductividad eléctrica, resistencia y dureza.

Algunas propiedades físicas describen la reacción del material al uso mecánico. A estas propiedades se las llama frecuentemente mecánicas. En la mayoría de los casos se tienen que considerar estas propiedades mecánicas ya que deben saber cómo reaccionarán los materiales con el uso al que se les destinan.

Para determinar las propiedades mecánicas, se somete a los materiales a pruebas de laboratorio normalizadas, en las que se controlan las condiciones que incluyen. Así se determina la relación ante cambios en las variables. Degarmo (1978)

### **2.2.11. Máquina y herramientas**

Las denominadas máquinas-herramientas son las que se encargan principalmente en el arranque de virutas. El principio básico utilizados para todas las máquinas-herramientas, es el de generar superficies por medio de movimientos relativos entre la herramienta (utensilio que se encuentra en contacto con la pieza) y la pieza.

Los filos de la herramienta remueven una capa delgada de material en la pieza, a la cual se le llama viruta. Las máquinas-herramientas tienen los movimientos básicos para la generación de superficies, uno de ellos es el movimiento principal, que es proporcionado por la maquina para dar movimiento relativo entre la herramienta y la pieza de tal manera que una cara de la herramienta alcance el material de la pieza. Este movimiento es el que adsorbe la mayor potencia total necesaria para realizar las operaciones de mecanizado. El otro movimiento es el de avance que generalmente es proporcionado por la maquina a la herramienta o porta herramienta, puede ser de forma continua o escalonada dependiendo de la superficie que se necesite generar, este movimiento generalmente absorbe una pequeña parte de la potencia necesaria para la operación de mecanizado.

Con la combinación de estos dos movimientos básicos se produce la superficie requerida y por consiguiente el arranque de virutas. Las máquinas-herramientas se pueden dividir entre grupos: las que usan herramientas monofilo, herramientas multifilo y muelas abrasivas.

A Continuación se describirán algunas de las principales máquinas-herramientas:

#### **2.2.11.1 La fresadora universal.**

Esta es una máquina-herramienta que se denomina de multifilo. La herramienta multifilo esta compuesta por dos o más filos cortantes, la mayoría de este tipo de herramientas son de tipo rotatorio, teniendo un vástago cilíndrico o cónico para ser sujetadas, o tienen un agujero para ser montadas en un árbol.

Las fresadoras se dividen en dos clases, fresadoras horizontales y fresadoras verticales, según la posición del husillo principal, sin embargo la fresadora universal es capaz de satisfacer ambas necesidades, debido al que el cabezal puede adaptarse con diversos accesorios para trabajar de una u otra forma. Existen muchos tipos de formas para las herramientas de fresa, así se pueden mecanizar surcos, orificios, canaletas de diversos tamaños, con gran calidad de acabado, sin embargo la fresadora es una máquina-herramienta que produce superficies planas en general.

#### **2.2.11.2. Cepillo hidráulico.**

El cepillo o conocido también como planeado, es un proceso de fabricación similar al limado, debido al que el arranque de virutas también se produce de forma lineal. La diferencia con el limado es que la pieza tiene el movimiento principal, mientras que la herramienta esta fija, teniendo el movimiento de alimentación.

Estas máquinas-herramientas se utilizan principalmente para el maquinado de superficies planas de grandes dimensiones, ya que la pieza se fija al carro y este es muy robusto.

#### **2.2.11.3. Rectificadora.**

Las rectificadoras se pueden clasificar de diversas maneras según el tipo de superficie a mecanizar: rectificadora universales, cilíndricas, horizontales, verticales, exteriores e interiores, entre otras.

En el rectificado es posible corregir todas imperfecciones de naturaleza geométrica causada por posibles procesos realizados al material para lograr ciertas características, como son las rugosidades superficiales, excentricidad de piezas cilíndricas, o deformaciones producto del temple. El rectificado puede ser muy preciso permitiendo así ajustar las dimensiones de una pieza en el orden de las milésimas de milímetros, por lo tanto en un proceso en el mecanizado de la pieza que se realiza casi siempre al final.

#### **2.2.11.4. Taladro.**

El taladrado es el proceso más común en la producción de orificios circulares, es un proceso muy empleado e importante. A pesar que el taladrado se efectúa con una herramienta que tiene dos bordes cortantes son relativamente simples, y las taladradoras están entre las máquinas-herramientas más simples y baratas.

Tipos de taladros:

Las taladradoras se clasifican usualmente de la siguiente manera:

1. De mesa: Simple, Sensitiva.
2. Vertical: De un solo huso, De torrecilla.
3. Radicales: Simples, Semi-universal, Universal.
4. Múltiples.
5. De eje múltiples.
6. De perforación profunda: Verticales, Horizontales.
7. De transferencia.

### **2.2.11.5. Torno.**

Su importancia se ve acrecentada porque también se les puede utilizar para realizar otras operaciones básicas de maquinado, como: alesado, frentado, taladrado y escariado. Además, con el uso de algunos accesorios especiales pueden hacerse rectificado y fresado.

Tipos de Tornos:

1. Tipos de tornos.
2. Torno paralelo.
3. Torno copiador.
4. Torno revólver.
5. Torno automático.
6. Torno vertical.
7. Torno CNC.

Torno paralelo.

Es una máquina que trabaja en el plano, porque solo tiene dos ejes de trabajo, ( Z y X) el carro que desplaza las herramientas a lo largo de la pieza y produce torneados cilíndricos, y el carro transversal que se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza, con este carro se realiza la operación denominada refrentado.

Lo característico de este tipo de torno es que se pueden realizar en el mismo todo tipo de tareas propias del torneado, como taladrado, cilindrado, mandrinado, refrenado, roscado, conos, ranurado, escariado, moleteado, etc; mediante diferentes tipos de herramientas y útiles que de formas intercambiables y con formas variadas se le pueden ir acoplando.

Torno control numérico.

Es un tipo de torno operado mediante control numérico por computadora. Se caracteriza por ser una máquina herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada a través del ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programa conocedor de la tecnología de mecanizado en torno. Es una máquina ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas.

#### **2.2.12. Diagrama de flujo de proceso.**

El diagrama de flujo de procesos del operario presenta el proceso desde el punto de vista de la actividad que se realice el operario. Para efecto de análisis y para ayudar a detectar y suprimir las ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que suceden durante un proceso en cinco categorías, las cuales se conocen como: operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento. Las siguientes definiciones incluyen el significado que se les da a estas clasificaciones en la mayoría de las situaciones que se pueden encontrar en las tareas de procesos.



Operación: la operación sucede cuando se cambia alguna de las actividades físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o desmonta de otro objeto, o cuando se arregla o prepara para otra operación, transportación, inspección o almacenamiento. La operación también se da

cuando se entrega o se recibe información o bien cuando se lleva a cabo un cálculo o se planea algo.



Transporte: el transporte se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento es parte de la operación o es provocado por el operario de la estación de trabajo durante la operación o la inspección.



Inspección: la inspección sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar la calidad o cantidad de cualquiera de sus características.



Demora: un objeto tiene demora o está rezagado cuando las condiciones, con excepción de las que de manera intencional se modifica las características físicas o químicas del mismo, no permiten o requieren que se realice de inmediato el siguiente paso según el plan.



Almacenamiento: el almacenaje se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada.



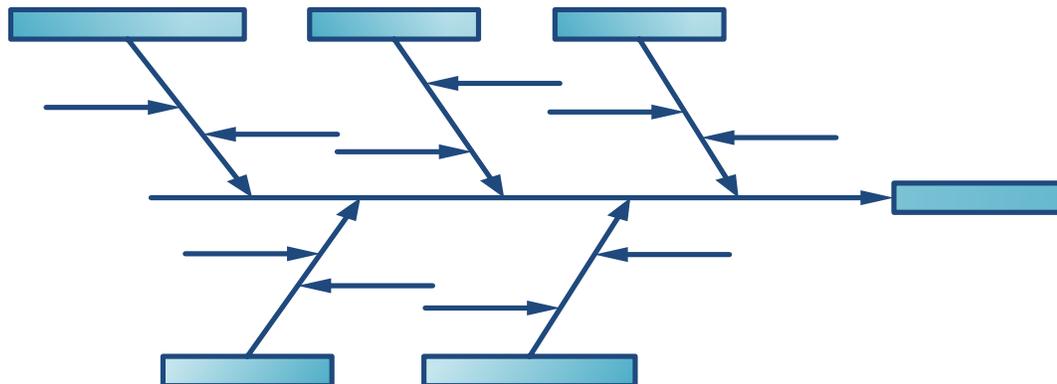
Actividad combinada: siempre que se necesita ilustrar las actividades realizadas, ya sean concurrentemente o por el mismo operador en la misma estación de trabajo, los símbolos para esas actividades se combinan tal

como aparece en la figura, una operación combinada con una inspección. Hodson (1996).

### 2.2.13. Diagrama de Causa – Efecto.

Los diagramas de pescado, también conocidos como diagrama de causa – efecto, fue desarrollado por Ishikawa. El método consiste en definir la ocurrencia de un evento no deseable o problema, es decir, el efecto, como la “cabeza del pescado” y después identificar los factores que constituyen, es decir las causas, como el “esqueleto del pescado” que sale del hueso posterior de la cabeza. Las causas principales se dividen en cuatro o cinco categorías principales: humanas, máquinas, métodos, materiales, entorno, administración, cada una dividida en subcausas. El proceso continúa hasta enumerar todas las causas posibles; para luego ser analizadas desde un punto de vista crítico en términos de contribución probable al problema. Nievel y Freivalds (2004)

A continuación se muestra en la figura 2.1 Diagrama de causa - efecto.



**Figura 2.1. Diagrama de causa – efecto.**

Fuente: Nievel y Freivalds (2004).

#### 2.2.14. Términos básicos.

**Aceros aliados:** estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Este se emplea para diversas partes de equipos, tales como engranajes, ejes y palancas, anillos, bujes, entre otros. El contenido de la aleación varía desde 0,25% a un 6%.

**Acero al carbono:** más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre.

**Acero inoxidable:** estos contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas.

**Aceros inoxidables serie 300 (Austeníticos):** son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varía de 16 a 28%, el de Níquel de 3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%. Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317.

**Aceros inoxidable serie 400 (Martensíticos):** es la primera rama de los aceros inoxidables, llamados simplemente al Cromo y fueron los primeros

desarrollados industrialmente, tienen un contenido de Carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de Cromo de 12 a 18%. Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 430. Debido a su elevada dureza (se puede incrementar por tratamiento térmico) y gran facilidad de maquinado, resistencia a la corrosión moderada.

**Alesado:** es un torneado interno, pues consiste en que una herramienta de corte de punta única produzca una superficie cilíndrica o cónica interna.

**Desbaste:** remoción de material en una pieza.

**Frenteado:** es una operación especial de torneado en la cual la herramienta se mueve a través de la pieza en una dirección normal al eje de rotación, en lugar de hacerlo paralelamente. El resultado es la obtención de una superficie plana en lugar de una cilíndrica.

**Fresado:** es una operación de maquinado en el cual se hace pasar una parte de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes.

**Normas:** consiste en un documento escrito por autoridades para recomendar acciones en el logro de ciertos objetivos. Las normas usualmente contienen aspectos teóricos y fundamentales educativos que sustentan y justifican las recomendaciones presentes.

**Procedimientos:** describe todos los pasos a seguir por las diferentes áreas dedicadas a la fabricación de partes, piezas y componentes utilizados a lo largo del proceso productivo.

**Producto:** es el resultado de toda actividad o proceso.

**Tolerancias:** es el resultado de toda actividad o proceso.

**Torneado:** es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de punta sencilla remueve material de la superficie de una pieza de trabajo en rotación.

**Refrentado:** es una operación especial de torneado en el cual la herramienta se mueve a través de la pieza en una dirección al eje de rotación, el lugar de hacerlo paralelamente. El resultado es la obtención de una superficie plana en lugar de un cilindrado.

## **Capítulo III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Nivel de la investigación.**

De acuerdo al nivel de conocimiento, el proyecto se enmarcó en una investigación descriptiva ya que se identificaron los equipos más críticos de la planta de PDVSA PetroPiar y las piezas con mayor demanda al realizarles el mantenimiento en el taller de la empresa. Se comprendió la descripción, análisis e interpretación del problema actual, además requirió la aplicación de técnicas específicas así como de criterios y formato de recolección de información e interpretación de resultados.

#### **3.2. Descripción de la investigación.**

Se utilizó la investigación documental, ya que estuvo sujeta a la consulta de documentos bibliográficos, manuales de información, normas, entre otros. También, se empleó la investigación de campo, éste permitió obtener la información necesaria directamente del área de estudio, donde se puede observar las necesidades físicas reales de las actividades que se plantearon.

#### **3.3. Propósito de la investigación.**

Por los resultados obtenidos durante la investigación, esta puede ser clasificada según su propósito en una investigación aplicada, ya que se refirió

a la actualización de métodos e implantación de rutinas, que permitan evaluar la rentabilidad del proyecto.

### **3.4. Población y muestra.**

En la presente investigación, la unidad de análisis objeto de observación, estuvo integrado por cuatro bombas centrífugas Sulzer, del área de planta de PDVSA PetroPiar, en el complejo criogénico José Antonio Anzoátegui. Para la muestra se realizó el estudio a un conjunto de piezas que conforman la parte interna de las bombas centrífugas Sulzer, las cuales comprenden la carcaza, el impulsor, los sellos, los anillos, los bujes y el eje entre otros. En este caso se realizara un estudio con respecto a la fabricación de anillos, bujes y ejes de estos equipos.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

**1. Observación simple y participación:** ésta técnica se da cuando el investigador forma parte activa del grupo observado y asume su comportamiento. Al aplicar ésta técnica se recabó la información fundamental para la descripción de la situación actual, descripción de las operaciones y actividades, así como los datos numéricos registrados para la estandarización de los tiempos de las mismas (operaciones y actividades) del área mecanizado en donde se realizan las piezas y en el área mecánica en donde se efectúa el mantenimiento de los equipos, al igual otros datos necesarios para el desarrollo de objetivos del estudio.

**2. Técnica documentales:** consiste en la revisión de la búsqueda de información relacionado con el proyecto a desarrollar, es decir, conocer el estado actual del tema, averiguar qué se sabe y que aspectos quedan por estudiar; identificar el marco de referencia, las definiciones conceptuales y operativas de las variables en estudio, descubrir los métodos y procedimientos destinados a la recolección y análisis de datos, utilizados en investigaciones similares, apoyados en libros, manuales, tesis, páginas Web, folletos, leyes, normas, entre otros documentos, con el propósito de obtener una base teórica más amplia.

**3. Técnica de cronometrado:** Esta técnica es la que nos ayudara a obtener los tiempos actualizados para la fabricación de las piezas.

**4. Formatos de recolección de datos:** se utilizó un formato para registrar los tiempos obtenidos en el estudio y desglosar las operaciones en elementos.

### **3.6. Técnica de análisis de datos.**

**1. Diagrama de flujo de proceso:** el diagrama de proceso nos será muy útil para visualizar de mejor manera el proceso de realización de las piezas.

**2. Diagrama de causa – efecto:** esta técnica se utilizó para organizar y representar las diferentes causas reales y potenciales de los problemas o sucesos que presentaba la realización del mantenimiento en el taller de la empresa.

**3. Tablas de datos:** esta herramienta se utilizo para presentar, en tablas informaciones, tanto cuantitativas como cualitativas, para una mejor organización y manejo de la información. La cual fue utilizada en la recolección de los tiempos de fabricación de las piezas, entre otras.

**Capítulo IV**  
**SITUACIÓN ACTUAL Y CAPACIDAD DEL TALLER**

#### **4.1. Descripción actual de las áreas del taller central de mantenimiento.**

**4.1.1. Área de mecánica y mecanizado:** comprende dos áreas las cuales están supervisada por un líder, el área de mecánica cuenta con cinco técnicos mecánico que se encargan de ejecutar los trabajos de mantenimiento que se realizan en el taller. En el área de mecanizado laboran seis técnicos en mecanizado, este personal está capacitado para realizar las actividades que le asigna su supervisor inmediato, por lo que cuentan con las herramientas y equipos necesarios para realizar sus tareas. En estas áreas se lleva a cabo el estudio para la realización de este proyecto.

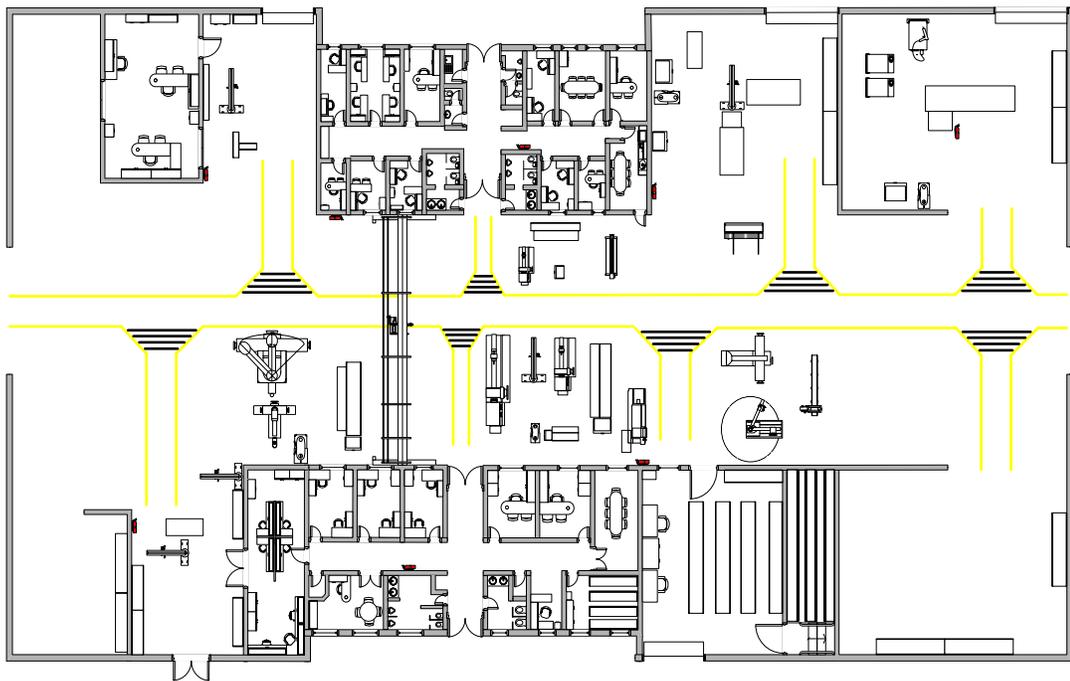
**4.1.2. Área administrativa:** comprende dos módulos A y B, estos se encuentran uno en la parte derecha del taller y otro en la parte izquierda de este, en esta área se encuentra todo el personal administrativo del taller.

**4.1.3. Área eléctrica:** conformada por un supervisor, un ingeniero eléctrico, cuatro técnicos electricista y un electricista, esta área cuenta con todos los instrumentos y equipos necesarios para realizar sus actividades.

**4.1.4. Área de soldadura:** dispone de un líder de soldadura el cual se encarga de que todas las ordenes de trabajo se realicen correctamente, esta cuenta con ocho técnicos en soldadura, dos soldadores, un aislador, un ayudante de aislador, un latonero y un fabricante. El personal que labora en esta área disponen de equipos, máquinas y herramientas para realiza sus actividades.

**4.1.5. Área de instrumentación:** la cual dispone de un supervisor de esta área, cinco ingenieros de equipos especiales y cuatro especialistas de analizadores.

A continuación se muestra la vista de planta del taller central de PDVSA PetroPiar.



**Figura 4.1. Plano del taller central de PDVSA PetroPiar.**

Fuente: PDVSA PetroPiar.

**4.3. Personal del área de mecanizado y mecánica que pertenecen al departamento de mantenimiento.**

Estas áreas están conformada por un supervisor general, un líder, ocho (8) técnicos mecánicos, ocho (8) técnicos en mecanizado, cuatro (4) mecánicos; con un horario de trabajo de 8 horas de lunes a viernes.

Área Administrativa  
Módulo A

## **4.2. Análisis cualitativo de las condiciones operativas del taller central**

Actualmente el taller central de mantenimiento de PetroPiar; presenta deficiencia con la entrega de repuestos al taller debido a la falta de stock en el inventario; Lo cual genera atraso en la ejecución de las ordenes de mantenimiento a los equipos pertenecientes al área de planta. Para evitar tardanza y acumulación de los trabajos; la superintendencia de mantenimiento tiene el interés de que se fabriquen las piezas de los equipos dentro de las instalaciones del taller central; para así disminuir los costos de importación.

## **4.3. Procedimientos para la ejecución de mantenimiento.**

Las órdenes de mantenimiento son aquellas que se realizan a los equipos o máquinas ubicados en el área de planta, que conforman el proceso productivo del mejorador, éste se realiza con la finalidad de que no se genere paradas en los equipos y afectan su disponibilidad.

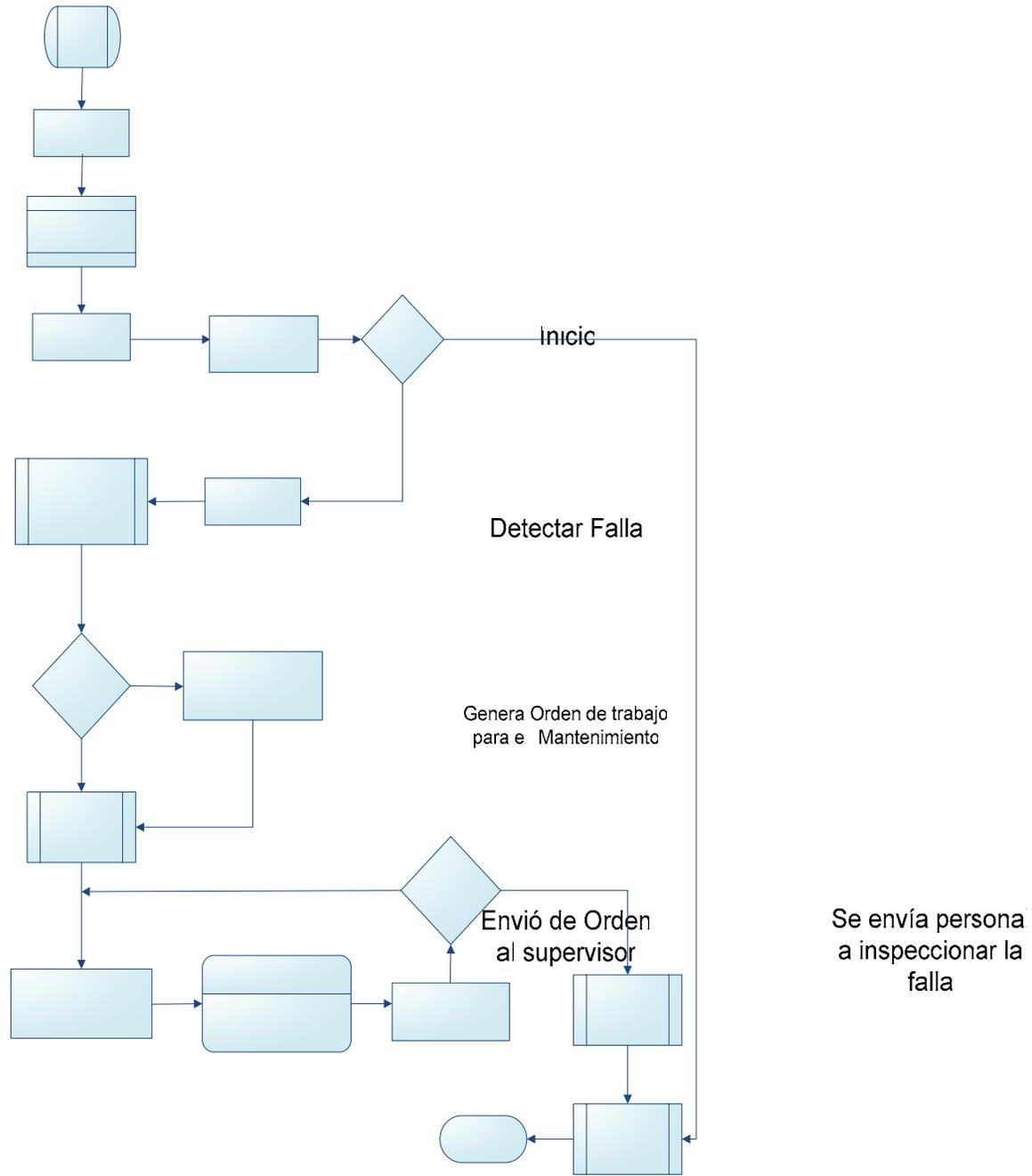
### **4.3.1. Descripción del proceso.**

Al detectarse una falla o anomalía en un equipo o máquina en la planta, el personal de operaciones emite una orden de trabajo a través de Maximo (Sistema de Mantenimiento y Gestión Estratégica de Activos) al personal de confiabilidad (ver apéndice A-1); estos inspecciona el equipo para determinar cuál es la falla que se le presenta y establecen si se requiere de mantenimiento en el área o amerita que este sea llevado al taller central.

Si es necesario enviar el equipo al taller, el personal de confiabilidad emite una orden de trabajo por Maximo, al personal de planificación en donde especifican la falla que presenta el equipo. Luego que el planificador recibe la orden, evalúa si dispone de personal, equipos, repuestos y otros, luego conjuntamente con el personal de operaciones y el Supervisor del taller, se decide el día de la ejecución del trabajo.

Ya concretado el día de realizar la actividad el planificador emite una orden de trabajo al almacén por Maximo en donde especifica los repuestos requeridos para realizar el mantenimiento al equipo y estos son entregados al líder mecánico, el cual posteriormente le hace entrega a los mecánicos que realizarán el mantenimiento correctivo. Si surge otra falla no prevista a la hora de realizar la actividad el mecánico informa al líder para que este le notifique al planificador y solicite los repuestos faltantes; el planificador solicita los repuestos creando una sub-orden a partir de la anterior y esta es enviada al almacén a través de Maximo para que estos despachen los repuestos adicionales.

Posteriormente que se tengan todos los repuestos se concluye con el trabajo asignado y el mecánico realiza un reporte en el cual llena unas planillas en donde se especifica la falla que presentó, las piezas reemplazadas, el personal que trabajó en el mantenimiento y la duración de la actividad (ver apéndice A-2 y A-3). Esta es entregada al líder quien verifica el reporte y procede a cerrar la orden técnicamente; lo que indica que el trabajo ha sido realizado. Luego de culminada estas operaciones el líder verifica si tiene otra orden de trabajo y se inicia nuevamente el proceso. En la figura 4.2. Se representa el flujograma de la ejecución de mantenimiento



**Figura. 4.2. Flujo de la ejecución de mantenimiento.**  
Fuente: Elaboración propia. Personal, Equipos, Repuestos, Otros

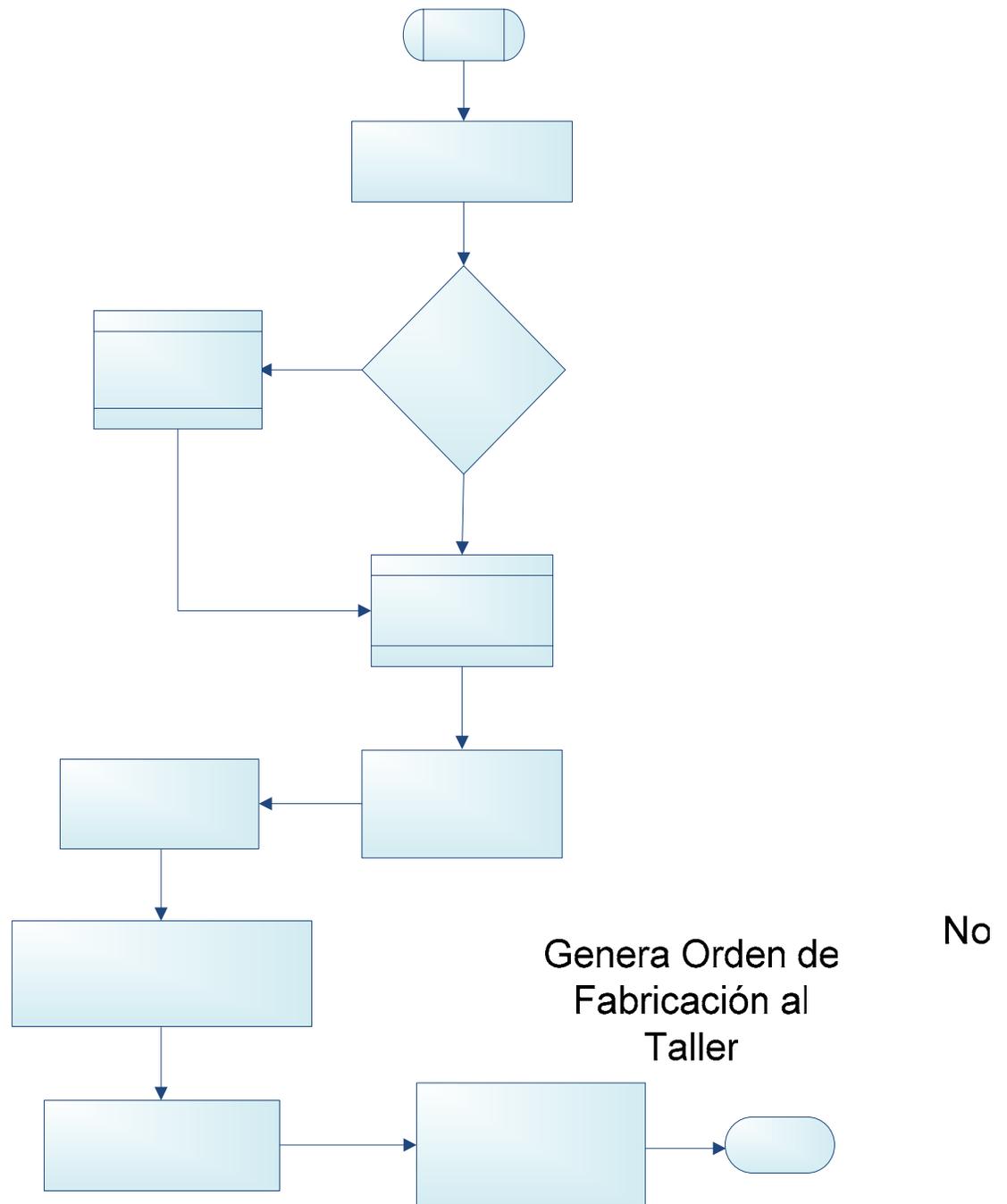
#### **4.4. Solicitud de repuestos.**

La solicitud de repuestos es la actividad por medio la cual se solicita al departamento de Almacén de Materiales; todos aquellos repuestos e insumos necesarios para realizar los trabajos en el taller. Estas actividades se realizan a través de Maximo, el cual genera las ordenes de trabajo para la solicitud de repuestos e insumos.

##### **4.4.1. Descripción del proceso.**

El planificador al tener la orden de mantenimiento correctivo, realiza la solicitud de los repuestos requeridos para la realización del mantenimiento por Maximo o llena una planilla de solicitud de movimiento de materiales (ver apéndice B), antes verifica en SAP (Punto de Acceso al Servicio) si los repuestos se encuentran en inventario y enviar la orden de solicitud de repuestos al almacén.

Seguidamente el personal del almacén recibe la orden y verifica la existencia de los repuestos en el sistema, posteriormente procede a realizar la entrega del material, luego el planificador le hace entrega de los repuestos al supervisor del taller. Todos estos pasos se realizan antes de ejecutar el plan de mantenimiento del equipo; debido a las recomendaciones realizadas por el personal de confiabilidad, si al realizar el mantenimiento surge otra falla no prevista por el planificador, este genera una sub-orden de solicitud de repuestos a partir de la ya existente y reenvía al almacén. En la figura 4.3. Se presenta el flujograma de la solicitud de repuestos.



**Figura. 4.3. Flujograma para la solicitud de repuestos.**  
 Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5. Ejecución de la orden de fabricación.

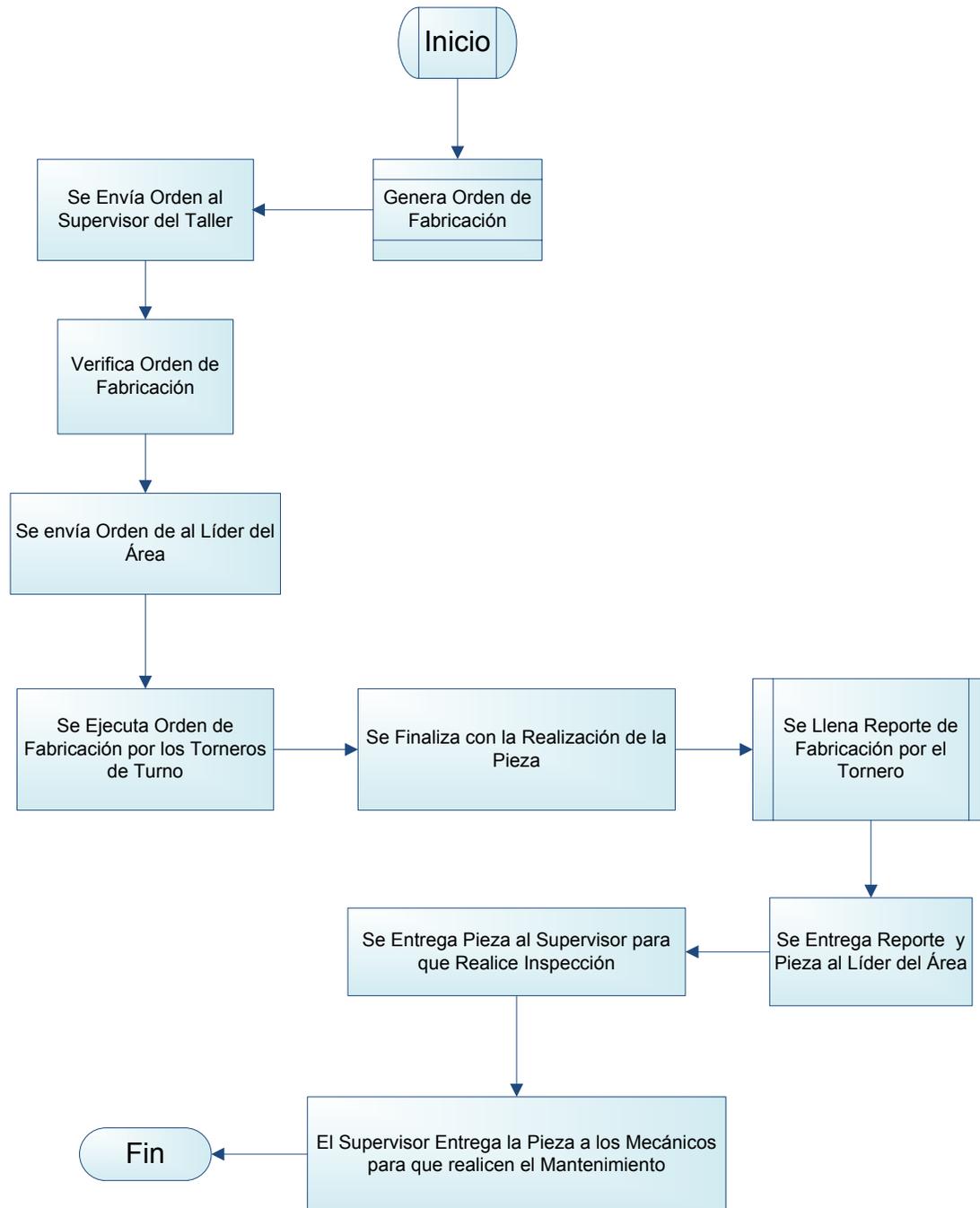
La ejecución de la orden de fabricación, es necesaria para la realización de las piezas a la hora de ejecutar el mantenimiento a los equipos en el taller.

#### **4.5.1. Descripción del procedimiento de fabricación.**

Al recibir la orden de mantenimiento el planificador verifica en el sistema si se encuentran los repuestos requeridos para realizar la actividad. Si los repuestos no se encuentran en el almacén el planificador genera una orden de fabricación al taller y se le envía al supervisor, el cual verifica las piezas que se deben realizar, posteriormente envía la solicitud al líder del área. Luego el líder les entrega la orden de trabajo a los torneros para que la ejecuten. (Ver Anexo C-1)

El planificador en la orden de fabricación describe la pieza que se debe realizar, los materiales, el personal que ejecutara la actividad y el costo que genera la realización de dicha pieza. Luego de realizada la pieza, el tornero llena la hoja de reporte de fabricación en la cual especifica la actividad realizada, los materiales utilizado, equipos y la duración de la actividad (ver apéndice C-2); posteriormente le hace entrega al líder mecánico el reporte y la pieza realizada; la cual hace entrega al supervisor del taller para que la inspeccione y entregue al mecánico para que culmine el mantenimiento.

En la figura 4.4. Se representa el flujograma de la ejecución de fabricación.

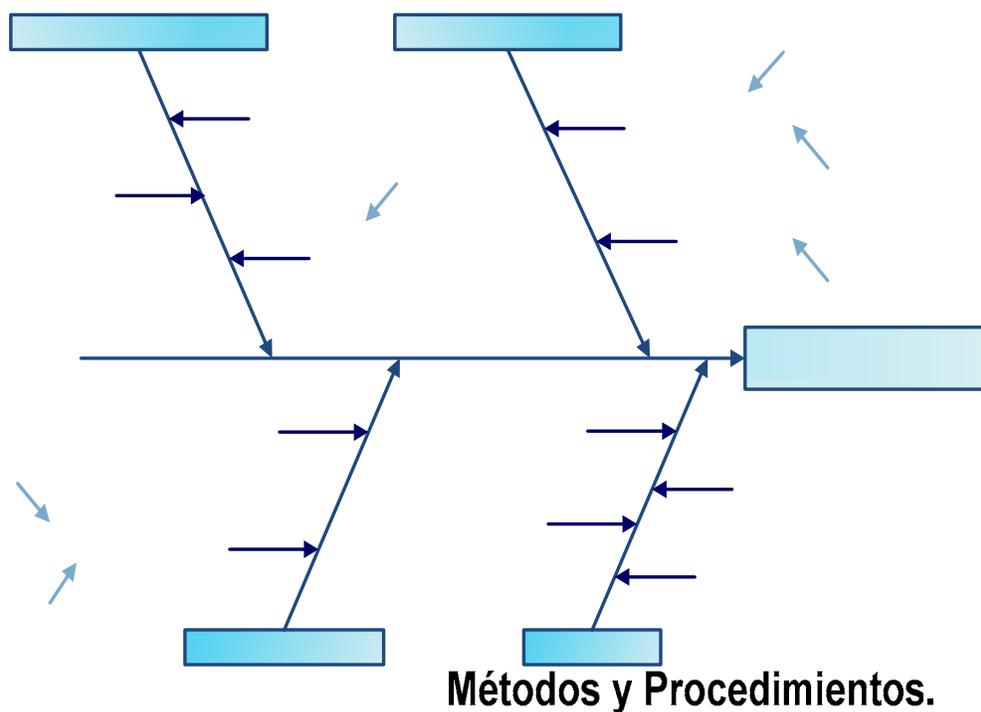


**Figura. 4.4. Flujograma de la ejecución de fabricación.**

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.6. Diagrama de causa-efecto.

Para describir la situación actual, se aplicó la técnica del diagrama causa-efecto o Ishikawa, como se observa en la figura 4.5; con la finalidad de visualizar las causas que originan la demora en la fabricación de las piezas.



**Figura 4.5. Diagrama Ishikawa. Demora en la realización de las actividades de Mantenimiento.**

Fuente: Elaboración Propia

No se tiene docum

Falta en el almacenamiento de documentos.

Falla en la ap  
órdenes

**Tabla 4.1. Descripciones de causas y actividades Correctivas.**

Causa	Sub-Causa	Efecto	Acción Correctiva
Materiales o/y Repuestos.	Falla en la entrega de materiales o/y repuestos, debido a que estos no coinciden con los requeridos o no se encuentran en inventario.	La falta de materiales o/y repuestos y la entrega incorrecta de estos causa demoras en la realización de las actividades en el taller; en cuanto al mantenimiento a los equipos y la fabricación de las piezas en el taller.	Establecer un parámetro en el cual el taller y el almacén trabajen conjuntamente, que permitan solventar la necesidad de repuestos. El taller se encargaría de realizar las piezas, dependiendo de los equipos que éste dispone; para garantizar la existencia de éstas en el almacén. Se debe corroborar que los materiales o/y repuestos coincida con el código, la descripción y la ubicación en el almacén con los del sistema SAP, garantizando así la entrega correcta del material o/y repuesto.
	No se aplican todo los mecanismos de verificación de calidad a los materiales o/y repuestos en la entrega.	Esto causa que se tenga materiales o/y repuestos en malas condiciones, lo que origina retraso en la realización del mantenimiento; lo que trae como consecuencia que baje el rendimiento del taller, debido a la espera de otros materiales o/y repuestos.	Se deben realizar controles de calidad de los materiales y repuestos periódicamente así se garantiza que estos se encuentren en buen estado y se garantiza la entrega optima de estos.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.1. Descripciones de causas y actividades Correctivas. (Continuación)**

Causa	Sub-Causa	Efecto	Acción Correctiva
Métodos y Procedimientos.	No se tiene documentación de los procedimientos de mantenimiento de los equipos que llegan al taller y las piezas realizadas en éste.	No todos los equipos que llegan al taller poseen documentación, donde muestre de forma detallada el procedimiento de mantenimiento; lo que causa que los empleados sin experiencia no puedan realizar las actividades. Al no tener documentación de las piezas realizadas en el taller por parte de los torneros, causa que a la hora de realizar de nuevo la pieza se pierda tiempo en recolectar nuevamente la información de la pieza a realizar.	Se debe tener documentación de los procedimientos y desarrollar manuales de instrucciones de trabajos, en el cual se tenga de forma detallada todos los pasos que se deben cumplir para realizar el mantenimiento a los equipos y así poder someterlos a revisión en caso de ser necesario. Se debe tener un archivo en el cual se tenga información de todas las piezas que se han realizado en el taller por parte de los torneros y así disminuir el tiempo de realización de la pieza.
	No se tiene un orden en la ejecución de las órdenes de trabajo.	Al no tener un orden en la ejecución de las órdenes de trabajo, causa que estas se acumulen y no sean realizados correctamente o no se cumpla con la calidad requerida por la empresa.	Se debe realizar las ordenes de trabajo de acuerdo a como se encuentran programadas, si se debe realizar trabajos de improviso que amerita realizarlos con urgencia; se debe distribuir el trabajo entre los empleados y no dejar de realizar ordenes ya programadas.
	Falla en el almacenamiento de información.	Las hojas que deben llenar los mecánicos, después de realizar el mantenimiento a los equipos, son llenados a mano, es decir, no hay respaldos en el sistema de estas operaciones en cuanto a las actividades realizadas.	Se debe tener un respaldo en digital de las hojas de cierre del mantenimiento de cada equipo y así tener un historial de estos y tener en cuenta cuales son las fallas que ha presentado.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.1. Descripciones de causas y actividades Correctivas. (Continuación)**

Causa	Sub-Causa	Efecto	Acción Correctiva
Máquinas y Equipos	Falta de plan de Mantenimiento.	Varios de los equipos y máquinas que se utilizan en el proceso, se encuentran en mal estado o en condiciones físicas ineficientes, lo que causa defectos en el producto terminado o no se obtiene la calidad esperada, lo que puede generar inconvenientes al ser utilizados.	Se debe reparar o sustituir los equipos que presenten mayor riesgo dentro del proceso productivo y ser objeto de revisión constante por parte de los operarios y realizar el debido mantenimiento periódico a los equipos y máquinas.
	Fuera de servicio de algunos equipos y máquinas.	Al encontrarse equipos y máquinas fuera de servicio por falta de instalación o por repuestos, causa que al requerirlos para realizar un trabajo no pueda ser ejecutado, lo que disminuye la capacidad de operación del taller.	El personal de mantenimiento debe contactar a los proveedores, para que le presten el servicio a los equipos y máquinas del taller o faciliten los repuestos para así tener operativos todos estos y así garantizar el funcionamiento óptimo del área de trabajo.
	Escaso personal para el manejo de los equipos	No todo el personal del taller tiene conocimiento del funcionamiento de los equipos y máquinas, lo que causa que dependan de un operario en la realización de los trabajos.	Se debe capacitar al personal con respecto al funcionamiento de los equipos para así garantizar la realización de las actividades.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 4.1. Descripciones de causas y actividades Correctivas. (Continuación)**

Causa	Sub-Causa	Efecto	Acción Correctiva
Recurso Humano.	Falta de capacitación.	Debido a la falta de adiestramiento a los empleados por parte de la empresa, causa que no todos conozcan el funcionamiento de los equipos, lo que trae como consecuencia que dependan de un empleado para realizar las actividades y se vea afectado la el funcionamiento del taller.	Se debe contar con un programa de adiestramiento y así poder instruir al nuevo personal que no posea experiencia con respecto al funcionamiento de los equipos que cuenta el taller, lo que facilitara la realización de las actividades.
	Mala coordinación en la realización de las actividades.	No se tiene un buen control en la realización de las actividades en el taller, lo que causa que el personal del taller tenga mucho tiempo ocioso y no se cumpla la planificación establecida.	Se debe realizar un cronograma de actividades semanal en el cual se distribuya las actividades entre los empleados y así garantizar que las ordenes de trabajos se entregan en la fecha planificada.
	Exceso de carga laboral.	Al no tener una buena programación en las actividades, trae como consecuencia que la carga laboral recaiga en pocos empleados, los que causa agotamiento, descontento y una disminución en la eficiencia y la calidad del trabajo.	Se debe distribuir el trabajo entre los empleados para que no cause fatiga y así mantener la eficiencia del taller, evitando los actos inseguros y descontento entre el personal.
	Desmotivación del personal.	Al no tener motivación por parte de los supervisores a sus subalternos causa un descontento en el personal y disminuye los niveles de eficiencia en la realización de las actividades.	Se debe motivar al personal en la realización de sus actividades para así tener un mayor rendimiento en estas.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.7. Capacidad de instalación del taller.

Las herramientas y equipos son importantes ya que estas permiten que las actividades del taller se ejecuten con mayor facilidad; debido a esto se considero un punto fundamental en la realización de esta investigación; el taller cuenta con 62 equipos. A continuación se muestra en la tabla 4.2 el inventario de los equipos del taller de las áreas de mecánica, mecanizado y soldadura. .

**Tabla 4.2. Inventario de equipos del taller de área de mecanizado y mecánica.**

Área	Equipos	Unid.	Funcionalidad
Área de Mecanizado y Mecánica	Esmeril Pedestal, 8".	1	Esmeril para afilar mechas y Herramientas del torno.
	Esmeril Pedestal, 12" - Marca KEF/ALDELL - Modelo PSD10.	3	Para afilar cuchillas de acero rápido y brocas.
	Esmeril de Banco - Maca FIMEC - Modelo SM20/25T.	1	Para afilar cuchillas de acero rápido y brocas.
	Máq. Lapeadora 12" Marca LACMASTER - Modelo 12.	1	Realiza los asientos de las válvulas de seguridad.
	Máq. Lapeadora 24" - Marca LACMASTER - Modelo 24.	1	Realiza los asientos de las válvulas de seguridad.
	Taladro Radial - Marca Pobeda - Modelo RB 70-1600.	1	Se realiza taladrado a piezas de gran tamaño, perforaciones de grandes diámetros y su avance es automático o manual.
	Calentador Rodamientos - 1 Marca SKF - Modelo TIH-070.	1	Calienta los rodamientos para ser motado en la pieza.
	Calentador Rodamientos - 2 Marca SKF - Modelo TIH-090.	1	Calienta los rodamientos para ser motado en la pieza.
	Banco de Precisión Entrepuntos, - Marca Meda - Modelo 6500200 + Acc.	1	Este nos permite chequear los ejes para así descartar alguna imperfección.
	Taladro de Columna Media - Marca Arcenal - Modelo PK050A.	1	Con este equipo se realiza taladrados de diferentes diámetros.
	Sierra Horizontal de Vaivén - Marca JETKOV - Modelo ON401.	1	Corta diferentes tipos de materiales.
	Fresadora Universal - Maca Strojtos Modelo FGS63T Plus.	1	Esta maquina trabaja con piezas planas, las cuales se le pueden realizar los siguientes procesos: ranurar, cilindrado, perforación, labrado, entre otros.

**Fuente:** Taller central de PDVSA PetroPiar.

**Tabla 4.2. Inventario de equipos del taller de área de mecanizado y mecánica. (Continuación)**

Área	Equipos	Unid.	Funcionalidad
Área de Mecanizado y Mecánica	Horno Tratamiento Térmico - Marca NABERTHERM - Modelo MOBILOTHERM 2200.	1	Realiza tratamientos térmicos en los cuales comprenden: temple normalizado, revenido y cementación.
	Madrinadora Horizontal.	1	En esta maquina se realiza: frezado, taladrado, cilindrado, refrentado y mandrinado de piezas grades.
	Balaceadora Dinamica -Maraca ENTERKIRP - Modelo B100-10R.	1	Este maquina balancea las piezas y rotores.
	Rectificadora Cilindrica - Maraca CETOS - Modelo BUB40 X 2000K51.	1	Rectificación interna y externa de piezas cilíndricas.
	Rectificadora Plana - Maca VOJAS - Modelo BRH50B/111.	1	Rectificación interna y externa de piezas planas.
	Torno Control Numérico - Maraca Pinacho.	1	Fabrica piezas en serie en las cuales se les puede realizar: maquinado, cilindrado, rectificado, rosca interna y externa.
	Torno Paralelo de 1,5 - Marca Pinacho - Modelo SP/250.	1	En esta maquina se puede realizar: cilindr, refrentar, Perfilado, Roscado, tronzar.
	Torno Paralelo de 3M - Marca TRENS - Modelo SN 71C.	1	En esta maquina se puede realizar: cilindr, refrentar, Perfilado, Roscado, tronzar.
	Torno Paralelo de 5M - Marca ZMM-SLIVEN - Modelo CU 1000.	1	En esta maquina se puede realizar: cilindr, refrentar, Perfilado, Roscado, tronzar.
	Torno Portatil - Marca Climax - Modelo BT4000.	1	Esta maquina realiza Maquinado de bridas y bicelado de la tubería en sitio.
	Torno Portatil - Marca Climax - Modelo BT2000.	1	Con este equipo se realiza: cilindrado, refrentado, perfilado y roscado.
	Torno Portatil - Marca Climax - Modelo FF6000.	1	Con este equipo se realiza: cilindrado, refrentado, perfilado y roscado.
	Torno Portatil - Marca Climax - Modelo FF3000.	1	Con este equipo se realiza: cilindrado, refrentado, perfilado y roscado.
	Torno Vertical - Maraca Umaro -Modelo SC17CC.	1	Con este equipo se realiza: cilindrado, refrentado, perfilado y roscado.
	Taladro de Columna Mediano.	1	Se relaza taladrado a piezas de gran tamaño, perforaciones de grandes diámetros y su avance es automático o manual.
Cepillo Mecánico - Modelo SH45C.	1	Desgaste y acabado de superficies planas. Ranuras rectas y de diferentes perfiles.	

**Fuente:** Taller central de PDVSA PetroPiar.

**Tabla 4.2. Inventario de equipos del taller de área de mecanizado y mecánica.  
(Continuación)**

Área	Equipos	Unid.	Funcionalidad
Área de Mecanizado y Mecánica	Cizalla Punzonadora Universal - Marca Geka - Modelo Hydracrop 55-110.	1	Punzonado: estación de trabajo que nos permite agujerar material Corte de ángulos: estación de trabajo que permite Corte de llantas: estación de trabajo que permite el corte de planos por accionamiento de dos cuchillas Corte de redondos y cuadrados: estación de trabajo que permite el corte de barras macizas redonda y cuadradas de diferentes dimensiones Entallado: estación de trabajo que permite el extraer del mismo (vulgarmente llamado "sacabocados").
	Prensa Hidráulica - Marca ENERPAC - Modelo PUR 3409B.	1	Extracción y montaje de piezas a presión.
	Sistema de Banco de Prueba para Válvula de Control.	1	Puerto de Calibración (Gauge Calibration Port), este puerto permite al usuario instalar (peripherals) instrumentos de calibración tales como: manómetros de Test, impresoras para chequear la precisión de la relojería del panel de control.
	Hot Tapping Equipment TDW (Taladro).	1	Este equipo se utiliza para hacer perforaciones en tuberías en servicio.
	Banco de Pruebas de Válvulas de Alivio.	1	Calibrar válvulas de presión de apertura de cierre y hermeticidad.
	Balanza Industrial Electronica - Marca TRONSCCELL - Modelo TI - 500 ESS.	1	Pesar piezas y equipos a balancear.
	Prensa Machinist Swivel Base Vises - Marca Wilston - Modelo 600S.	15	Para sujetar piezas que requieran de presión o compresión y ajuste.
	Máq. Roscadora de Tuberías - Marca RIDGID - Modelo 1822.	2	Para realizar las roscas a las tuberías.
	Extractor de Rodamientos - Marca SNAP-OP - Modelo CG1038KA.	2	Extractor de rodamientos, piezas, cojinetes y bocinas.
	Máq. de Lavado Preescisión - Marca FIMIS - Modelo 205	2	Para limpiar piezas y motores.
	Esmeril Pedestal, 12" - Marca KEF - Modelo PSD-10	1	Para esmerilar piezas
	Máq. Corte de Plasma - Marca Miller - Modelo Spectrum 701 + Acc - Código int. PAWS-003	1	Para cortar acero inoxidable hasta 3/8" y acero de carbono hasta 3/4"

**Fuente:** Taller central de PDVSA PetroPiar.

**Tabla 4.3. Inventario de equipos del taller de área de Soldadura.**

Área	Equipos	Unid.	Funcionalidad
Área de Soldadura	Esmeril Pedestal, 12" - Marca KEF - Modelo PSD-10	1	Para esmerilar piezas
	Máq. Corte de Plasma - Marca Miller - Modelo Spectrum 701 + Acc - Código int. PAWS-003	1	Para cortar acero inoxidable hasta 3/8" y acero de carbono hasta 3/4"
	Máq. Corte de Plasma - Marca Miller - Modelo Spectrum 1250 + Acc - Código int. PAWS-004	1	Para cortar acero inoxidable de hasta 1/2" y acero de carbono 1"
	Máq. De Soldar con 8 tomas de 300 A - Marca Miller - Modelo MARK VIII	1	Esta maquina permite que ocho operadores trabajen al mismo tiempo, debido a sus ocho tomas
	Máq. Tronzadora - Marca IME1 - Código int. APWS- 0011	1	Corta cualquier material de 3½" de diámetro y con un ángulo de 0 a 35° ambos lados
	Máq. de Soldar Multiprocesos - Marca Fronius -Modelo Transpuls Synergic500 Código int. PAWS - 0016 / 0017	2	Para proceso GMAW, GTAW, SMAW y transferencia metálica pulsada. Permite trabajar con aceros, aluminio, aceros inoxidables y metales especiales.
	Máq. de Soldar Portátil - Marca Miller - Modelo golstar 452 + Acc Código PAWS - 0019 / 0020 / 0021	4	Para procesos de GTAW y SMAW
	Máq. de Soldar Portátil - Marca Lincoln - Modelo Invertec V250S + Acc	3	Para proceso SMAW, GTAW.
	Máq. De Corriente Alterna	1	Este equipo permite soldar acero y aluminio de alta dureza. Realiza procesos GTAW y SMAW
	Máq. Portátil Diesel Trailer - Marca Lincoln - Modelo Vantage 500 Amp + Acc	4	Suelda piezas en los procesos SMAW, GMAW y GTAW
	Pantógrafo - Maca Victor - Modelo Auto 24	1	Lee el dibujo y con ayuda de la máq. de corte de plasma, por medio de oxicorte realiza la pieza. (corte con plasma 1¼"de espesor y oxicorte de 4"de espesor)
	Máq. Corte de Plasma - Marca Hypertherm PowerMax 1650 - Código int. PAWS-0010.	1	Para cortar acero inoxidable 3/4" y acero de carbono 1¼".
	Equipo de Oxicorte - Marca Harris - Modelo Master 1.	6	Corta el material para realiza las piezas.

**Fuente:** Taller central de PDVSA PetroPiar.

**Tabla 4.3. Inventario de equipos del taller de área de Soldadura. (Continuación)**

Área	Equipos	Unid.	Funcionalidad
Área de Soldadura	Equipo de Corte y Biselado - Marca H&M Modelo No. 3.	1	Corta y bisela el material para realizar las piezas.
	Calentador de Electrodo Fijos - Marca Phoenix - Modelo 300-150K.	3	Mantiene los electrodos a una temperatura adecuada para ser utilizados.
	Calentador de Electrodo Portátil - Marca Phoenix - Modelo 2-10K + Acc.	8	Mantiene los electrodos a una temperatura adecuada para ser utilizados.
	Taladro de Pedestal Grande Modelo Super Condor 25.	1	Con este equipo se realiza taladrados de diferentes diámetros.
	Sistema de Extracción de Gases Centralizado - Marca Lincoln Electric y Dos Portátiles.	1	Este equipo es utilizado para la extracción de los gases cuando el operario esta cortando o soldando las piezas.
	Sistema de Tratamiento Térmico para Uniones Soldadas - Marca Cooperheat - 6 ways - Modelo Cooper Master III - Código int. PAWS – 0012.	1	Tratamiento térmico para los cordones de soldadura.
	Calandra Electro Hidráulica.	1	Se puede realizar cilindros, conos con un diámetro mínimo de 15"
	Cizalla Electro Hidráulica.	1	Corte de láminas de espesor desde 1mm hasta 16mm en acero de carbono y hasta 10mm en acero inoxidable
	Dobladora Electro Hidráulica.	1	Dobla laminas de 7/16en acero al carbono con un ángulo mayor a 90° y acero inoxidable con un ángulo menor de 90°
	Afiladora de Tugnsteno - Marca DIAMOND GROUND PROAUCTS - Modelo GDGP2	1	Corta y afila tugnsteno
Accesorios Moto-soldador - Marca Lincoln Electric - Modelo Vantage 500	4	Incrementan la capacidad de trabajo de las máquinas Diesel Permitiendo el uso de los procesos GMAW y GTAW, además del SMAW (de fabrica)	

**Fuente:** Taller central de PDVSA PetroPiar.

A demás de todos los equipos y maquinas, cada mecánico, tornero y soldador cuenta con su caja de herramientas las cuales están dotadas de las herramientas necesarias para realizar su trabajo; si al realizar alguna actividad requiere de una herramienta adicional a las de su caja este se dirigen al almacén de herramientas.

## Capítulo V

### ESTUDIO DE FABRICACIÓN

#### 5.1. Pieza a estudiar.

Una vez que se conocen los equipos, máquinas, herramientas con que cuenta el taller y las veinticinco piezas a fabricar, en la tabla 5.1 se muestra la descripción de las piezas en estudio. Para la realización del estudio de tiempo se tomara una pieza la cual esta comprendida por el ring, case, 01715039--203; de igual manera este estudio de tiempo puede ser realizado para las piezas restantes. En el apéndice D se muestra el plano de la pieza en estudio.

**Tabla 5.1. Descripción de las piezas a realizar con sus respectivos equipos.**

Bombas Sulzer	Cog. Sistema (SAP)	Descripción de la pieza
10-P-013	1042605	Bushing, CTR, 204213180003
	1042606	Bushing, CTR, 204219309001
	1042507	Bushing, CTR, 204213220201
	1052832	Ring, Split, 204213222004
	1052845	Ring, Sta, 204219307001
	1052846	Ring, Sta, 204219307002
	1042847	Ring, Sta, 204219307003
	1052414	Ring, Implr, 204219308001
	1052415	Ring, Implr, 204219308002
	1052898	Ring, Implr, 204219308003
	1052579	Ring, Ring, 204213224203
12-P-011	1054125	Shaft, Pump, 2042193122200
	1052293	Ring, Case, 7001606
	1052294	Ring, Case, 7001607
	1052407	Ring, Implr, 7001608
	1052408	Ring, Implr, 7001609
15-P-005	1054086	Shaft, 7001535,
	1052247	Ring, Case, 01715039--203
	1052248	Ring, Case, 01715039--204
	1052351	Ring, Implr, 01715039--207
	1052352	Ring, Implr, 01715039--208
62-P-001	1054014	Shaft, 01715039--360
	1052246	Ring, Case, 01714994--204
	1052391	Ring, Implr, 2840213
	1054011	Shaft, 01714994--360

**Fuente:** Almacén Central de PDVSA PetroPiar.

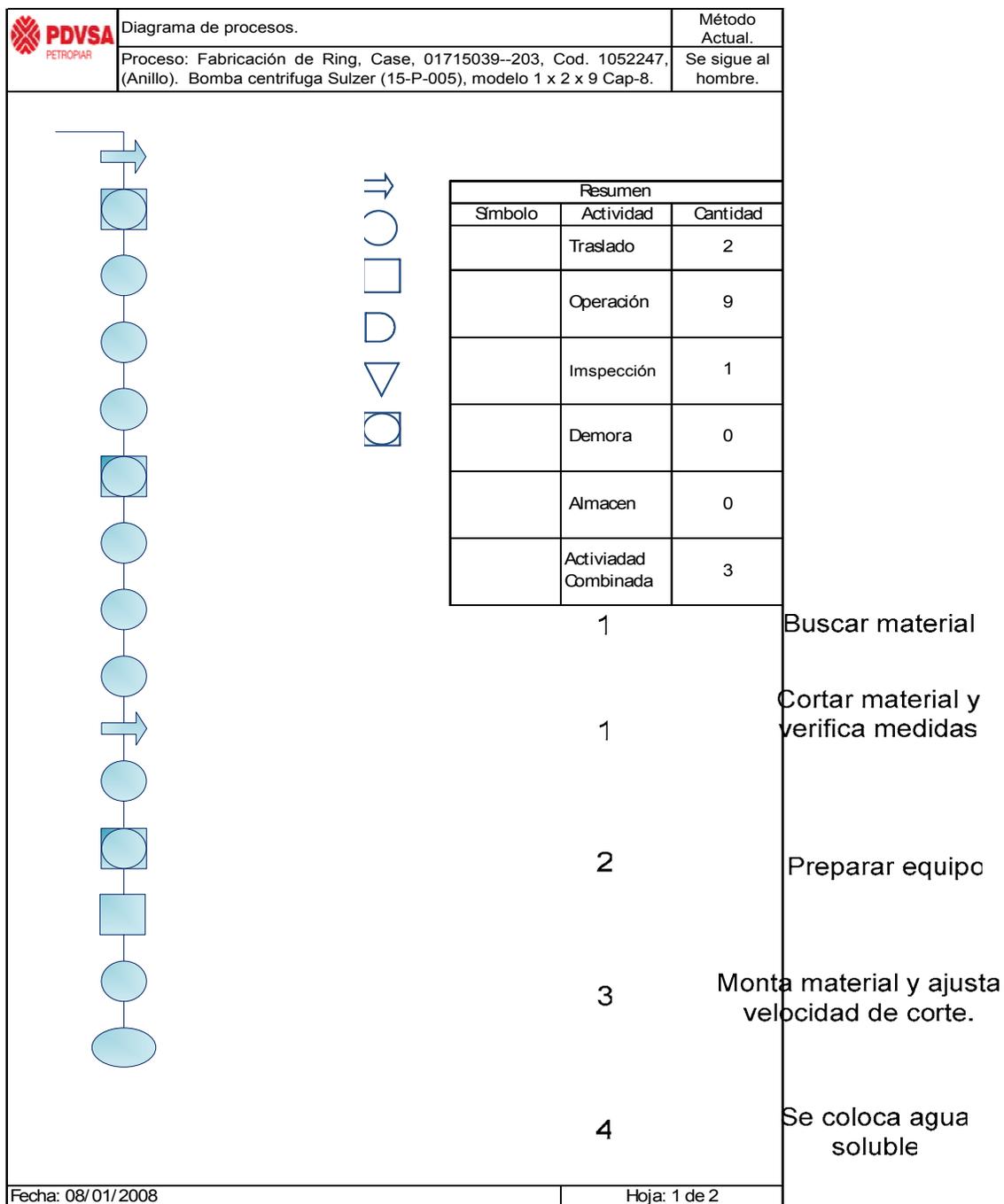
## 5.2. Medición de trabajo.

En este apartado describe la metodología manejada para obtener los tiempos estándar de cada una de las operaciones que se realizan a lo largo de la fabricación de la pieza. Para obtener los datos se utilizó la técnica de medición de trabajo denominada “estudio de tiempos”, la cual permite, aparte de estandarizar los tiempos, determinar indicadores de gestión (como el rendimiento del hombre, eficiencia, productividad), calcular los costos estándar, determinar la capacidad instalada, entre otros. A continuación se describen los pasos a través de los cuales se llevó a cabo el estudio:

- ❖ Elaboración de un diagrama de procesos de la realización de la pieza.
- ❖ Análisis de las operaciones.
- ❖ Selección del operario.
- ❖ Estandarización de los métodos de trabajo.
- ❖ Aplicación de la técnica de cronometrado.
- ❖ Cálculo del número de ciclos a cronometrar.
- ❖ Calificación de velocidad.
- ❖ Tolerancias.
- ❖ Tiempo promedio seleccionado.
- ❖ Tiempo normal.
- ❖ Tiempo estándar.

En la figura 5.1 se muestra el diagrama de proceso de la fabricación del ring, case, 01715039—203 (anillo) de la bomba centrífuga Sulzer 15 – P – 005

**5.2.1. Diagrama de proceso de la realización de la pieza de estudio.**



**Figura 5.1. Diagrama del proceso de fabricación de un anillos.**  
 Fuente: Elaboración propia.

2 Se verifica medidas y se coloca herramienta.

5 Realiza refrentado interno.

6 Se mide refrentado interno

5.2.1. Diagrama de proceso de la realización de la pieza de estudio. (Continuación)

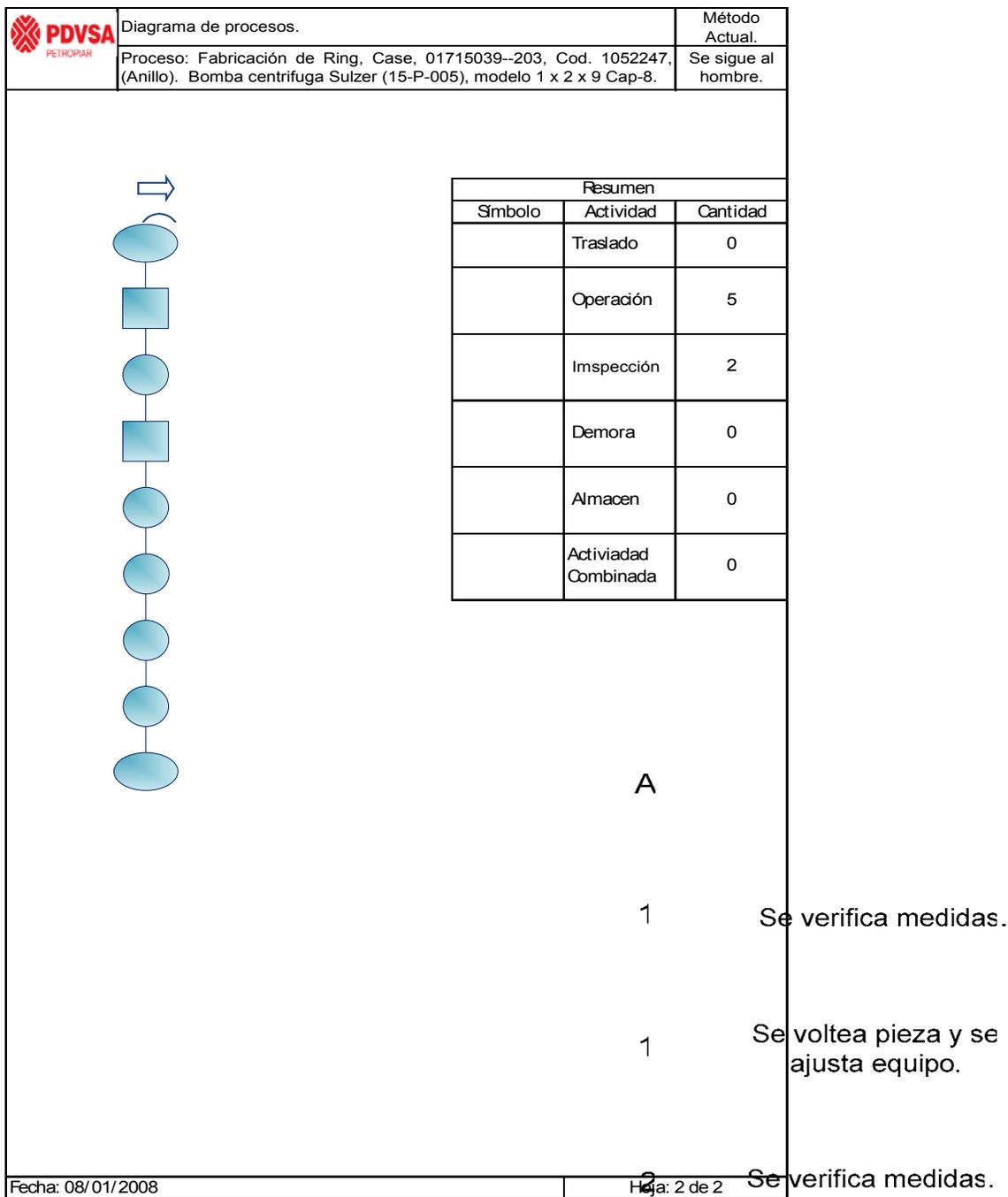


Figura 5.1. Diagrama del proceso de fabricación de un anillos (Continuación)

Fuente: Elaboración propia.

### **5.2.2. Análisis de las operaciones**

Mediante la observación directa y la interacción con los operarios por medio de las entrevistas, se pudo describir y analizar las operaciones realizadas en la sección de estudio con la finalidad de determinar el mejor método para realizar el trabajo.

### **5.2.3. Selección del operario**

Por recomendación del supervisor, considerando la experiencia y habilidad, se selecciono el o los operarios a estudiar, con el fin de obtener un estudio más preciso y satisfactorio.

### **5.2.4. Estandarización de los métodos de trabajo**

Una vez conocidas las operaciones se descompone las actividades en elementos básicos conservando una secuencia lógica de las mismas. Lo anterior se realizó de tal forma que pudiera identificarse donde comienza y donde termina cada elemento, además de considerar que los mismos pudieran ser medidos o cronometrados.

### **5.2.5. Técnica de cronometrado**

En este estudio se manejo la técnica de cronometrado intermitente, de donde se obtuvieron directamente las mediciones de cada elemento.

### 5.2.6. Número de ciclos a cronometrar

La muestra piloto es de cinco mediciones considerando como referencia estudios similares realizados recientemente. Se tomó el “ring, case, 01715039--203, Código. 1052247, (Anillo)” realizada por un (1) operario.

Cabe destacar que el procedimiento utilizado en este ejemplo y para la obtención del tiempo estándar, es el mismo para todo el proceso de fabricación de las piezas en estudio. En la tabla 5.2 se observan las muestras tomadas a cada uno de los elementos que componen la fabricación.

**Tabla 5.2. Muestra tomadas de cada uno de los elementos.**

Nº	Elementos	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	Buscar y medir materia.	3,70	3,72	3,75	3,73	3,72	3,71
2	Cortar material.	3,24	3,22	3,21	3,25	3,24	3,21
3	Montar material, ajustar velocidad de corte y colocar agua soluble en	1,15	1,19	1,21	1,26	1,16	1,27
4	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	15,27	15,22	15,28	15,25	15,23	15,27
5	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	13,19	13,17	13,24	13,22	13,21	13,20
6	Buscar, cambiar y ajustar herramienta.	1,93	1,91	1,93	1,96	1,90	1,97
7	Se realiza Cilindrado externo y verificar medidas.	14,29	14,27	14,30	14,31	14,29	14,28
8	Se volteo la pieza y se ajusta equipo.	2,05	2,04	2,07	2,09	2,10	2,01
9	Se verifica medidas y se realiza Cilindrado externo.	12,98	12,98	12,00	12,99	13,01	13,00
10	Verifica medidas	0,99	0,96	1,05	1,01	0,97	0,95
11	Realizar acabado y limpieza de la pieza.	7,72	7,74	7,72	7,71	7,70	7,73
12	Realizar limpieza de equipo.	9,39	9,42	9,38	9,41	9,40	9,39

**Fuente:** Elaboración propia.

Para determinar si la muestra es confiable o no, se siguieron una serie de pasos que se explican a continuación:

1. Se calcula la media muéstrales para cada elemento, usando la ecuación 2.1 del Capítulo II. En la tabla 5.3 se observa los resultados. Los cálculos se muestran correspondientes se aprecian en el apéndice E-1.

Tabla 5.3. Medición muéstrales.

ELEMENTOS	MEDIA( $\bar{x}$ )
1	3,25
2	2,83
3	2,74
4	14,92
5	13,03
6	1,14
7	14,26
8	0,9
9	12,69
10	0,97
11	3,31
12	7,06

Fuente: Elaboración propia.

2. Determinación del delta, utilizando la ecuación 2.2 del capítulo II. Se tomó en cuenta las medias muéstrales, la lectura mayor y la lectura menor de cada elemento, para fijar los límites superiores e inferiores. Los cálculos relacionados se muestran en el apéndice E-2 y los resultados se observan en la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Limite mayor, límite menor y delta.

ELEMENTOS	LIMITE MAYOR	LIMITE MENOR	$\Delta$
1	3,31	3,2	0,05
2	2,88	2,73	0,08
3	2,79	2,71	0,04
4	14,96	14,87	0,05
5	13,05	13,01	0,02
6	1,19	1,1	0,04
7	14,3	14,21	0,04
8	0,97	0,87	0,05
9	13,07	11,98	0,55
10	1,03	0,94	0,05
11	3,35	3,29	0,03
12	7,09	7,01	0,04

Fuente: Elaboración propia.

3. Determinación de los rangos de aceptación, empleando la ecuación 2.3 del Capítulo II. La tabla 5.5 vislumbra los resultados (ver apéndice E-3).

Tabla 5.5. Rango superior y rango inferior.

ELEMENTOS	RANGO SUPERIOR (Ri)	RANGO INFERIOR (Rs)
1	3,20	3,31
2	2,75	2,90
3	2,70	2,78
4	14,87	14,96
5	13,01	13,05
6	1,10	1,19
7	14,22	14,31
8	0,85	0,95
9	12,14	13,23
10	0,93	1,02
11	3,28	3,34
12	7,02	7,10

**Fuente:** Elaboración propia.

En el apéndice I se muestran las hojas de tiempo que contienen el resumen de las mediciones muestrales, los límites, el delta y los rangos de aceptación para cada pieza realizada.

4. Verificación de las lecturas registradas que no se encuentren dentro del rango de aceptación para cada elemento, En la tabla 5.6 se aprecia los resultados.

**Tabla 5.6. Verificación de los rangos de aceptación.**

N°	Elementos	C1	C2	C3	C4	C5	C6
1	Buscar y medir materia.	3,2	3,2	3,31	3,24	3,29	3,26
2	Cortar material.	2,87	2,73	2,79	2,84	2,86	2,88
3	Montar material, ajustar velocidad de corte y colocar agua soluble en pieza.	2,76	2,72	2,71	2,79	2,72	2,76
4	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	14,96	14,91	14,87	14,91	14,95	14,91
5	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	13,02	13,04	13,05	13,03	13,04	13,01
6	Buscar, cambiar y ajustar herramienta.	1,16	1,12	1,1	1,16	1,19	1,13
7	Se realiza Cilindrado externo y verificar medidas.	14,29	14,23	14,3	14,21	14,24	14,29
8	Se volteo la pieza y se ajusta equipo.	0,87	0,89	0,88	0,97	0,91	0,89
9	Se verifica medidas y se realiza Cilindrado externo.	11,98	11,99	13,06	13,01	13,02	13,07
10	Verifica medidas.	0,95	0,94	1,03	1,01	0,96	0,95
11	Realizar acabado y limpieza de la pieza.	3,29	3,31	3,29	3,3	3,35	3,33
12	Realizar limpieza de equipo.	7,09	7,08	7,01	7,05	7,06	7,06

Fuente: Elaboración propia.

Al excluir los tiempos que se encuentran fuera de los rangos de aceptación de cada elemento, se presenta una variación en la (M). En la tabla 5.7 se encuentra el valor de M para cada elemento.

**Tabla 5.7. Valores de M (Eliminación de los tiempos fuera de los rangos).**

N°	Elementos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	M
1	Buscar y medir materia.	7,23	7,2	7,31	7,24	7,29	7,26	6
2	Cortar material.	5,87	0	5,79	5,84	5,86	5,88	5
3	Montar material, ajustar velocidad de corte y colocar agua soluble en pieza.	2,76	2,72	2,71	0	2,72	2,76	5
4	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	49,96	49,91	49,87	49,91	49,95	49,91	6
5	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	29,02	29,04	29,05	29,03	29,04	29,01	6
6	Buscar, cambiar y ajustar herramienta.	2,16	2,12	2,1	2,16	2,19	2,13	6
7	Se realiza Cilindrado externo y verificar medidas.	61,29	61,23	61,3	0	61,24	61,29	5
8	Se volteo la pieza y se ajusta equipo.	2,87	2,89	2,88	0	2,91	2,89	5
9	Se verifica medidas y se realiza Cilindrado externo.	77,98	77,99	78,06	78,01	78,02	78,07	6
10	Verifica medidas	1,95	1,94	0	2,01	1,96	1,95	5
11	Realizar acabado y limpieza de la pieza.	15,29	15,31	15,29	15,3	0	15,33	5
12	Realizar limpieza de equipo.	19,09	19,08	0	19,05	19,06	19,06	5

Fuente: Elaboración propia.

5. Cálculo de la desviación estándar con las muestras que estén dentro del rango de aceptación. Se aplicó la ecuación 2.4 del Capítulo II. Los resultados se reflejan en la tabla 5.8. En el apéndice E-4 se ven los cálculos pertinentes.

**Tabla 5.8 Sumatorias y desviación estándar.**

ELEMENTOS	$\Sigma Xi^2$	$(\Sigma Xi)^2$	S
1	63,385	63,375	0,05
2	40,561	40,556	0,04
3	37,376	37,374	0,02
4	1335,345	1335,34	0,03
5	1018,947	1018,946	0,01
6	7,849	7,843	0,03
7	1018,169	1018,165	0,03
8	3,944	3,943	0,01
9	867,13	867,123	0,04
10	4,63	4,627	0,03
11	54,583	54,582	0,02
12	249,784	249,783	0,02

**Fuente:** Elaboración propia.

Cálculo del intervalo de confianza. Se utilizaron las medias muestrales y la ecuación 2.5 del Capítulo II. Se consideró un error del 10%. La tabla 5.9 deja ver los resultados, los cálculos concernientes se muestran en el apéndice E-5.

Tabla 5.9. Intervalo de confianza.

ELEMENTOS	INTERVALOS DE CONFIANZA (I)
1	0,33
2	0,28
3	0,27
4	1,49
5	1,3
6	0,11
7	1,43
8	0,09
9	1,2
10	0,1
11	0,33
12	0,71

Fuente: Elaboración propia.

7. Cálculo del intervalo de confianza. En la tabla 5.10 se aprecia el cálculo del intervalo de confianza ( $I_M$ ), provisto de la muestra que se obtuvo luego de la eliminación de los tiempos fuera de los rangos, haciendo uso de la ecuación 2.6 del Capítulo II y de la gráfica t de Student (ver apéndice F).

Donde los tiempos de ciclo ( $T_c$ ) se obtienen de la tabla T- student, con un nivel de confianza de 90% y M -1 grado de libertad (Ver apéndice E-6)

$$\begin{aligned} \text{gl} = 6 & \longrightarrow T_c = 1,440 ; \\ \text{gl} = 5 & \longrightarrow T_c = 1,476 \end{aligned}$$

Tabla 5.10. Intervalo de confianza ( $I_M$ ).

ELEMENTO	$I_M$
1	0,05
2	0,05
3	0,03
4	0,04
5	0,02
6	0,04
7	0,04
8	0,02
9	0,04
10	0,04
11	0,02
12	0,02

Fuente: Elaboración propia.

8. Comparación de los valores de  $I_M$  con los valores de  $I$  para comprobar si se requieren observaciones adicionales (Ver tabla 5.11).

Tabla 5.11. Comparación de los valores de  $I_M$  vs  $I$ .

ELEMENTO	$I_M$	$I$	Condición ( $I_M \leq I$ )
1	0,05	0,33	$0,05 < 0,33$
2	0,05	0,28	$0,05 < 0,28$
3	0,03	0,27	$0,03 < 0,27$
4	0,04	1,49	$0,04 < 1,49$
5	0,02	1,3	$0,02 < 1,30$
6	0,04	0,11	$0,04 < 0,11$
7	0,04	1,43	$0,04 < 1,43$
8	0,02	0,09	$0,02 < 0,09$
9	0,04	1,2	$0,04 < 1,20$
10	0,04	0,1	$0,04 < 0,10$
11	0,02	0,33	$0,02 < 0,33$
12	0,02	0,71	$0,02 < 0,71$

Fuente: Elaboración propia.

Al cumplirse la condición  $I_M < I$ , se puede determinar que no se requiere más observaciones adicionales,

En el apéndice I se muestran las hojas de tiempo que contienen el resumen de los tiempos excluidos que se encuentran fuera de los rangos de aceptación de cada elemento, la desviación estándar y los intervalos de confianza con su respectiva comparación.

### **5.2.7. Clasificación de la velocidad.**

En la determinación de la clasificación de la velocidad en la actuación de operarios, se utilizó el método de Westinghouse, durante el curso de observaciones de los tiempos elementales. El método considera cuatro fases las cuales son: habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones de trabajo, descrito en el Capítulo II.

Los factores de clasificación de la velocidad se evalúan siguiendo los siguientes métodos:

- ❖ Se identifican cada una de las operaciones que se realizan en la fabricación de la pieza.
- ❖ Se observó y siguió cada una de las operaciones.
- ❖ Se otorgó a cada operario uno de los diferentes grados de clasificación estandarizada en la tabla de Westinghouse (Ver apéndice G).
- ❖ Se suma de manera algebraica las condiciones de las cuatro fases.

- ❖ Obtenido la suma de valores numéricos equivalentes, para cada factor se le suma la unidad, así queda establecido el factor de clasificación de la velocidad.

El factor es muy importante para el estudio de los tiempos, representa la manera por la cual el tiempo promedio seleccionado para cada muestra de tiempo, aumenta o disminuya el valor de tiempo normal.

Seguidamente se muestra en la tabla 5.12 un ejemplo del cálculo de la calificación de la velocidad del operario en la fabricación de Ring, Case, 01715039--203, Sulzer, 1052247 (Anillo) de la bomba centrífuga 15-P-005, Modelo: 1 x 2 x 9 CAP-8. De igual manera se realiza para las piezas restantes.

**Tabla 5.12. Cálculo de la calificación de velocidad.**

Factores	Análisis	Escala	Puntaje
<b>Habilidad</b>	Capacidad que tiene un operador para seguir un método dado.	Bueno C2	0,03
<b>Esfuerzo</b>	Demostración de la velocidad para trabajar con eficiencia.	Bueno C2	0,02
<b>Consistencia</b>	Los tiempos obtenidos dentro de un rango de poca variación.	Promedio D	0
<b>Condiciones de trabajo</b>	Condiciones que rodean al operario son normales.	Promedio D	0
<b>Suma algebraica</b>			0,05
<b>Cálculo de la calificación de velocidad</b>		$Cv = (1 + 0,05) * 100$	
<b>Total de la calificación de velocidad</b>		105%	

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.8. Estimación de la tolerancia.

Con los valores de la tabla de tolerancia típica (apéndice H), se estimó el porcentaje de la tolerancia de cada una de las operaciones que se realizan en el área de mecanizado, de acuerdo a lo observado mientras se realizó el cronometrado. Además se calculó la tolerancia exterior, que implica los trabajos adicionales que no son cíclicos, realizados por los operarios para poder cumplir con el programa de producción diaria.

La tabla 5.13. Refleja la tolerancia, tanto variables como constantes para la fabricación de Ring, Case, 01715039--203, Sulzer, 1052247 (Anillo) de la bomba centrífuga 15-P-005, Modelo: 1 x 2 x 9 CAP-8. Para las veinticuatro piezas restantes se pueden calcular de la misma manera.

**Tabla 5.13. Determinación de la tolerancia.**

<b>A) Suplemento constante.</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
1) Suplemento personal.	5
2) Suplemento por fatiga básica.	4
<b>B) Suplemento variables.</b>	
1) Suplemento por estar de pie.	2
2) Suplemento por posición anormal.	0
3) Por uso de fuerza o energía muscular.	0
4) Mala iluminación.	0
5) Condiciones atmosférica.	68
6) Atención requerida.	2
7) Ruido.	0
8) Estrés metal.	4
9) Monotonía.	4
10) Tedio.	2
<b>Tolerancia (%)</b>	<b>91</b>
<b>TOTAL DE TOLERANCIA.</b>	<b>91,00%</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.9. Determinación del tiempo estándar de operación.

Una vez que se verificó que el tamaño de la muestra es suficiente para el estudio, se estimó los factores de calificación de velocidad (CV) y se calcularon las tolerancias, se procedió a determinar el tiempo estándar.

El siguiente ejemplo muestra el procedimiento para calcular el tiempo estándar del proceso de fabricación de los anillos.

### 5.2.10. Cálculo del tiempo promedio seleccionado (TPS).

Una vez establecidos los factores de calificación y la tolerancia se determinaron los tiempos seleccionados (TPS) en la tabla 5.14 correspondiente a cada operación. Este cálculo se realizó basándose en la ecuación 2.8 del Capítulo II (ver apéndice E-7).

**Tabla 5.14. Tiempo promedio seleccionado.**

ELEMENTOS	TPS
1	3,25
2	2,85
3	2,73
4	14,92
5	13,03
6	1,14
7	14,27
8	0,89
9	12,02
10	0,96
11	3,3
12	7,07

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3.11. Cálculo de los tiempos normales de ejecución.

Haciendo uso de la calificación de la velocidad obtenida para cada operación y de los tiempos promedios seleccionados, se determinó los tiempos normales de cada uno de los elementos. Para el presente ejemplo la calificación de la velocidad obtenida fue de 105%. Haciendo uso de la ecuación 2.9 del Capítulo II, se obtienen los tiempos normales por elementos (ver apéndice E-8), reflejados en la tabla 5.15.

**Tabla 5.15. Tiempo normal.**

ELEMENTO	TN
1	3,41
2	2,99
3	2,87
4	15,66
5	13,68
6	1,20
7	14,98
8	0,93
9	12,62
10	1,01
11	3,47
12	7,42

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.3.12. Cálculo del tiempo estándar.

El Tiempo Estándar para cada uno de los elementos se observan en la tabla 5.16 fue calculado utilizando las tolerancias obtenidas para cada una de las piezas realizadas y aplicando la ecuación 2.10 del Capítulo II. (Ver apéndice E-9).

**Tabla 5.16. Determinación del tiempo estándar.**

N°	Elementos	TPS (min.)	TN (min.)	TE (min.)
1	Buscar y medir materia.	3,25	3,41	6,52
2	Cortar material.	2,85	2,99	5,71
3	Montar material, ajustar velocidad de corte y colocar agua soluble en pieza.	2,73	2,87	5,48
4	Realizar refrentado interno y verificar medidas.	14,92	15,66	29,92
5	Buscar, cambiar y ajustar herramienta.	13,03	13,68	26,14
6	Se realiza Cilindrado externo y verificar medidas.	1,14	1,2	2,29
7	Se voltea la pieza y se ajusta equipo.	14,27	14,98	28,62
8	Se verifica medidas y se realiza Cilindrado externo.	0,89	0,93	1,78
9	Verifica medidas	12,02	12,62	24,11
10	Realizar acabado, limpieza de pieza y equipo.	0,96	1,01	1,93
11	Realizar acabado y limpieza de la pieza.	3,3	3,47	6,63
12	Realizar limpieza de equipo.	7,07	7,42	14,17
Total de Tiempo Estándar en minutos - hombre/ unid.				153,3

**Fuente:** Elaboración propia.

El Tiempo estándar para realizar la operación de “fabricación del ring, case, 01715039--203, (Anillo) es de 153,30 min-hom/unidad. De igual manera los cálculos pueden ser realizados para las 24 piezas restantes.

### 5.3. Estudio de la capacidad.

El estudio de la capacidad de producción permite determinar el número de unidades que pueden realizarse en un momento determinado, de acuerdo a las restricciones existentes por la mano de obra, equipos, facilidades en cuanto a las instalaciones y espacio físico.

El desconocimiento de la capacidad máxima de la producción implica costos sustanciales para la empresa, debido a los diversos efectos y las dificultades que causan los tiempos ociosos y carga desequilibrada de trabajo.

Al conocer la capacidad máxima de las instalaciones nos permite planificar y programar la producción deseada, de tal manera que se pueda satisfacer tanto las demandas actuales como las demandas futuras.

### 5.3.1 Metodología.

Al tener todos los estándares de cada uno de los procesos de fabricación de las piezas a estudiar, se procedió a determinar el estudio de capacidad.

Determinación de del tiempo efectivo:

Tiempo efectivo = Jornada de trabajo (JT) – (Tiempo de comida + Tiempo preventivo)

Tiempo de comida: 80min/día.

Tiempo preventivo: 10min/día.

**Tabla 5.17. Jornada de trabajo (TJ).**

Días	Hora	Jornada de trabajo
Lunes a jueves	De 7:00 a.m. a 4:30 p.m.	9,30 hrs./día * 60 min./hrs.
Viernes	De 7:00 a.m. a 3:30 p.m.	8,30 hrs./día * 60 min./hrs.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 5.18. Tiempo efectivo de trabajo (TEF).**

Días	Tiempo efectivo
Lunes a jueves	558 min./día - 80 min./día - 10 min./ día = 468min/día
Viernes	498 min./día - 80 min./día - 10 min./día = 408 min./día

**Fuente:** Elaboración propia.

El tiempo efectivo de trabajo total es el resultado del promedio de estos dos tiempos:

$$\text{TEF total} : \frac{4 \text{ días} * 468 \text{ min./días} + (1 \text{ día} * 408 \text{ min./días})}{5 \text{ días}} = 456 \text{ min. / días.}$$

Expresado en horas queda:

$$\text{TEF total: } 456 \text{ min./días} * 1 \text{ hrs. / 60 min.} = 7,6 \text{ hrs./día.}$$

De la tabla 5.16, donde se exponen los tiempos estándar, se extraen los datos que se muestran a continuación para el cálculo de la capacidad por mes del taller realizado por un operador.

Capacidad por día:

$$2,569 \text{ hrs-hom/día.} \longrightarrow 1 \text{ Pieza}$$

$$7,6 \text{ hrs-hom/día.} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{7,6 \text{ hrs} - \text{hom/ día} \times 1 \text{ pieza}}{2,569 \text{ hrs} - \text{hom/ día}} = 2,958 \approx 3 \text{ piezas/día.}$$

En la tabla 5.19 se muestra la cantidad de piezas que se consiguen fabricar.

**Tabla 5.19. Estimación de piezas realizada por semana.**

Bombas Sulzer	Cog. Sistema (SAP)	Descripción de la pieza	TE hrs - hom/ unid.	Piezs por Día
15-P-005	1052247	Ring, Case, 01715039--203	2,96	3,00

**Fuente:** Elaboración propia.

Capacidad de fuerza laboral del taller:

$$6 \text{ hom.} \times 7,6 \text{ hrs/día.} = 45,6 \text{ hrs-hom/día.}$$

$$45,6 \text{ hrs-hom/día.} \times 240 \text{ día/año.} = 10.944 \text{ hrs-hom/año.}$$

Para la realización de la pieza en estudio se requerirá de un 25% de la fuerza laboral del taller el cual consumiría 2.736 hrs-hom/año de las horas anuales del taller.

$$\begin{array}{lcl} 100\% & \longrightarrow & 10.944 \text{ hrs-hom/año} \\ 25\% & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{10.944 \text{ hrs-hom/año} \times 25}{100} = 2.736 \text{ hrs-hom/año}$$

Horas de trabajo del taller por día: 10.94 hrs-homb/día con

## **Capítulo VI**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

#### **6.1. Determinación de los costos de fabricación de la pieza en estudio.**

La realización de actividades de fabricación involucra consumo de recursos los cuales se deben cuantificar y evaluar para determinar la inversión de estos programas, ya que se encuentran relacionados con el rendimiento de la empresa. Estos costos dependen de la cantidad de piezas realizadas al año por la empresa.

En el capítulo 5 se muestra en la sección 5.1.7, los calculó el tiempo óptimo para realizar la fabricación de la pieza en estudio.

##### **6.1.1. Análisis de costos de fabricación.**

Al evaluar económicamente las actividades de fabricación, se debe tener en cuenta el consumo de los recursos para determinar la inversión de de dicha actividad.

Las principales fuentes de costos son: el consumo del material, la fuerza de trabajo, la depreciación de los equipos, y lo servicios comprados o pagados a terceros. En nuestro estudio analizaremos el consumo de material, mano de obra y la depreciación de los equipos, ya que estos gastos son los que intervienen directamente en la fabricación de las piezas en

estudio. Para evaluar y cuantificar la inversión de la realización de los repuestos fue necesario analizar los costos todos y cada una de las actividades de fabricación, estas son:

- ❖ Costo de materiales.
- ❖ Costo de mano de obra o fuerza laboral.
- ❖ Costo de energía eléctrica (Cadafe).
- ❖ Costos de consumibles.
- ❖ Depreciación de equipos.

#### 6.1.1.1. Costo de materiales.

Para ejecutarse una actividad de fabricación se requiere de materiales y repuestos.

Para calcular el costo de fabricación se uso la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de materiales} = \sum_{i=1}^n Q_{ui} \times Z_i \quad (\text{EC.6.1})$$

Donde:

$Q_{ui}$  = costo de la unidad de medida del material “i” utilizado en la actividad.

$Z_i$  = cantidad de material “i” que se requiere para ejecutar la actividad.

$N$  = cantidad de diferentes materiales utilizados.

Para la actividad de fabricación del ring, clase se requirió de acero inoxidable N-60 el cual tiene un costo de 385,26 BsF. En la figura 6.1 se

muestra los costos de materiales y la cantidad requerida para la realización de la pieza.

**Tabla 6.1 Costos de materiales**

Piezas	Tipo de material	Dimensiones	Costo/Und. (Bs/m)	Costo de Material (Bs)
Ring, Case, 01715039--203, Sulzer, 1052247	Acero inoxidable N-60	105x86x19	385,26	365,26

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 6.1.1.2. Costos de mano de obra o fuerza laboral.

Para determinar este costo es necesario conocer la clasificación del personal que se utiliza en la fabricación de las piezas con su respectivo salario y mediante la ecuación 6.2 se realizan los cálculos respectivos evaluándose la duración promedio de cada actividad en el plan.

$$CFt = \sum_{i=1}^m P_i \times t_i \times Sh_i \quad (\text{Ec. 6.2})$$

Donde:

$P_i$  = cantidad de personal de clasificación "i" que participan en la actividad

$T_i$  = tiempo promedio que debe ejecutar el personal de la clasificación "i" para garantizar la actividad

$Sh$  = salario en horas que se le paga al personal de clasificación "i"

$M$  = monto de calificaciones del personal

Al costo de fuerza laboral se le suma un 30% de prestaciones Sociales, vacaciones, utilidades, seguro social, entre otro.

Aplicando la ecuación 6.2 se tiene que el costo de fuerza laboral (Cfi) para la realización de la pieza es de 123,20 BsF.

### 6.1.1.3. Costo de energía eléctrica.

Para la obtención de estos costos es necesario conocer la capacidad de cada una de las máquinas que intervienen en el proceso y el tiempo que permanecen en operación por hora. Para una mayor facilidad de cálculo se toma como dato base el costo por hora de Kw. Para el mes de febrero, el cual se tomo la tarifa establecida por Cadafe para las empresas probadas y estatales, siendo este de Bs. 0,039 Kwh. Para evaluar sus costos se uso la siguiente función:

$$C_e = \sum_{i=1}^n H_{pi} \times T_{fi} \times E_i \quad \text{Ec. 6.3}$$

Donde:

H<sub>pi</sub>: caballos de poder del equipo "i" utilizado para la fabricación de la pieza.

T<sub>fi</sub>: cantidad de tiempo en que se tarda el equipo "i" para ejecutar la fabricación.

E<sub>i</sub>: constante del costo de fabricación.

El costo de consumo de electricidad para la realización de la pieza es de 1,10 BsF. En la tabla 6.2. Se muestran los costos de energía eléctrica.

**Tabla 6.2. Costos de energía eléctrica.**

Piezas	Equipos	Hp(Kw)/Eq.	Tiempo de fabricación Hrs(Ti)	Costo (Bs/Kwh)	Costo(Bs/Kwh)
Ring, Case, 01715039--203, Sulzer, 1052247	Torno	7,4	2,560	0,058	1,10

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 6.1.1.4. Costos de consumibles.

Para la determinación de estos costos es necesario conocer la cantidad de piezas que se pueden fabricar con las diferentes tipos de herramientas de tornos que existen para determinados materiales, que su resultado va hacer igual al tiempo de vida útil que tiene la herramienta. Para realizar los costos cálculos se tomo el costo unitario de la herramienta y un estimado de la cantidad de piezas que se puede fabricar con dichas herramientas; el costo de consumible para la realización la pieza es de 261,17 BsF. A continuación se muestra la tabla 6.3 los consumibles para la realización de la pieza en estudio.

**Tabla 6.3. Costos de consumibles.**

Descripción de la pieza	Tipo/herr.	Marca	Cad.	Costo Unit.	Costo
Ring, Case, 01715039--203, Sulzer	Cuchilla orientable	Impero F60-14-M3	1	62,00	62,00
	Hoja de lija		1	4,17	4,17
	Agua soluble		1cuñ.	195,00	195,00

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 6.1.1.5. Costos por depreciación.

En las actividades de los programas de fabricación se utilizan equipos que debido al cambio tecnológico, deterioro natural del bien, nivel de

utilización que se aplica, etc.; Se desgastan y disminuyen su valor con el uso y el tiempo, por ello deben hacerse los cargos por depreciación.

Los costos por depreciación son calculados por el método de la línea recta cuya ecuación es la siguiente:

$$D = \frac{C - VS(P / F, i, n)}{n}$$

**(Ec. 6.3)**

Donde:

D: monto anual a depreciar

C: costo del equipo

VS: valor de salvamento del equipo, que representa lo que se deprecia un activo después de cumplir su vida útil.

n: vida útil del equipo.

El valor de salvamento que utilizaremos para el costo por depreciación será el que usa la compañía en los distintos procesos de licitación, y la vida útil esperada será aquella que establece el fabricante del equipo.

El total de cargos por depreciación D: 51.178,45 BsF Anual. Ver tabla 6.4.

**Tabla 6.4. Depreciación de los equipos.**

Equipos	Costo inicial	Valos de salvamento (%)	Valos de salvamento (VS)	Vida útil (n)	Depreciación (D en Bs)
Esmeril Pedestal, 12" Marca: KEF/ALDELL, Mod. PSD10.	7.404,88	10	486,88	3	2.306,00
Taladro de Columna Media Marca:Alcenal, Mod. PK050A.	12.069,00	10	793,56	3	3.758,48
Sierra Horizontal de Vaiven - Marca: JETKOV, Mod. ON401.	11.622,00	10	664,49	4	2.739,38
Madrinadora Horizontal	73.646,25	10	3.661,52	5	13.996,95
Torno Control Numérico - Maraca: Pinacho.	38.105,70	10	1.894,53	5	7.242,23
Torno Paralelo de 1,5M - Marca: Pimacho, Mod. SP/250.	12.155,00	10	604,32	5	2.310,14
Torno Paralelo de 3M - Marca:TRENS, Mod. SN 71C.	19.771,25	10	982,98	5	3.757,65
Torno Paralelo de 5M - Marca: Pimacho, Mod. CU 1000.	42.514,94	10	2.113,74	5	8.080,24
Torno Vertical - Marca: Umaro, Mod. SC17CC.	36.764,79	10	1.827,86	5	6.987,39
Total:	254.053,81		13.029,88		51.178,45 Anual

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.1.6. Costos totales de fabricación interna.

El costo total de la fabricación de la pieza ring, case, 01715039—203 que presentó mayor demanda en el almacén, se obtuvo sumando los costos de fuerza laboral, costo de materiales, servicios y consumibles.

En la tabla 6.5 muestra los costos asociados a la fabricación.

**Tabla 6.5. Costos de fabricación interna.**

Bomba Sulzer	Descripción de la piezas	Costo Mat. Prima	Costos M.O.	Costo Energía Eléctrica	Costo Consumibles	Costo Total
15-P-005	Ring, Case, 01715039--203	385,26	123,20	1,10	261,17	770,73

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.1.7. Costos totales de fabricación externa.

En la tabla 6.6 se muestra los costos de comparación para la fabricación de la pieza en estudio; en el cual se comparan el costo de fabricación en talleres de la zona, el costo de importación y el costo de fabricación en el taller central de PDVSA PetroPiar.

**Tabla 6.6 Comparación de precios (Fabricación interna, Externa y importaciones).**

Bomba Sulzer	Descripción de la pieza	Costo de taller externo FRETORN SA	Costo de Exportación	Promedio de precios BsF.	Costos de Fabricación	Ahorro en BsF.	%Ahorro
15-P-005	Ring Case, 01715039-203, Sulzer, 1052247	2015,75	2323,29	2169,52	770,73	1.398,79	181%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6.6 se puede observar que los costos de fabricación en el taller de la empresa es menor que el promedio de los costos de fabricación en talleres externos y el costo de importación; los que tiene como resultado que la empresa se ahorra 1.398,79Bs.F en la fabricación de la pieza (ring, case, 01715039—203), el cual representa 181% de ahorro en la fabricación de esta pieza.

Se puede decir que la realización de la pieza en el taller de la empresa es viable debido a que:

— Costo de fabricación en el taller < Costo en talleres externos < Costo de comprar.

### 6.1.2. Costos de mantener el taller.

En estos se consideran los costos en los que se incurren para el funcionamiento diario del taller.

#### 6.1.1. Costos de material indirecto.

**Tabla 6.7 Costos de materiales indirectos.**

Descripción	Costo Bs.F/días	Costo BsF/Anual
Electricidad	15,00	3.600,00
Agua	5,00	1.200,00
Telefonía	10,00	2.400,00
<b>Total:</b>	30,00	7.200,00

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.2. Costos de mano de obra directa.

**Tabla 6.8 Costos de mano de obra directa.**

Cargo	Cantidad	Sueldo Bs.F./Día	Sueldo Bs.F./Anual
Supervisor de área	1	95,00	22.800,00
Lider de área	2	174,00	41.760,00
Técnicos mecánicos	5	425,00	102.000,00
Técnicos en fabricacion mecánica	6	510,00	122.400,00
Soldadores	2	166,00	39.840,00
Almacenista	2	100,00	24.000,00
<b>Total:</b>		1.470,00	352.800,00

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.3. Costos de mano de obra indirecta.

Tabla 6.9 Costos de mano de obra indirecta.

Cargo	Cantidad	Sueldo Bs.F./Día	Sueldo Bs.F./Anual
Supervisor de mantenimiento	1	112,00	26.880,00
<b>Total:</b>		112,00	26.880,00

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.4. Costos administrativos.

Tabla 6.10 Costos administrativos.

Cargo	Cantidad	Sueldo Bs.F./Día	Sueldo Bs.F./Anual
Superintendente	1	120,00	28.800,00
Asistente Administrativa	1	48,00	11.520,00
Vigilante	2	84,00	20.160,00
Personal de limpieza	1	43,00	10.320,00
<b>Total:</b>		295,00	70.800,00

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.5. Costos de mantenimiento y seguro.

Tabla 6.11 Costos de mantenimiento y seguro.

Descripción	Costo Bs.F/días	Costo BsF/Anual
Mantenimiento	125,00	30.000,00
Seguros	104,00	24.960,00
<b>COSTO TOTAL:</b>	229,00	54.960,00

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.6. Costos totales de mantener el taller.

**Tabla 6.12 Costos totales.**

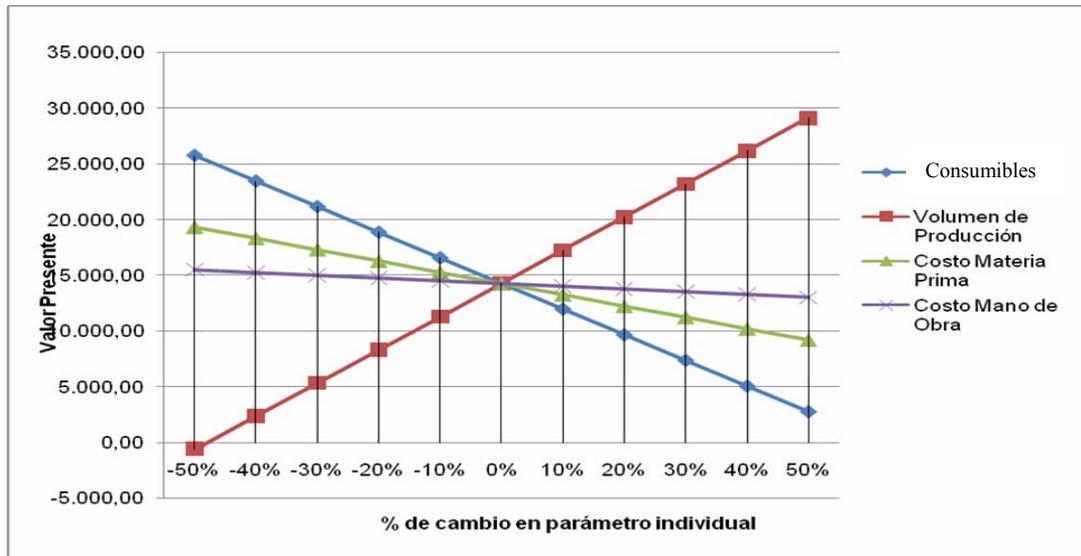
Descripción	Costos por Día (Bs.F)	Costos Anuales (Bs.F)
Administración	295,00	70.800,00
Mano de Obra Directa	1.470,00	352.800,00
Mano de Obra Indirecta	122,5	29.400,00
Energía Eléctrica	15,00	3.600,00
Agua	5,00	1.200,00
Telefonía	10,00	2.400,00
Mantenimiento y Seguro	229,00	54.960,00
<b>COSTO TOTAL:</b>	<b>2.146,50</b>	<b>515.160,00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Para mantener las labores daris del taller la empresa debe pagar diariamente 2.161,50BsF/día.

### 6.2. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad no es más que la búsqueda de los valores más sensibles a producir un cambio en la medida de valor seleccionada: El valor anual. La figura siguiente ilustra el (VA) Valor Anual contra cuatro parámetros diferentes. La variación en cada parámetro se indica como una desviación porcentual de la estimación más probable (0%) en el eje horizontal. Si la curva de respuesta de VA es plana y se acerca a la horizontal en el rango de la variación total graficada para un parámetro, existe poca sensibilidad. Por otra parte, existirán curvas con mayor pendiente que significaran que el VA es más sensible a estos parámetros.



**Figura 6.1. Grafica de Análisis de Sensibilidad de variación porcentual del valor más probable.**

**Fuente:** Elaboración propia.

Se aprecia que los parámetros al incrementarlos o disminuirlos el volumen de producción y los consumibles, tienen un efecto más significativo sobre el valor anual. Una reducción del 50% del volumen de producción disminuye el valor anual de -5.000 BsF. aproximadamente, mientras que un incremento del 20% en el volumen de producción se aumenta 20.000 BsF. Lo que permite al administrador tener a la mano, las variables más representativas con las que puede jugar a la hora de necesitar un cambio en el valor anual.

### **6.3. Análisis de riesgo de la inversión**

El riesgo del proyecto se define como la variabilidad de los flujos de cajas reales respecto a los flujos estimados; mientras mayor sea la variabilidad de estos flujos, mayor será el riesgo (incertidumbre) a que se encontrará sometido el proyecto de inversión.

Una vez que se han determinado los posibles resultados y la probabilidad respectiva de ocurrencia, se pueden usar distribuciones de probabilidad para describir la situación, ya que estas presentan de modo resumido la cuantificación del riesgo para una determinada variable. Se utilizó el método de la distribución de probabilidad triangular, la cual se basa en una estimación bajo un escenario pesimista, uno más probable y uno optimista.

#### **6.3.1. La distribución probabilística triangular**

La distribución probabilística triangular está definida a través de las ecuaciones del capítulo 2, sección 2.2.9.4 dando como resultado las tablas que se muestran a continuación. Se considero que para un año se podrá ahorrar 47.135,89 BsF (estimación optimista) y 26.466,68 BsF (estimación pesimista), siendo 36.006,07 BsF el valor más probable. Los flujos efectivos anuales para cada una de las estimaciones se presentan en la tabla 6.13.

Tabla 6.13. Flujos de efectivos triangulares

Estimación	Ahorro de fabricación por anual	Ahorro de fabricación
Estimación pesimista ( a )	26.466,68	8.430,16
Estimación probable ( b )	36.009,07	11.469,60
Estimación optimista ( c )	47.135,89	15.013,71

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.2. Cálculo de la distribución de probabilidad del valor presente neto

Para obtener el valor esperado y la varianza del valor presente, se sustituyen los valores de a, b y c en las ecuaciones anteriormente definidas en la sección 2.2.9.5. Cabe destacar que se consideró una tasa de inflación ( $i_f$ ) de 30,9% y la  $i=26,5\%$  Estos resultados son resumidos en la tabla 6.14.

Tabla 6.14. Valor esperado y varianza

Años	$c_j$	$\mu_j$	$c_j^2$	$\mu_j^2$	$\sigma_j^2$	e.vpn	var.vpn
0	-1,00	3,27E+04	1,00	1,07E+09	2,75E+08	-3,27E+04	2,75E+08
1	0,76	3,27E+04	0,58	1,07E+09	2,75E+08	2,50E+04	1,60E+08
2	0,58	3,27E+04	0,34	1,07E+09	2,75E+08	1,91E+04	9,36E+07
3	0,45	3,27E+04	0,20	1,07E+09	2,75E+08	1,46E+04	5,46E+07
4	0,34	3,27E+04	0,12	1,07E+09	2,75E+08	1,11E+04	3,19E+07
Total:						3,70E+04	6,15E+08

Fuente: Elaboración propia.

A través de la ecuación 6.4 se calculó la probabilidad de que el valor presente sea mayor que cero.

$$P(VP > 0) = P \left[ Z > \frac{0 - E(VP)}{\sqrt{Var(VPN)}} \right] \quad (\text{Ec. 6.4})$$

Para considerar el proyecto como rentable, se debe cumplir que  $P \{VP \geq 0\} \geq 80\%$ .

Sustituyendo los valores de la tabla 6.9 en la ecuación 6.4 se obtiene el valor de la probabilidad esperada (P).

$$P (VP > 0) = P \left[ Z > \frac{0 - 37046,9}{\sqrt{615348201,8}} \right]$$

$$P \{Z > -1.49\}$$

$$P = \{0,90\}$$

Como la probabilidad que el valor presente sea mayor que cero es igual a 90%, y se exigió un porcentaje superior al 80%, el proyecto puede considerarse económicamente rentable, dentro de los parámetros establecidos para los F.N.E.

#### **6.4. Procedimiento para la preservación de las piezas fabricadas en el taller central.**

Los materiales existentes en el almacén presentan corrosión debido al ambiente de salinidad al que están expuestos, producto de la cercanía con el mar, razón por la cual la oxidación está presente. Por tal motivo es necesario la preservación de los materiales; ya que es un proceso que tiene la finalidad de prevenir la corrosión, conservar el valor estético del material y prolongar su vida útil; es decir que evita el deterioro de las mismas, por tal motivo se propone incorporar al almacén de materiales el procedimiento de

preservación de las piezas fabricadas en el taller central. A continuación se indican los pasos a realizar:

- ❖ Recepción del material.
- ❖ Inspección.
- ❖ Preservación.
- ❖ Identificación.
- ❖ Ingreso del material en Maximo.
- ❖ Almacenamiento.

Es importante destacar que la actividad de preservación cumple con la norma ISO – 9001:1994 en el punto 4.15.5 o en la ISO – 9001:2001 en su punto 7.5.5, que debe cumplir todo almacén. En cual establece que “La organización debe preservar la conformidad del producto durante el proceso interno y la entrega al destino previsto. Esta preservación debe incluir la identificación, manipulación, embalaje, almacenamiento y protección. La preservación debe aplicarse también, a la parte constitucional de un producto”.

#### **6.4.1. Recepción del material.**

Una vez realizada la pieza es trasladada al almacén, la misma es recibida por el personal encargado, donde verifica la orden de fabricación la cual firma, sella y coloca la fecha de entrega.

### **6.4.2. Inspección.**

Luego de realizada la recepción de la pieza Tiene encarga de inspeccionar la calidad y el cumplimiento de las especificaciones del repuesto Fueron evaluados y aprobados por Ingeniería de Materiales, el personal de calidad de SONOTESCT y el supervisor del almacén, los siguientes productos de la marca CORTEC CORPORATION.

### **6.4.3. Preservación**

#### **6.4.3.1. Recursos empleados**

Para poder ejecutar los procedimientos de preservación es necesario contar con los siguientes recursos:

#### **Humanos.**

Se aprovecha el personal del almacén para la ejecución de las actividades de preservación.

#### **Materiales**

- ❖ Rollos plásticos film.
- ❖ Rollos de plástico de burbujas de aire (film alveolar)
- ❖ Elementos preservantes: CORTEC CORPORATION

Fueron evaluados y aprobados por Ingeniería de Materiales, el personal especializado para cumplimiento de los estándares de calidad y el

supervisor del almacén, los siguientes productos de la marca CORTEC CORPORATION. En la tabla 6.15, se muestra las especificaciones de los productos utilizados en la preservación de las piezas.

**Tabla 6.15. Especificación de los productos utilizados en la preservación.**

Producto	Descripción	Duración
Limpiador & Desengrasante Superfase Preparation Products VpCl - 414 Marca CORTEC	Limpiador para remover recubrimiento temporales o temporarios, sobre metal y superficies pintadas, tales como cera, suciedad, aceite, grasa y sustancias sintéticas.	2 años
EcoLine™ Long Term Rust Preventative Marca CORTEC.	Bio-Based/Bio-Degradable óxido preventiva a largo plazo es un recubrimiento biodegradables temporal diseñado para su uso en la marina y de alta humedad al aire libre y los ambientes interiores. Protege contra todo tipo de corrosión y oxidación, y funciona	2 años
Performance VpCITM – 369 Coatings.	Recubrimiento tipo barrera basado en aceite que proporciona una duración protectora multimetal a la interperie.	5 años

**Fuente:** Elaboración propia.

En el apéndice S se muestra las especificaciones del fabricante de los diferentes preservantes.

### Medio de protección personal

Usar:

- ❖ Guantes de hule.
- ❖ Lentes de protección.
- ❖ Delantal de pule.
- ❖ Botas de seguridad.

#### 6.4.4. Costos asociados.

Para la ejecución del proceso de preservación se deben considerar los costos de mano de obra y material asociados, los cuales se muestran en la tabla 6.16.

**Tabla 6.16. Costos asociados a la preservación.**

Concepto	Descripción	Cantidad	Costo Trimestral (Bs.F)
Mano de obra	Almacenista	1	5.550,00
	Ayudante	1	3.600,00
Materiales	Rollo plástico film	5 (0,50mx150m)	1.759,80
	Rollo plástico de burbujas de aire	5 (0,50mx150m)	1.258,24
	VPCI - 414	4(cuñete 19 Lts)	1.575,68
	EcoLine Term Rust Preventative	4(spray 4xcaja)	1.871,75
	VPCT - 369	4(cuñete 19 Lts)	3.261,01
	Brocha	3	45,00
	Esponja	1 (rollo 10cmx100m)	58,54
	Guantes NITRILO INDUSTRIAL	1 caja de 100	85,60
	Lentes de seguridad	1 caja de 6	20,00
	Costo Total:		

Fuente: Elaboración propia.

Para implantar el plan de preservación en el almacén de la empresa, tendrían un costo aproximado de 19.085,62 BsF. Trimestrales.

#### 6.4.4. Procedimiento para la realización de la preservación de las piezas en estudio.

Actividades:

- ❖ Remover de la superficie de la pieza residuos de grasa, aceite, virutas, o sustancias que puedan interferir con la adherencia del preservante.

- ❖ Para esto utilizar brocha, acompañado de Limpiador & Desengrasante Superfase Preparation Products VC - 414 Marca COTEC.
- ❖ Posteriormente quitar el excedente de desengrasante con una esponja y aplicarle un aceite protector que impide la corrosión el cual se utiliza EcoLine™ Long Term Rust Preventative Marca CORTEC.
- ❖ Sucesivamente se aplica a la pieza How Performance VpCI™ – 369 Coatings.
- ❖ Ya aplicados los productos que retrasan la corrosión en las piezas estas son envueltas en plástico film, luego en plástico de burbujas (film alveolar).
- ❖ Colocar tarjeta de identificación (ver apéndice U) y transportar las piezas al estante correspondiente y en forma unitaria dependiendo la las dimensiones de estas, a fin de prevenir golpes o daños al recubrimiento.

#### **6.4.5. Recomendaciones luego de preservar.**

- ❖ Remover el preservante antes de despachar las piezas del almacén, utilizando un solvente (VCI – 414).
- ❖ Inspeccionar las piezas preservadas cada 10 meses, con la finalidad de determinar la necesidad o no de renovar el preservante.

## Conclusiones

1. Por medio del análisis de las operaciones y los recursos involucrados en el desarrollo de las funciones del taller central de PDVSA PetroPiar, se detectaron las debilidades del taller, entre las cuales se encontró la demora en la realización de las actividades de mantenimiento, por la falta de repuestos o en la entrega de éstos.
2. Tomando en consideración los equipos máquinas y herramientas con que cuenta el taller y las bombas centrífugas Sulzer; se determinó que los anillos, bujes y ejes son los más recomendables para la realización del estudio, las cuales comprenden 25 piezas.
3. De la evaluación de los costos se obtuvo que la pieza estudiada, tiene un costo de 770,73 BsF. y el promedio de los costos de fabricación en talleres externos y el costo de importación son de 2169,52 BsF.; es decir, que se ahorra de 1398,79 Bs.F/pieza.
4. La realización de las piezas, fue evaluada económicamente, demostrando que costo de fabricación en el taller < costo en talleres externos < costo de comprar el proyecto es viable.
5. Aplicando el método de análisis de sensibilidad; Se aprecia que los parámetros al incrementarlos o disminuirlos el volumen de producción y la inversión inicial, tienen un efecto más significativo sobre el valor

presente. Lo que permite al administrador tener a la mano, las variables más representativas con las que puede jugar a la hora de necesitar un cambio en el valor presente neto.

6. Del análisis técnico-económico aplicado en este proyecto, se puede concluir que no solamente es rentable, sino ventajoso para la empresa la fabricación de las piezas metalmecánica en el taller de la empresa en comparación a lo que representa fabricarlas en talleres externos o exportarlas.
7. Para implantación el plan de preservación en el almacén de la empresa, tendrían un costo aproximado de 19.085,62 BsF. trimestral, el cual representa los costos de mano de obra y materia prima.

## Recomendaciones

1. Se recomienda que el taller fabrique las piezas, bajo las condiciones establecidas y en cantidades de seis (6) piezas mensuales o dependiendo de la demanda que se tenga de estas.
2. Establecer una cantidad minima en el cual el taller y el almacén trabajen conjuntamente, que permitan solventar la necesidad de repuestos. En el cual el taller se encargue de la realización de las piezas, dependiendo de los equipos que éste dispone; para garantizar la existencia de éstas en el almacén.
3. Se debe corroborar que los materiales o/y repuestos coincida con el código, la descripción y la ubicación en el almacén con los del sistema SAP, garantizando así la entrega correcta del material o/y repuesto.
4. Desarrollas planes de capacitación y adiestramiento como una metodología continua e integral para el crecimiento y desarrollo del personal.
5. Se recomienda realizar una base de datos en el cual se tengas las los planos de las piezas que se fabrique en el taller.
6. Se recomienda efectuad el reacondicionamiento de las máquinas y equipos, ya que los resultados obtenidos en la evaluación arrojaron que la inversión en tiempo y en material de fabricación es completamente rentable. De esta manera se puede logara aumentar el tiempo de vida útil de las máquinas y equipos, a su vez poder

continuar efectuando las fabricaciones internas y aumentara la diversidad de piezas a fabricar

7. Inspeccionar las piezas preservadas cada 10 meses, con la finalidad de determinar la necesidad o no de renovar el preservante.

## Bibliografía

BACA, G. (1999). **Evaluación de Proyectos**. Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill, México.

BLANK, L. y TARQUIN, A. (1988). **Ingeniería Económica**. Editorial Mc Graw- Hill, México.

BRAVO, L. (2005). **Fundamentos de Mantenimiento**. Guía Educativa, U.D.O., Barcelona.

COSS, R. (1998). **Análisis y evaluación de proyectos de investigación**. Segunda edición. Editorial Limusa. México.

E. PAUL DEGARMO. (1978). **Materiales y procesos de fabricación**. Editorial S.A. España.

GONMEX E. (1995). **Manejo de materiales, manual, departamento de Ingeniería de Métodos**. UC, Valencia.

HODSON, W. (1996). **Manual del ingeniero industrial**. Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill Internacional, S.A. México.

PARK, C. (1997). **Ingeniería Económica**. Editorial Addison Wesley Iberoamerican S.A. Madrid, España.

W. Nievel. (1996). **Ingeniería método, tiempo y movimiento**. Editorial Alfaomega. México.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	“ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA – ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS EN EL TALLER CENTRAL DEL MEJORADOR DE PETROPIAR”.
<b>SUBTÍTULO</b>	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Moreno Lista , Kerstin Anne	CVLAC:17.010.366 E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Ingeniería Económica, Fabricación, Métodos, Costos.

---

---

---

---

---



---



---

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÀREA	SUBÀREA
<u>Ingeniería.</u>	<u>Ingeniería Industrial</u>

RESUMEN (ABSTRACT):

En este trabajo se estudiaron las operaciones técnicas, administrativas, así como también la evaluación económica de la fabricación en el taller central de PDVSA PetroPiar; donde se identificaron las debilidades y fortalezas en los métodos y condiciones de trabajo actuales. Seguidamente, se determino las actividades que se realizan con más frecuencia en el taller a través de un diagrama y posteriormente se identifico las piezas que tienen mayor demanda en el almacén para la realización de mantenimiento, de manera de identificar el estudio de tiempo de estas actividades, aplicando las técnicas de cronometro continuo. Al evaluar económicamente la fabricación de las piezas en el taller, se puede determinar que la fabricación de las piezas es viable, posteriormente se realizo un procedimiento de preservación de la pieza en estudio para su almacenamiento.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

CONTRIBUIDORES:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Moy, José	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	13.368.554			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Bravo, Luis	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	1.811.447			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Wells, Nayi	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	4.902.303			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ferreri, Domenico	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	13.659.392			
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	07	23
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

## ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Estudio de fabricación	Aplicattion

**CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS:** A B C D E F G H  
 I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z . a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u  
 v w x y z . 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 .

ALCANCE

**ESPACIAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TEMPORAL:** \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre \_Grado

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Sistemas Industriales

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

---

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

**AUTOR**

**AUTOR**

**AUTOR**

**TUTOR**

**JURADO**

**JURADO**

POR LA SUBCOMISION DE TESIS