



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

**PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL
DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE
MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS**

Edgar Leonel Kestler Ordóñez

Asesorado por el Ing. Jorge Francisco Carranza Dávila

Guatemala, agosto de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL
DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE
MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR LEONEL KESTLER ORDÓÑEZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE FRANCISCO CARRANZA DÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Alfonso René Aguilar Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL
DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE
MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 29 de noviembre de 2010.



Edgar Leonel Kestler Ordóñez

Guatemala, 16 de octubre de 2011.

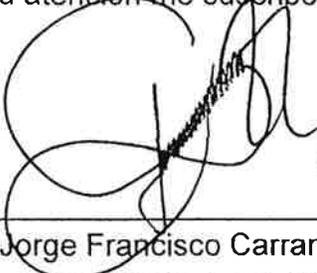
Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú:

Por medio de la presente estoy dando mi aprobación al trabajo de graduación presentado por el estudiante **EDGAR LEONEL KESTLER ORDÓÑEZ**, titulado "PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FABRICA DE PILAS SECAS", previo a sustentar su Examen Público en la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial.

Al respecto me permito informarle, que el trabajo de graduación elaborado por el estudiante Kestler Ordóñez, fue desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, así como sometido por el suscrito a las revisiones necesarias; por lo que considero que el mismo está apto para su trámite final en esa unidad académica.

Agradeciendo su atención me suscribo de Ud. Atentamente,


Jorge Francisco Carranza Dávila
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 8250
Ing. Jorge Francisco Carranza Dávila
Colegiado No. 8,250
ASESOR

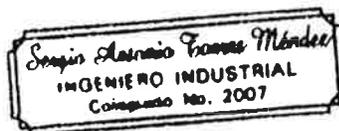


REF.REV.EMI.087.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FABRICA DE PILAS SECAS**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Leonel Kestler Ordóñez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“DID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Leonel Kestler Ordóñez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2012.

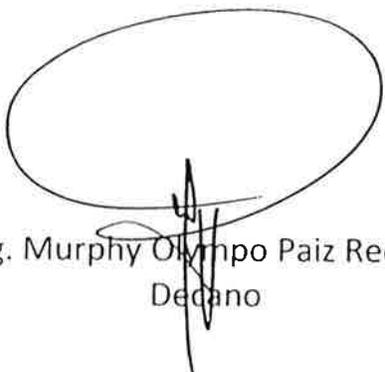
/mgp



DTG. 392.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE SECAS**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Leonel Kestler Ordoñez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 23 de agosto de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi amparo y fortaleza en todo momento. Por brindarme su amor y amistad. Pues reconozco que si no fuera por Él, yo no estaría llegando a esta meta. La honra y la gloria sean para ti.
- Mis padres** Oscar Kestler (q.e.p.d.) e Irma Ordóñez, por ser mi apoyo y mi ejemplo a seguir y por ser esos padres excepcionales que nunca me han defraudado.
- Mis hermanos** Allan, Ronald y Zully, por ser mis verdaderos amigos y estar conmigo en todo momento.
- Mi esposa, mi hijo** Por amarme y apoyarme siempre.
- Mi familia** A mis tíos, tías, primos, primas y demás familiares, que siempre me han apoyado.
- Mis amigos** Por ser parte de mi vida y por haberme brindado su amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

A Dios	La fortaleza de mi vida, mi roca, mi escudo, mi libertador...
Mi amada esposa Carol Motta	Por ser mi ayuda idónea, siempre me ha apoyado y me ha tenido paciencia para alcanzar todas mis metas, te amo.
Mi hijo Edgar Iván	Por ser mi inspiración y lo que más quiero, estoy seguro que este logro lo superarás con creces.
Mi padre, madre y hermanos	Por estar siempre a mi lado, amándome y apoyándome sin condiciones; que este triunfo les honre.
Ing. Jorge Carranza	Por su incondicional apoyo, ofreciéndome de su tiempo, y mucho más valioso, su aprecio y amistad.
Diego de Leon	Por apoyarme íntegramente en la realización de mi trabajo de graduación, aportándome sus mejores recomendaciones y brindándome gran parte de su valioso tiempo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. PRINCIPIOS BÁSICOS.....	1
1.1. Datos particulares de la empresa.....	1
1.1.1. Estructura organizacional	2
1.1.1.1. Organigrama mantenimiento.....	3
1.1.2. Visión	4
1.1.3. Misión.....	4
1.2. Evolución del mantenimiento.....	5
1.2.1. Primera generación	5
1.2.2. Segunda generación.....	5
1.2.3. Tercera generación.....	7
1.2.4. Cuarta generación	8
1.3. Tipos de mantenimiento	8
1.3.1. Mantenimiento planeado	9
1.3.1.1. Mantenimiento preventivo.....	9
1.3.1.1.1. Servicio.....	9
1.3.1.1.2. Reemplazo	10
1.3.1.1.3. Monitoreo de condición ...	10
1.3.1.2. Mantenimiento correctivo.....	10

	1.3.1.2.1.	Reparación	11
	1.3.1.2.2.	Modificación	11
	1.3.2.	Mantenimiento no planeado	11
1.4.	Aspectos particulares de la gestión del mantenimiento actual		12
1.5.	Tratamiento actual de los desechos y subproductos		12
2.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO		15
2.1.	Análisis de la administración actual del Departamento de Mantenimiento		15
	2.1.1.	Antecedentes.....	15
	2.1.2.	Organización.....	16
	2.1.3.	Análisis del alcance del programa actual.....	17
	2.1.4.	Análisis de necesidades de capacitación.....	17
	2.1.4.1.	Evaluación nivel de conocimiento	18
	2.1.4.2.	Plan de capacitación	18
2.2.	Análisis de la productividad actual		20
	2.2.1.	Gráficos de Pareto.....	21
	2.2.2.	Análisis de causas.....	21
2.3.	Problemas de la gestión actual del mantenimiento.....		22
	2.3.1.	Análisis causa raíz.....	22
	2.3.1.1.	Métodos	23
	2.3.1.2.	Materiales	24
	2.3.1.3.	Mano de obra.....	25
	2.3.1.4.	Maquinaria	26
	2.3.2.	Análisis FODA	26
	2.3.3.	Generación de estrategias	28

3.	PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS.....	37
3.1.	Descripción de los objetivos de la organización respecto del Departamento de Mantenimiento	38
3.2.	Objetivos planeación gestión del mantenimiento	39
3.2.1.	Eficiencia proyectada al aplicar el programa: 70% ..	40
3.3.	Matriz de gestión.....	40
3.3.1.	Sistema de comunicación.....	40
3.3.2.	Gestión recurso humano	44
3.3.3.	Gestión de activos	50
3.3.4.	Gestión inventario repuestos.....	55
3.3.5.	Gestión de mantenimiento.....	56
3.4.	Equipo para recuperación de partes de pila.....	61
3.4.1.	Requisitos funcionales deseados	61
3.4.2.	Materiales	61
3.4.2.1.	Métodos para prevención de corrosión .	62
3.4.2.2.	Cálculo estructural	63
3.4.2.2.1.	Concentración de tensiones	63
3.4.2.2.2.	Durezas superficial de partes.....	65
3.4.2.2.3.	Fijación de uniones	66
3.4.3.	Diseño de partes mecánicas	71
3.4.3.1.	Dibujos	71
3.4.4.	Mecanismos para su funcionamiento	72
3.4.4.1.	Ensamble	73
3.4.5.	Lubricación	74

3.4.6.	Montaje	76
3.4.6.1.	Ubicación	76
3.4.6.2.	Cimentación y anclaje	77
3.4.6.3.	Instalaciones complementarias	78
	3.4.6.3.1. Neumática	78
	3.4.6.3.2. Electricidad	79
3.5.	Planificación y programación	80
3.6.	Análisis financiero	80
3.6.1.	Tasa Interna de Retorno	81
3.6.2.	Valor Actual Neto	84
3.6.3.	Análisis costo-beneficio	85
4.	IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO	87
4.1.	Descripción de los objetivos de la organización respecto del Departamento de Mantenimiento	87
4.1.1.	Entrevista dirección	87
4.1.2.	Entrevista gerencia mantenimiento	88
4.2.	Objetivos planeación gestión del mantenimiento	89
4.2.1.	Revisión interdepartamental	89
4.2.2.	Eficiencia proyectada al aplicar el programa: 70% ..	90
4.3.	Matriz de gestión	91
4.3.1.	Sistema de comunicación	91
	4.3.1.1. Programa de divulgación	92
	4.3.1.2. Proceso de concientización	92
	4.3.1.3. Comentario y sugerencias de sesiones ..	93
4.3.2.	Gestión recurso humano	93
	4.3.2.1. Publicación de puestos	93
	4.3.2.2. Realización en campo de matriz especialización	94

	4.3.2.3.	Análisis de capacitaciones	94
4.3.3.		Gestión de activos	95
	4.3.3.1.	Evaluación codificación activos	95
	4.3.3.2.	Identificación en campo	96
	4.3.3.3.	Proceso de mantenimiento crítico	97
4.3.4.		Gestión inventario repuestos.....	100
	4.3.4.1.	Aspectos importantes del manejo de inventarios de repuestos.....	100
	4.3.4.2.	Determinación repuestos críticos	100
4.3.5.		Gestión de mantenimiento.....	101
	4.3.5.1.	Evaluación historial mantenimiento	101
	4.3.5.2.	Programación actividades mantenimiento	102
	4.3.5.3.	Monitoreo de condición.....	103
4.4.		Equipo para recuperación de partes de pila.....	104
4.4.1.		Requisitos funcionales deseados	105
	4.4.1.1.	Análisis cualitativo	105
	4.4.1.2.	Materiales a utilizar	107
	4.4.1.2.1.	Métodos para prevención de corrosión.....	109
	4.4.1.2.2.	Cálculo estructural.....	111
	4.4.1.3.	Diseño de partes mecánicas	119
	4.4.1.3.1.	Dibujo asistido por computadora CAD	119
	4.4.1.4.	Mecanismos para su funcionamiento..	120
	4.4.1.4.1.	Pasos para ensamble....	121
4.4.2.		Montaje	123
	4.4.2.1.	Ubicación	123

	4.4.2.1.1.	Preparativos para instalación.....	123
	4.4.2.2.	Cimentación y anclaje	123
	4.4.2.2.1.	Inspección de cimentación diseñada....	124
	4.4.2.2.2.	Supervisión anclaje	124
	4.4.2.3.	Instalaciones complementarias	125
	4.4.2.3.1.	Neumática	125
	4.4.2.3.2.	Electricidad	126
	4.4.2.4.	Ensayos	127
	4.4.2.4.1.	Resultado pruebas	127
	4.4.2.4.2.	Recomendaciones.....	128
	4.4.2.4.3.	Modificaciones.....	128
5.		EVALUACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE	129
5.1.		Evaluación del programa	129
5.2.		Logro de los objetivos.....	130
	5.2.1.	Beneficios en la productividad.....	130
5.3.		Desarrollo sostenible	131
	5.3.1.	Modificaciones.....	134
	5.3.2.	Ajustes	134
	5.3.3.	Ciclo de revisiones sugeridas.....	134
5.4.		Indicadores de control	135
	5.4.1.	Eficiencia	135
	5.4.2.	Porcentaje cumplimiento del plan	136
	5.4.3.	Porcentaje confiabilidad maquinaria	136
	5.4.4.	Tiempo medio entre fallas	137
	5.4.5.	Tiempo medio de reparación.....	137
5.5.		Beneficios del programa	137

5.6.	Resumen situación actual.....	139
6.	IMPACTO AMBIENTAL.....	141
6.1.	Conciencia ecológica de la empresa.....	141
6.2.	Análisis del manejo de desechos y subproductos antes del programa.....	142
6.3.	Mejoras en el manejo de desechos y subproductos durante el programa.....	143
6.4.	Beneficios ambientales debidos al programa.....	144
6.5.	Medidas de mitigación	145
	CONCLUSIONES	147
	RECOMENDACIONES.....	149
	BIBLIOGRAFÍA.....	151
	ANEXOS	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama Rayovac Guatemala, S.A.	3
2.	Organigrama Departamento de Mantenimiento	4
3.	Distribución del mantenimiento	12
4.	Análisis de eficiencia máquinas básicas 2D, del 06 al 07 de febrero de 2012	16
5.	Eficiencia Departamento de Máquinas Básicas	20
6.	Principales causas de paro en máquinas básicas	21
7.	Análisis de causas paros mecánicos en máquinas básicas	22
8.	Análisis causa raíz gestión del mantenimiento "métodos"	23
9.	Análisis causa raíz gestión del mantenimiento "materiales"	24
10.	Análisis causa raíz gestión del mantenimiento "mano de obra"	25
11.	Análisis causa raíz del mantenimiento "maquinaria"	26
12.	Respuesta a pregunta 1	30
13.	Respuesta a pregunta 2	30
14.	Respuesta a pregunta 3	31
15.	Respuesta a pregunta 4	31
16.	Respuesta a pregunta 5	32
17.	Respuesta a pregunta 6	32
18.	Respuesta a pregunta 7	33
19.	Respuesta a pregunta 8	33
20.	Matriz de gestión	35
21.	Temas de matriz de gestión	38
22.	Ciclo de administración y comunicación	41

23.	Barra base de cilindro neumático	64
24.	Análisis de esfuerzos.....	65
25.	Movimiento mecanismo.....	72
26.	Ensamble equipo para recuperación partes de pila.....	73
27.	Propiedades aceite ISO 220.....	75
28.	Ubicación equipo recuperación partes de pila	76
29.	Anclaje Hilti	77
30.	Diagrama neumático	78
31.	Diagrama eléctrico.....	79
32.	Diagrama flujo de caja.....	81
33.	Eficiencia máquinas básicas 2011	91
34.	Identificación en campo.....	96
35.	Cumplimiento plan	102
36.	Monitoreo condición buje <i>tamper</i>	104
37.	Materiales estructura equipo	107
38.	Materiales mecanismo.....	108
39.	Pasos pintura y recubrimiento protector.....	110
40.	Análisis de esfuerzos.....	111
41.	Etapas pavonado.....	112
42.	Ensayo dureza Rockwell	114
43.	Tipo de soldadura utilizada.....	115
44.	Medición de tolerancias.....	119
45.	Explosivo ensamble equipo.....	121
46.	Instalación neumática.....	126
47.	Partes de pila recuperada	127
48.	Porcentaje paro mecánico.....	131
49.	Indicadores de control	138
50.	Carta de compromiso	141

TABLAS

I.	Análisis de nivel de conocimiento personal mantenimiento máquinas básicas.....	18
II.	Calendario de capacitación.....	19
III.	Análisis FODA gestión actual del mantenimiento.....	27
IV.	Encuesta.....	29
V.	Sistema de comunicación.....	42
VI.	Formato descripción de puesto.....	46
VII.	Matriz de especialización máquinas básicas.....	50
VIII.	Listado de activos Departamento Máquinas Básicas.....	51
IX.	Formato criticidad de activos.....	53
X.	Formato ficha técnica.....	54
XI.	Solicitud orden de trabajo.....	57
XII.	Orden de trabajo.....	58
XIII.	Formato de plan.....	60
XIV.	Durezas partes principales.....	66
XV.	Tolerancias ISA.....	70
XVI.	Ensamble equipo para recuperación de partes de pila.....	74
XVII.	Programación para equipo recuperación de pila.....	80
XVIII.	Análisis VAN.....	84
XIX.	Análisis costo-beneficio.....	85
XX.	Matriz de especialización.....	94
XXI.	Análisis criticidad de activos.....	95
XXII.	Ficha lubricación.....	97
XXIII.	Ficha de inspección.....	98
XXIV.	Repuestos críticos.....	101
XXV.	Planeación mantenimiento.....	103
XXVI.	Tabla de costo.....	106

XXVII.	Tabla de materiales.....	108
XXVIII.	Tabla materiales mecanismo	109
XXIX.	Tabla de durezas.....	114
XXX.	Tabla resistencia mecánica componentes.....	116
XXXI.	Roscas equipo.....	117
XXXII.	Listado de dibujos y diseños	120
XXXIII.	Tabla explosivo conjunto.....	122
XXXIV.	Frecuencia revisiones	135

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
B/C	Beneficio costo
cm	Centímetros
5'S	Cinco s
°C	Grado Celsius
lb/pulg²	Libra por pulgada cuadrada
lb	Libras
mm	Milímetro
min	Minutos
%	Porcentaje
“	Pulgada
Q	Quetzales

GLOSARIO

Agente tóxico	Cualquier agente químico o físico presente en los sistemas biológicos capaz de producir efectos nocivos una vez absorbido por los individuos que los habitan.
AISI	Instituto Americano del Hierro y el Acero.
Autómata	Equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales.
CAD	Diseño asistido por computadora.
Contaminante	La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas.
Disponibilidad	Propiedad o característica de los activos, consistente en que las entidades o procesos autorizados tienen acceso a los mismos cuando lo requieren.

Época pico	Período del año donde aumenta la demanda de producto por parte del mercado.
Fiabilidad	La fiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas.
FODA	Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.
MP	Mantenimiento preventivo.
Pilas secas	Mecanismo electroquímico en el cual la energía de una reacción química se convierte directamente en electricidad.
Reciprocante	Movimiento producido mediante una acción de desplazamiento mecánico de pistón dentro de cilindro, también llamado: alternativo o de desplazamiento positivo.
Semipila	Pila con las capacidades para ser usada, que no tiene la forma adecuada para ser vendida en el mercado.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
TPM	Mantenimiento productivo total.

Trituración	Proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda.
UNC	Rosca americana unificada.
VAN	Valor Actual Neto.

RESUMEN

El presente trabajo describe los aspectos más importantes relacionados con la gestión del mantenimiento en el Departamento de Máquinas Básicas de una fábrica de pilas secas, así como lo más relevante a tomar en cuenta en el diseño, fabricación y montaje de un equipo para recuperación de partes de pila; proponiendo una gestión de mantenimiento que contribuya al desarrollo sostenido de la productividad.

Dentro de los temas más significativos que se analizan a detalle se mencionan los tipos de mantenimiento y la situación actual, así como se profundiza en una matriz de gestión que incluye un sistema para mejorar la comunicación, aspectos de la gestión del recurso humano, la administración de los activos, el manejo del inventario de repuestos y propiamente la gestión del mantenimiento.

Se hace un diseño de un equipo de recuperación de partes de pila, el cual incluye los materiales, tipo de uniones, dibujos, mecanismos y otros aspectos relevantes de diseño mecánico, luego se supervisa su construcción, montaje e instalaciones complementarias, este equipo contribuye al reciclaje de las partes componentes de la pila.

Por último, se refuerza el aspecto medio ambiental sugiriendo revisiones periódicas y evaluando el manejo de los desechos, presentando indicadores de control para su gestión.

OBJETIVOS

General

Diseñar una propuesta de programa de gestión del mantenimiento para el desarrollo sostenido de la productividad en la línea de máquinas básicas 2D de una fábrica de pilas secas.

Específicos

1. Evaluar la productividad actual de la producción.
2. Analizar la situación actual del programa de administración del mantenimiento en la línea.
3. Plantear una propuesta de Programa de Gestión del Mantenimiento para el desarrollo sostenido de la productividad.
4. Evaluar el impacto ambiental del proceso productivo actual.
5. Mostrar los beneficios al medio ambiente de la propuesta de Programa de Gestión del Mantenimiento planteado, para el desarrollo sostenido de la productividad.
6. Plantear acciones que generen revisiones y análisis periódicos para respaldar el desarrollo sostenido en la productividad.

7. Presentar los beneficios y mejoras, al implementar la propuesta de Programa de Gestión del Mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la tendencia actual de administración han apuntado a optimizar los costos y procesos más obvios y quizás menos complejos tales como: logística costos productivos, producto terminado, recursos humanos, dejando muchas veces por un lado la administración del mantenimiento. Siendo mantenimiento una actividad que puede ayudar a reducir costos, también contribuye a mejorar procesos y a optimizar recursos, tanto de forma directa como indirecta muchas veces.

Cuando entendemos que los recursos son limitados especialmente si hablamos de materias primas y maquinaria se deduce el gran aporte que este departamento da a la industria, pues siendo responsable de la fiabilidad de los equipos puede y debe contribuir a la productividad, calidad, seguridad y muy importante al medio ambiente.

Aporte que hace al asegurar el buen funcionamiento, dentro de los estándares establecidos de la maquinaria, así como ser eficiente y consciente de que en el desarrollo de sus funciones debe agregar valor a la organización al aprovechar los recursos que se le han asignado de la mejor forma, siendo eficaz en sus funciones, buscando elevar la productividad y el desarrollo sostenible de la empresa.

El mantenimiento debe, por tanto, ser tomado como parte importante para el logro de los objetivos de la organización, lo que implica estudiar la mejor forma de administrarlo, para que las acciones que se tomen estén alineadas con lo que la dirección desea lograr.

Es importante saber que el negocio de una organización o empresa manufacturera no es el mantenimiento de las máquinas que fabrican los productos, sino la obtención de utilidades, por lo que todo lo que se haga debe ir encaminado a optimizar los recursos, y esta optimización debe ser sustentable.

Como primer punto, el capítulo 1 se referirá a los principios básicos del mantenimiento, y la visión y misión de la fábrica de pilas secas. En el capítulo 2 se hará un diagnóstico y evaluación de la gestión actual del mantenimiento; con este análisis en el tercer capítulo, se presentará una propuesta de gestión para el desarrollo sostenible de la productividad; la propuesta se implementará y se le dará seguimiento en el cuarto capítulo. Después se evaluarán los logros y desarrollo sostenible, para por último analizar el impacto ambiental en el capítulo 6.

1. PRINCIPIOS BÁSICOS

1.1. Datos particulares de la empresa

La fabricación de pilas secas inicia en Guatemala en 1961, cuando se funda “DURALUX”, gracias al entusiasmo y visión de empresarios guatemaltecos, inicia con maquinaria de tecnología japonesa, e inicia su producción el 6 de febrero de ese año, con la fabricación de pilas marca DURALUX.

A través de los años, la compañía pasa de pertenecer a empresarios guatemaltecos a pertenecer a corporaciones tales como Rayovac Corporation (ESB) en 1962, y así inicia la historia de Rayovac fabricada en Guatemala, luego es parte de INCO (International Nickel Company) en 1975, y en 1985, pasa a ser propiedad de ROV Limited. En 1999 se vende la compañía a Rayovac Corporation.

Actualmente la compañía Rayovac trabaja en un turno, surtiendo los mercados de Centro América y el Caribe.

A través de los años Rayovac se ha caracterizado por un liderazgo en el mercado, sin embargo a lo interno de la fábrica como en toda industria se busca el mejoramiento de los procesos y la optimización de los recursos, jugando el Departamento de Mantenimiento un papel vital en la fiabilidad y desempeño de la maquinaria.

El problema se define así: actualmente la administración del mantenimiento en la fábrica de pilas secas Rayovac se ha basado en un mantenimiento de oportunidad, en la mayoría de los casos, pues se intervienen los equipos por lo general cuando estos fallan, en algunos casos se realiza un mantenimiento preventivo. Esta forma de afrontar la tarea de mantenimiento ha causado paros en la línea de producción. Las funciones de mantenimiento deben estar encaminadas a reducir los paros por problemas mecánicos y una gestión deficiente genera que la interrupción del proceso productivo se haga constantes, por lo que se convierte en un problema que debe solucionarse.

Se puede concluir que: los paros por fallas mecánicas en la línea de producción de máquinas básicas 2D generan una baja productividad y sin sostenimiento debido a la gestión actual del mantenimiento.

El problema es: paros por fallas mecánicas.

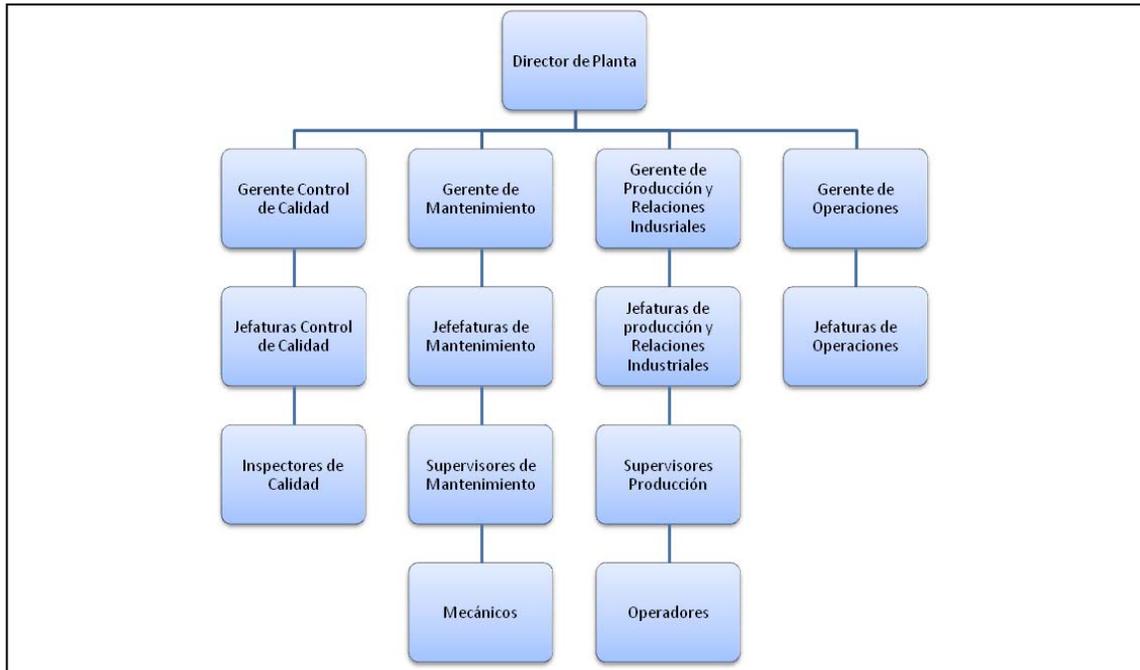
La consecuencia es: baja productividad y sin sostenimiento en la línea de producción de máquinas básicas 2D.

Las causas se refieren a: la deficiente gestión del mantenimiento.

1.1.1. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la fábrica de pilas secas Rayovac es de tipo funcional, a la cabeza se encuentra el director de planta el cual cuenta con cuatro gerentes uno para cada función: gerente de Control de Calidad, Mantenimiento, Producción & Relaciones Industriales y Operaciones.

Figura 1. **Organigrama Rayovac Guatemala, S.A.**

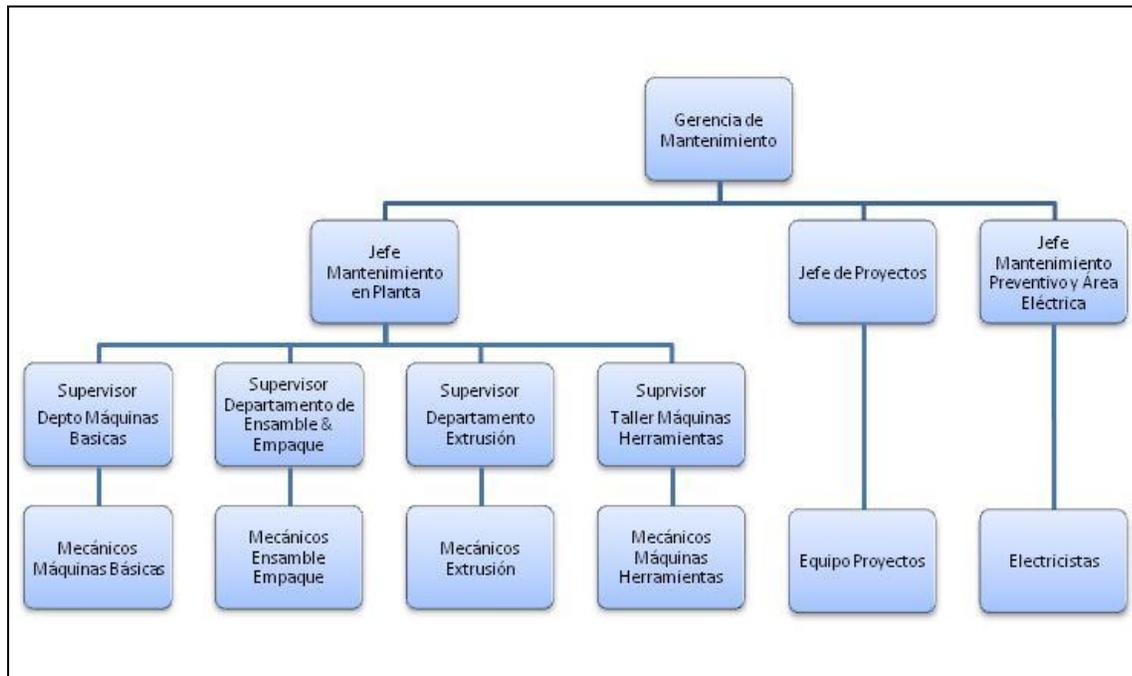


Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por la empresa.

1.1.1.1. **Organigrama mantenimiento**

El Departamento de Mantenimiento al igual que el anterior tiene una estructura funcional, el jefe de mantenimiento en planta coordina todas las tareas de mantenimiento en el proceso productivo, el jefe de proyectos coordina un equipo de mecánicos que desarrollan nuevas maquinarias o procesos y el jefe de MP y área eléctrica coordina el trabajo organizativo del MP y como su nombre lo indica área eléctrica.

Figura 2. Organigrama Departamento de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por la empresa.

1.1.2. Visión

Es definida como: una empresa de productos de consumo masivo, orientados al consumidor y enfocados al desarrollo de marcas, ofreciendo productos diferenciados dirigidos a generar en su consumo, una experiencia única en todo momento.

1.1.3. Misión

La empresa la define así: “enfocarnos principalmente en el consumidor. Aliarnos con nuestros clientes para lograr en conjunto el éxito. Promover una

atmósfera que permita contar con colaboradores comprometidos y apasionados por el negocio. Maximizar la rentabilidad para nuestros accionistas”.

1.2. Evolución del mantenimiento

Durante el siglo XX el mantenimiento pasó por varias etapas o períodos que describo a continuación.

1.2.1. Primera generación

Durante esta etapa aproximadamente entre 1930 y 1950 las actividades de mantenimiento se ceñían a reparar aquello que se averiaba, y a periódicos rengrases, lubricaciones y limpiezas.

1.2.2. Segunda generación

Después de la Segunda Guerra Mundial, la industria tuvo un gran empuje debido en especial a la industria militar y de aviación, también ingresan al mercado mundial las industrias orientales lo que creó una sana competencia que en términos de mantenimiento buscaban especialmente como sus objetivos: la disponibilidad operacional de los medios de producción, asimismo en especial que los equipos duren lo máximo en condiciones normales de funcionamiento y por supuesto buscando los menores costos.

Para el logro de los objetivos planteados por los administradores durante esta etapa, se inicia todo un sistema de mantenimiento preventivo, que incluye las revisiones cíclicas de los equipos, planificación de los trabajos y control por medio de órdenes y verificación de los resultados obtenidos. También se valía del mantenimiento correctivo para reparar en especial los fallos comunes

cuando se inicia la vida del equipo así como en el transcurso de la vida del mismo. Las revisiones cíclicas se basan según sea el caso en: horas, unidades producidas, kilómetros recorridos, etc.

Los datos comunes de las órdenes a los cuales se les da seguimiento son:

- Equipo, instalación o sistema afectado (código)
- Subsistema o componente averiado (código)
- Agentes que han realizado la intervención
- Horas de trabajo invertidas
- Horas de trabajo que ha durado la paralización
- Repuestos consumidos
- Centro de coste

A pesar que un mantenimiento preventivo bien planificado y llevado parecía ser la respuesta para la mejora de los principales índices de gestión del mantenimiento como los son la disponibilidad, fiabilidad y costo. Se empezó a dar un fenómeno de estancamiento, pues los intentos de elevar la disponibilidad por ejemplo reduciendo las paradas por revisión traían como consecuencia la disminución de la fiabilidad. Reducir costos por medio de minimizar los repuestos o insumos, implicaba un deterioro de la disponibilidad y fiabilidad.

Tratar de aumentar la fiabilidad por medio de análisis de fallas o por medio de mejoras y reformas de los equipos implicaba deterioro de la disponibilidad y aumento de costos. Este estancamiento llevó a los expertos en mantenimiento a analizar las causas y buscar las alternativas que permitieran mejorar los índices sin detrimento de los demás.

1.2.3. Tercera generación

Como se mencionó ante el estancamiento en la mejora de los índices como: la fiabilidad, disponibilidad y costes, se empezó a hablar del mantenimiento de tercera generación, este incorpora aspectos que no habían sido tratados, por ejemplo: se empieza a hablar en mantenimiento sobre calidad debido al lanzamiento de la Normas ISO 9000, también se empezó hablar sobre el medio ambiente también empujado por las Normas ISO 14000, en cuanto a las decisiones de compra de equipo se empezó a usar el costo del ciclo de vida de los equipos pues se hizo importante que el costo de un equipo incluyendo la inversión inicial, costos de mantenimiento, producción, etcétera fuera el menor.

Este tipo de mantenimiento de tercera generación se enfoca en intervenir los equipos e instalaciones solo cuando se necesita, surgen así pues los mantenimientos basados en condición, aparecen los mantenimientos predictivos e intentan hacerse lugar en las administraciones el mantenimiento basado en confiabilidad y el mantenimiento productivo total.

También durante este período el mantenimiento incorpora el análisis de riesgos, por lo que su fallo no supone ningún riesgo o este es mínimo puede ser mejor dejar que ocurra. También se incorpora durante este período el uso de autómatas que ayudan en la operación de los equipos, e incluso muchas veces en el mantenimiento de los mismos.

Algo muy importante es que durante este período aparecen el análisis de efecto-causa y el uso de contrataciones externas *outsourcing*.

1.2.4. Cuarta generación

Esta etapa empieza aproximadamente en 1995, incorpora todos los aspectos mencionados durante las etapas anteriores, sin embargo se enfocan de manera distinta, por ejemplo se considera que el mantenimiento basado en confiabilidad o el mantenimiento productivo total no son en sí mismos la salvación o solución de los problemas de mantenimiento sino son validos en determinado aspecto de nuestro mantenimiento, es decir que su aplicación no debe aplicarse de manera individual sino en conjunto con otras técnicas.

Este mantenimiento tiene otro enfoque; se puede tener un indicador del mantenimiento que refleje los avances positivos del mismo, posiblemente en una flamante gráfica; sin embargo el operador de la máquina puede estar inconforme con la suciedad de la misma, o Control de Calidad estar desesperado por la imposibilidad de la máquina de mantener las tolerancias, por lo que los resultados del mantenimiento deben ser realmente medidos por los destinatarios del mismo.

Durante esta etapa también se profundiza en la contratación externa, pero no desde el enfoque tradicional, sino ahora desde una perspectiva de ganancia mutua, pues así como se penalizarán los casos negativos, también se bonificarán los casos positivos para que tanto el contratista como la empresa ganen y se entre en una espiral ascendente de mejora continua.

1.3. Tipos de mantenimiento

De forma general el mantenimiento se puede dividir, por su planificación, en dos grandes grupos que son: mantenimiento planeado y no planeado.

1.3.1. Mantenimiento planeado

Este mantenimiento es aquel que se lleva a cabo debido a una planificación anticipada, con el fin de prevenir el deterioro de una máquina o instalación. Es desarrollado de una manera programada con suficiente tiempo de anticipación.

1.3.1.1. Mantenimiento preventivo

Este es el mantenimiento que se realiza antes de que ocurra una falla o avería, las características principales de este tipo de mantenimiento son: inspeccionar los equipos y detectar las fallas para poder planificar su corrección, también este mantenimiento incluye los servicios que se hacen en la maquinaria tales como lubricación, limpieza y calibración; también incluye el remplazo de piezas por vida útil o tiempo de uso e incluso el monitoreo de condición.

1.3.1.1.1. Servicio

En esta parte del mantenimiento están las acciones básicas que se deben realizar, sin las mismas no se puede hablar que se esté haciendo mantenimiento:

En el servicio se tiene la limpieza, que es fundamental para el buen funcionamiento de la maquinaria, no se puede concebir intentar conservar los equipos y maquinarias sin siquiera realizarle limpieza periódicas.

Otra actividad básica es la lubricación, esta tiene como funciones básicas reducir la fricción, disipar el calor y la dispersión de los contaminantes.

También se puede mencionar la calibración, que es el conjunto de operaciones que establecen y ajustan los instrumentos o maquinaria a un patrón de referencia conocido.

1.3.1.1.2. Reemplazo

Renovación parcial o total de los equipos para asegurar su función en condiciones óptimas. En este caso se hacen de manera preventiva a través del control de vida útil de las mismas.

1.3.1.1.3. Monitoreo de condición

Este consiste en la medición de una variable física que es representativa de la condición del equipo; dicha medición se compara con valores que indican si el equipo está en buen estado o no.

Los objetivos son diagnosticar el estado o condición del equipo, para luego tomar acciones que eviten fallos o cuánto tiempo más podría funcionar el equipo sin riesgo de fallo. Por lo que se estudia la evolución de ciertos parámetros.

1.3.1.2. Mantenimiento correctivo

Es aquel que corrige los defectos observados en los equipos o instalaciones y puede ser de: reparación de avería y modificación. La modificación es realizar un cambio en el diseño del equipo.

1.3.1.2.1. Reparación

Bajo la óptica del mantenimiento planeado, se dice que la reparación supone la corrección de la falla en el equipo cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizarse la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión de corregir o no el fallo de forma programada suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la falla o avería supone la parada del equipo o afecta directamente la calidad del producto, debe iniciarse la reparación inmediatamente; si en cambio, puede mantenerse el equipo operando sin afectar su funcionalidad momentánea o calidad del producto, puede planificarse su paro para reparación.

1.3.1.2.2. Modificación

Son todas aquellas transformaciones o arreglos mecánicos que transforman algunas características de la maquinaria sin modificar la esencia, esto con el objetivo de mejorar su funcionamiento.

1.3.2. Mantenimiento no planeado

Este mantenimiento es aquel que se realiza cuando la avería ya ha ocurrido y es necesaria una intervención del personal de mantenimiento. Idealmente, no debería haber fallas o averías, pero las hay, por lo que tener un plan de gestión eficaz es importante.

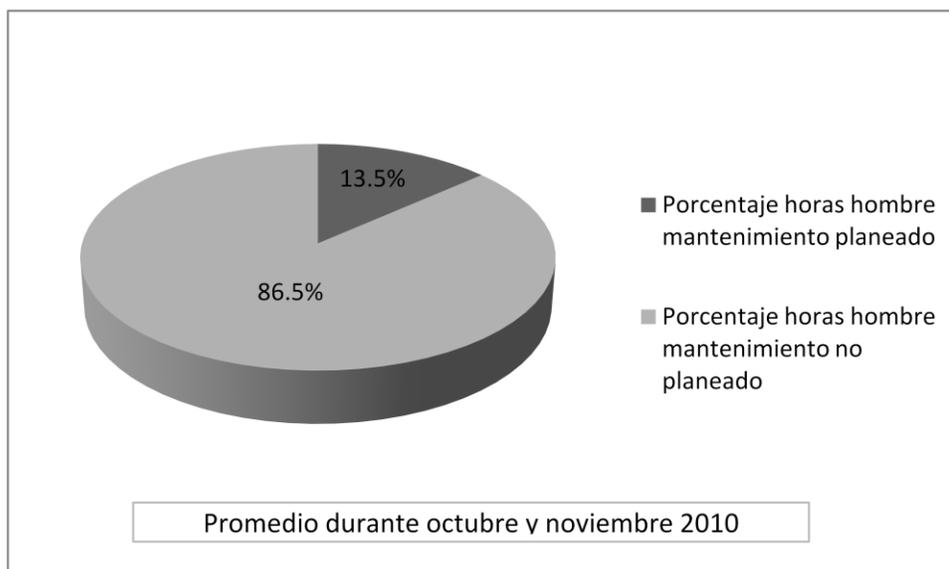
Pues se debe intervenir con rapidez, y poner en marcha el equipo en el menor tiempo posible, tiempo medio de reparación bajo. También las intervenciones deben ser fiables, y adoptar medidas para que no se vuelvan a

producir las fallas en un período de tiempo suficientemente largo, tiempo medio entre fallos grande. Y por último, se debe consumir la menor cantidad posible de recursos, mano de obra, materias y tiempo.

1.4. Aspectos particulares de la gestión del mantenimiento actual

Actualmente, la gestión del mantenimiento de la fábrica de pilas secas está basado en el mantenimiento no programado, situación que se muestra con el siguiente gráfico.

Figura 3. **Distribución del mantenimiento**



Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por el Departamento de Mantenimiento.

1.5. Tratamiento actual de los desechos y subproductos

En el Departamento de Máquinas Básicas se generan básicamente tres tipos de desechos:

- Papeles: estos desechos son de origen orgánico, este tipo de desecho no contiene agentes tóxicos o peligrosos y su manipulación o almacenamiento no requiere ninguna precaución. Actualmente se vende a una empresa externa que se encarga de comercializarlo para su reciclaje.
- Semipilas: son el producto del Departamento de Máquinas Básicas, en el proceso son probadas eléctricamente; si tienen algún defecto se rechazan de forma automática. Actualmente se recolectan y se depositan de forma segura en un relleno sanitario.
- Lubricantes: estos están conformados por los residuos de aceite utilizado en la lubricación de la maquinaria, así como de los motorreductores; actualmente se recolecta en un recipiente especial y se vende a un servicio externo que lo reutiliza.

2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.1. Análisis de la administración actual del Departamento de Mantenimiento

Es importante examinar la gestión actual del mantenimiento; con base en este análisis se harán las propuestas de mejora.

2.1.1. Antecedentes

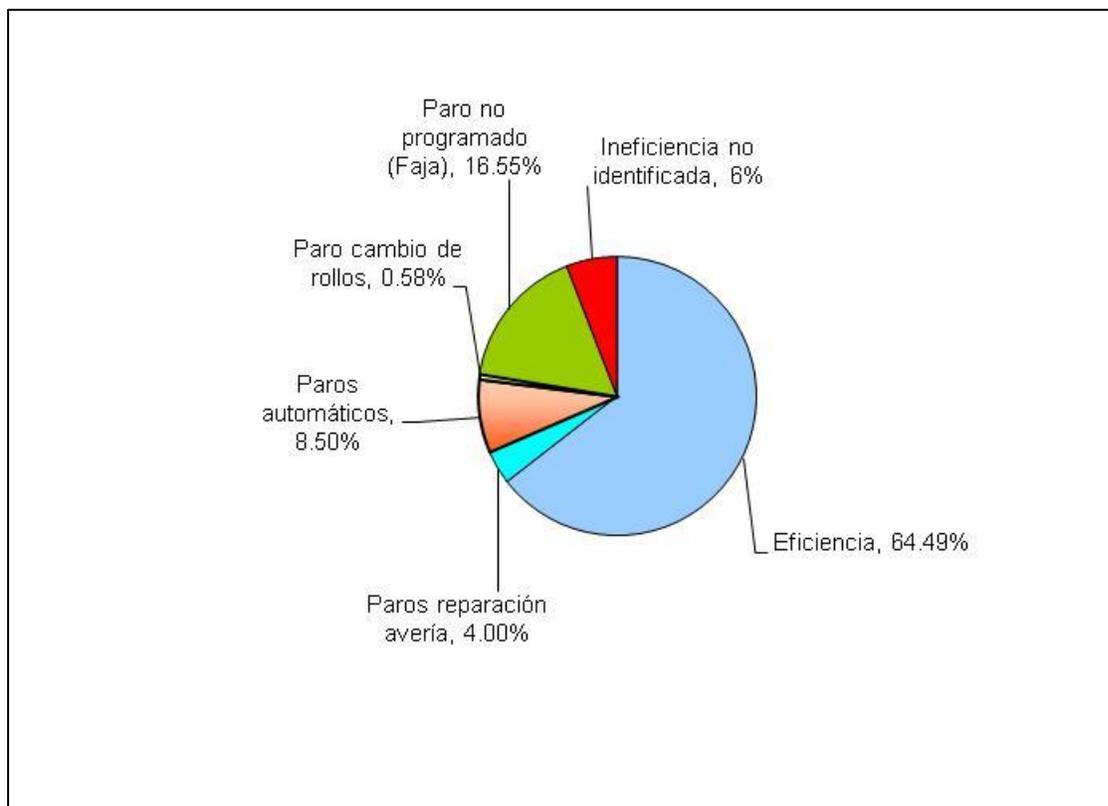
La estructura organizacional del Departamento de Mantenimiento ha permanecido por muchos años sin cambios, el personal encargado de la gestión tiene en promedio 20 años de permanencia en la compañía, por lo que la gestión del mismo ha sufrido pocas variaciones.

Durante los últimos años se ha hecho un esfuerzo por parte de la administración en promover una mejor administración por medio de filosofías tales como 5'S y TPM, entre otras; aunque lamentablemente no han podido hasta el momento generar una transformación total en la gestión, sin embargo sí ha permitido mejorar en algunos aspectos.

En 2010 se realizó un cambio en la dirección de la empresa, cambio que ha impulsado una dinámica diferente, especialmente en la búsqueda de nuevas tecnologías y en la necesidad de responder al cambio de una forma acelerada.

El programa actual del mantenimiento se ha enfocado en atacar los fallos conforme estos ocurren en las máquinas básicas, situación que genera paros mecánicos a la línea de producción.

Figura 4. **Análisis de eficiencia máquinas básicas 2D, del 06 al 07 de febrero de 2012**



Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por el Departamento de Ingeniería.

2.1.2. Organización

La organización actual del Departamento de Mantenimiento está compuesta por un gerente de mantenimiento como responsable de la

administración del mismo, este a su vez se apoya en tres jefes, que tienen a su cargo:

- Jefe mantenimiento en planta: encargado de la ejecución y administración de las iniciativas de mantenimiento en toda la planta, trabaja con el apoyo de los supervisores de mantenimiento de cada departamento de la planta.
- Jefe de proyectos: este tiene bajo su responsabilidad el desarrollo de modificaciones, construcción de maquinaria nueva y mejoras a los procesos productivos.
- Jefe de mantenimiento preventivo y área eléctrica: el cual planea las acciones del mantenimiento preventivo al mismo tiempo que dirige el área eléctrica de la planta.

2.1.3. Análisis del alcance del programa actual

Como en toda industria, el Departamento de Mantenimiento tiene la labor de conservar las instalaciones y equipo en óptimas condiciones. Hay departamentos donde la administración del mantenimiento se ha desarrollado, sin embargo en el Departamento de Máquinas Básicas el mantenimiento no programado tiene un peso del 86,5% del tiempo horas hombre. Motivo principal para analizar la gestión actual y generar una propuesta de gestión del mantenimiento.

2.1.4. Análisis de necesidades de capacitación

Primero, se debe evaluar el conocimiento del personal en el área; con base en este análisis, se desarrolla el plan de capacitación.

2.1.4.1. Evaluación nivel de conocimiento

Básicamente se analiza la educación media de los mecánicos del Departamento de Máquinas Básicas, así como los principales cursos obtenidos específicos para el área técnica, para que sirvan de fundamento en el plan de capacitación.

Tabla I. **Análisis de nivel de conocimiento personal mantenimiento máquinas básicas**

No. index	Nombre mecánico	Título educación media	Cursos
10424	Guido José S.	Bachiller Industrial - Perito en Mecánica	Mantenimiento industrial básico
10619	Jairo David A.	Técnico en Mecánica de Mantenimiento Industrial	
10572	Ruben Francisco L.	Bachiller Industrial - Perito en Mecánica Automotriz	Mantenimiento industrial básico
10596	Juan Francisco Ch.	Bachiller Industrial - Perito en Dibujo de Contrucción	Mantenimiento industrial básico
10669	Luis Fernando B.	Bachiller en Ciencias y Letras	Mantenimiento industrial básico
10418	Juan Daniel L.	Perito en Mantenimiento Industrial	Mecánica industrial, curso de soldadura
10455	Edwin ErasmoE.	Perito Contador	Mantenimiento industrial básico

Fuente: elaboración propia. Información proporcionada por el Departamento de Relaciones Industriales.

La mayoría de mecánicos del área cuentan con base académica adecuada a sus funciones, los que no han estudiado una carrera técnica han recibido nivelación a través de cursos del INTECAP.

2.1.4.2. Plan de capacitación

La capacitación está enfocada a mejorar el nivel de conocimiento del personal en la línea de máquinas básicas, por lo que esta se enfocará en el conocimiento básico que el mecánico debe tener, específicamente, de su área de trabajo.

Los aspectos a capacitar son:

- Neumática básica
- Lubricación
- Mecanismos máquina básica

El plan de capacitación se realizará con personal interno, con el siguiente calendario.

Tabla II. **Calendario de capacitación**

				2011	
Tema		Fecha grupo A		Fecha grupo B	
Neumática básica		9 al 13 de mayo		23 al 27 de mayo	
Lubricación		06 al 10 de junio		20 al 24 de junio	
Mecánismo máquina básica		04 al 08 de julio		18 al 22 de julio	
No. index	Mecánico			Grupo	
10424	Soto Vásquez	Guido José		A	
10619	Alvarado López	Jairo David		A	
10572	Lucha Álvarez	Rubén Francisco		A	
10596	Chur Barrera	Juan Francisco		A	
10669	Barrientos García	Luis Fernando		B	
10418	Lucas Díaz	Juan Daniel		B	
10455	Espinoza Juárez	Edwin Erasmo		B	

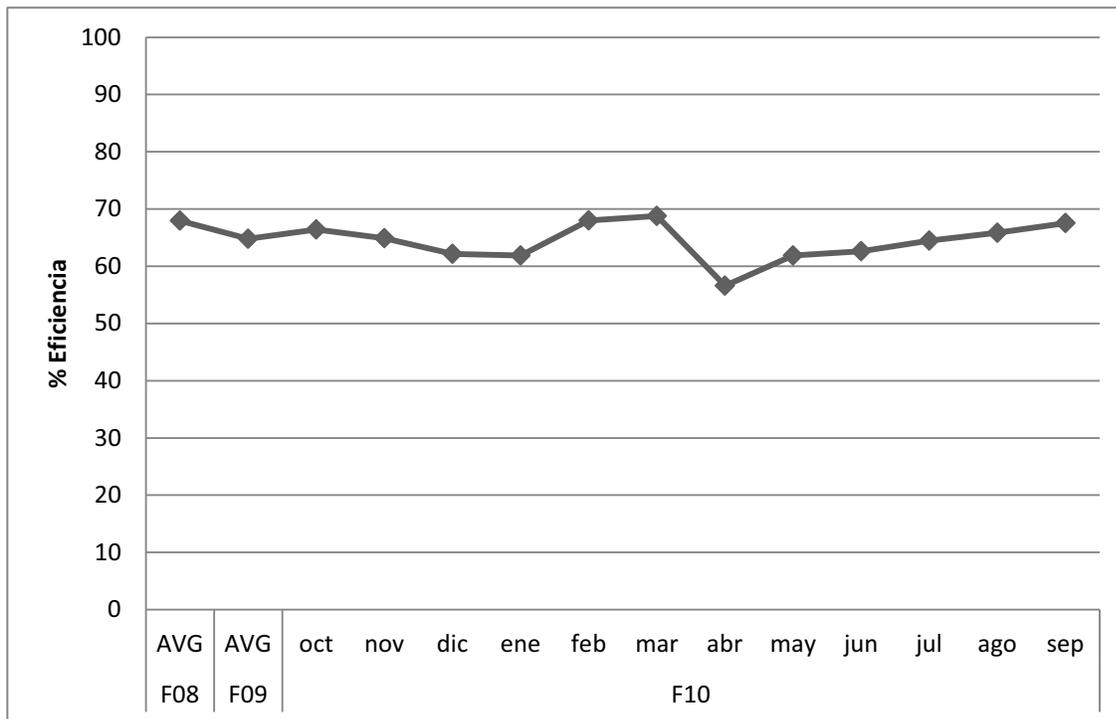
Fuente: elaboración propia.

2.2. Análisis de la productividad actual

El índice más significativo para evaluar la productividad dentro de la fábrica de pilas secas es la eficiencia; este índice es expresado en porcentaje y básicamente es la relación entre la producción obtenida y la producción teórica posible.

A continuación la eficiencia obtenida en el Departamento de Máquinas Básicas durante el 2010.

Figura 5. **Eficiencia Departamento de Máquinas Básicas**

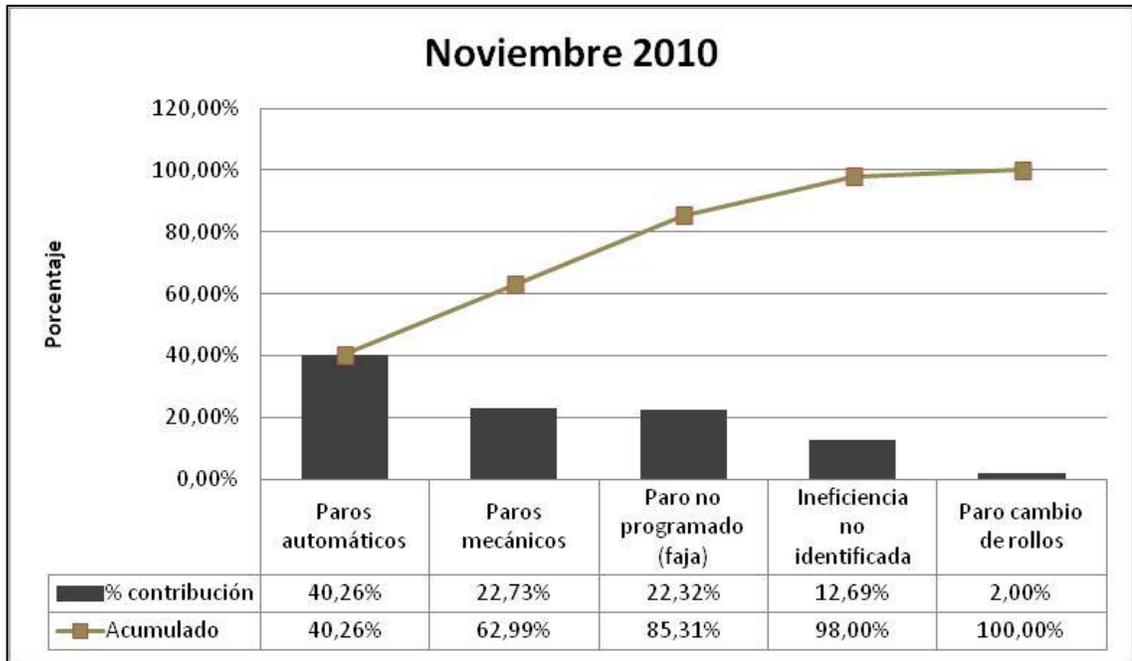


Fuente: Departamento de Producción Rayovac.

2.2.1. Gráficos de Pareto

El análisis de las principales causas de paro que contribuyen a la baja eficiencia en el Departamento de Máquinas Básicas arroja los siguientes resultados.

Figura 6. Principales causas de paro en máquinas básicas

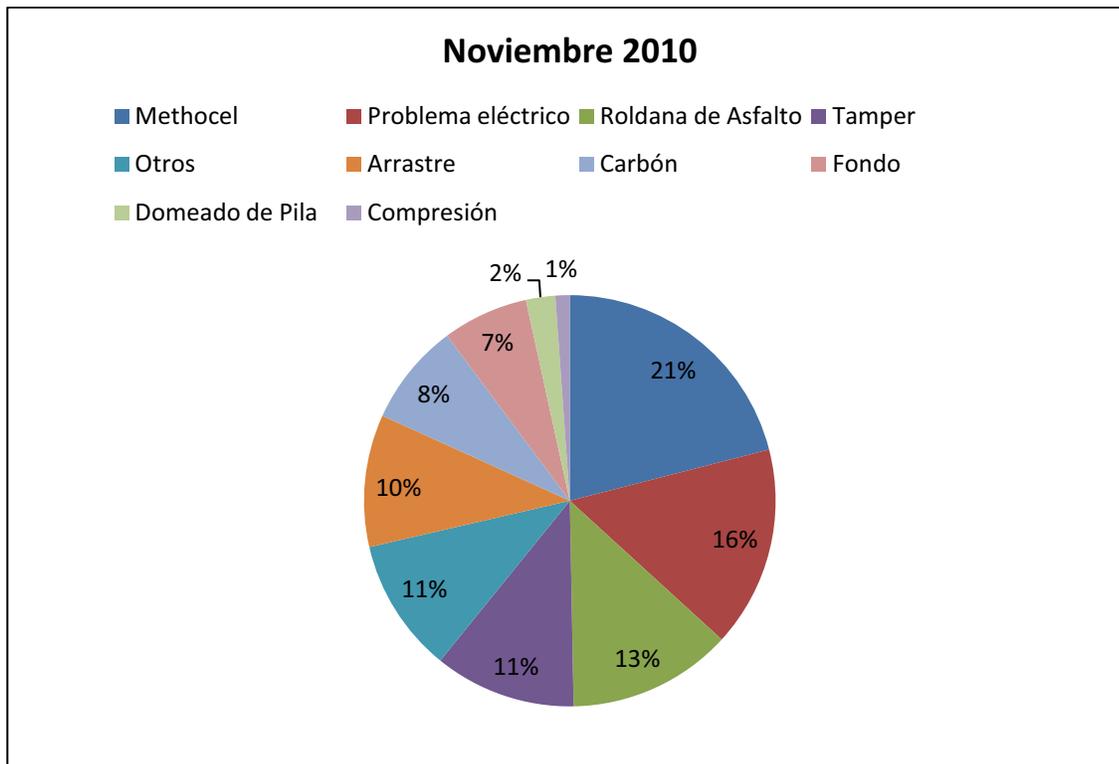


Fuente: Departamento de Mantenimiento.

2.2.2. Análisis de causas

Siendo la gestión del mantenimiento nuestro principal interés, se hizo un análisis de las causas principales de paros mecánicos en el Departamento de Máquinas Básicas.

Figura 7. **Análisis de causas paros mecánicos en máquinas básicas**



Fuente: elaboración propia. Datos obtenidos del Departamento de Mantenimiento.

2.3. Problemas de la gestión actual del mantenimiento

Un análisis de los problemas actuales de gestión, permitirá generar una propuesta, que contribuya a la solución de los mismos.

2.3.1. Análisis causa raíz

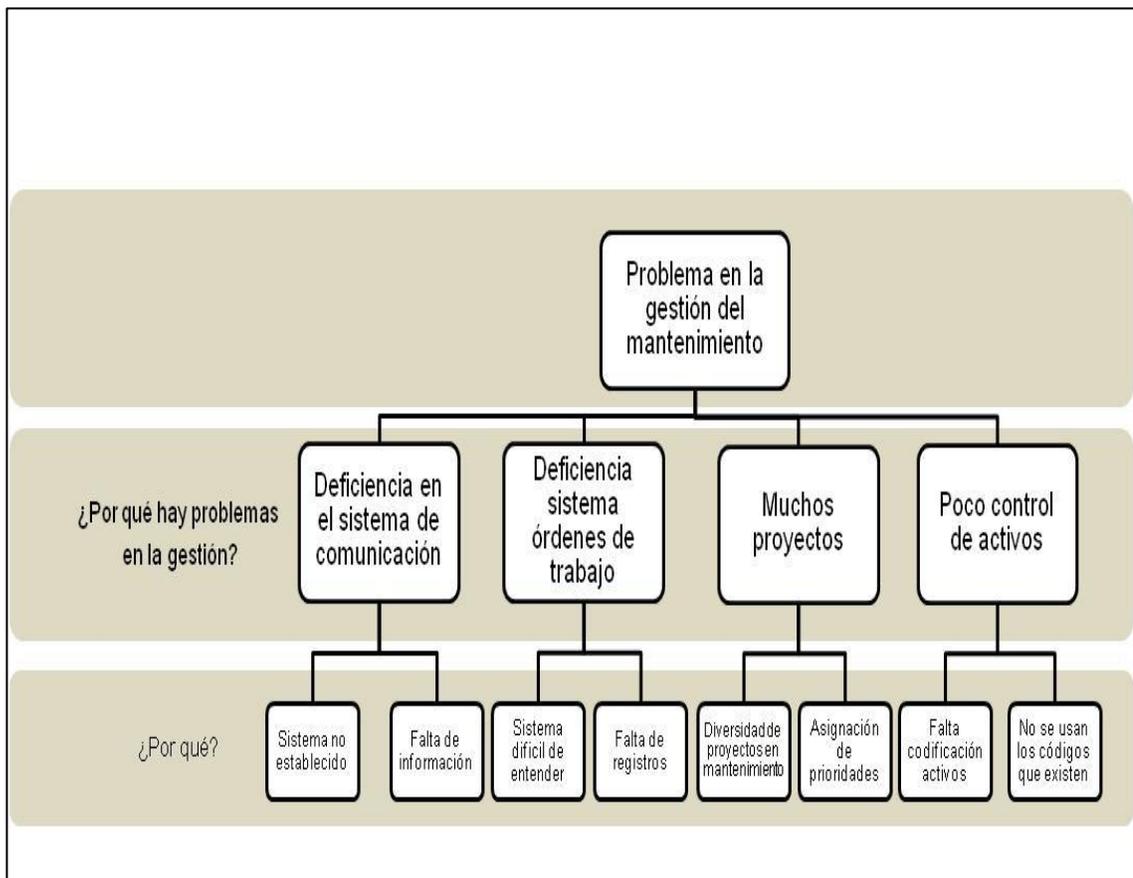
Es importante que la eficiencia del departamento aumente y siendo los problemas mecánicos uno de los mayores generadores de paro a la línea se hizo un análisis de los problemas de la gestión actual por medio del método de

gráfico causa raíz, enfocado en cuatro aspectos: métodos, materiales, maquinaria y mano de obra.

2.3.1.1. Métodos

Esto se refiere al camino o vía que se utiliza, para que de forma ordenada y sistemática, se llegue a un resultado determinado.

Figura 8. **Análisis causa raíz gestión del mantenimiento "métodos"**

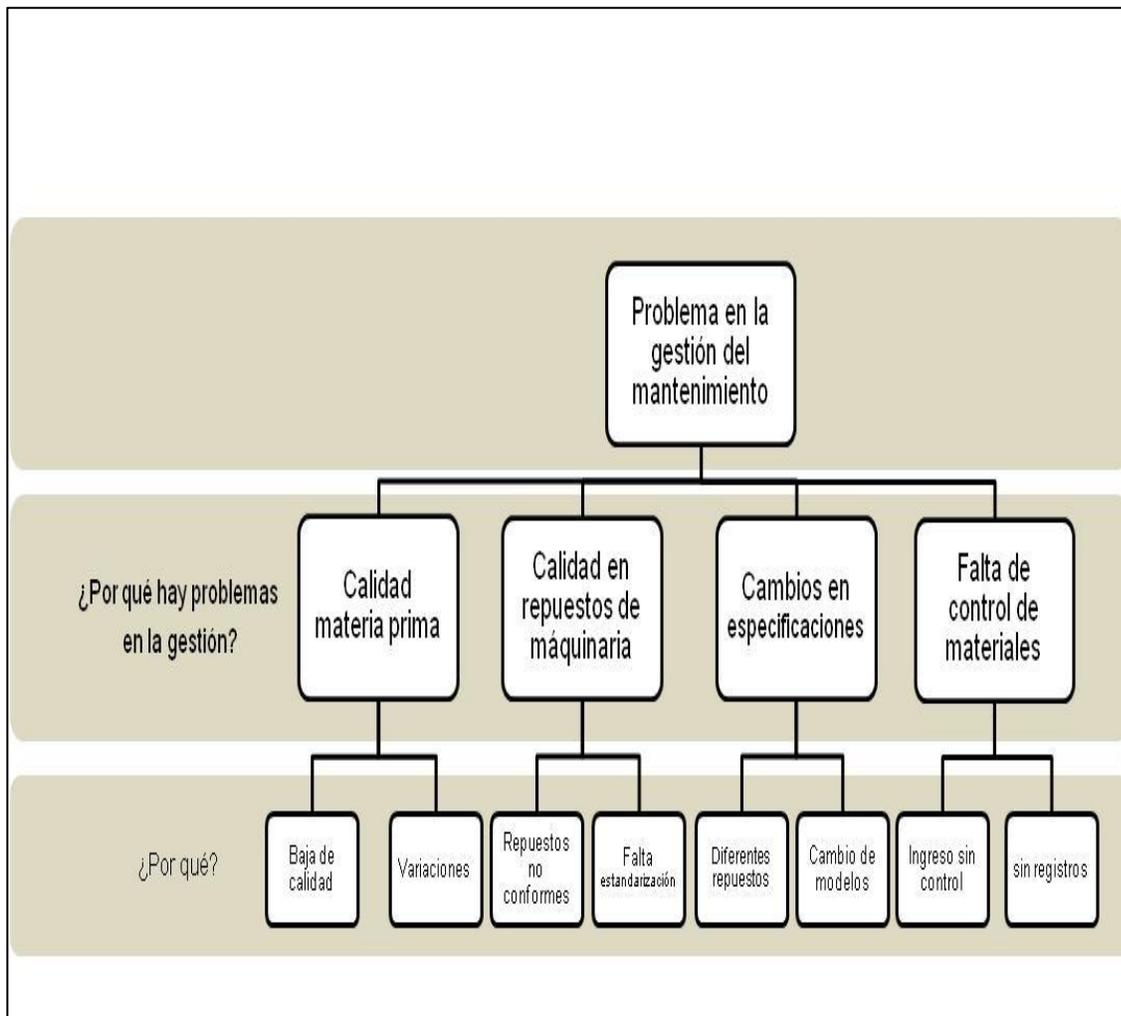


Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. Materiales

Las materias primas utilizadas en la manufactura del producto y la calidad de los repuestos corresponden a otro aspecto importante de análisis.

Figura 9. **Análisis causa raíz gestión del mantenimiento "materiales"**

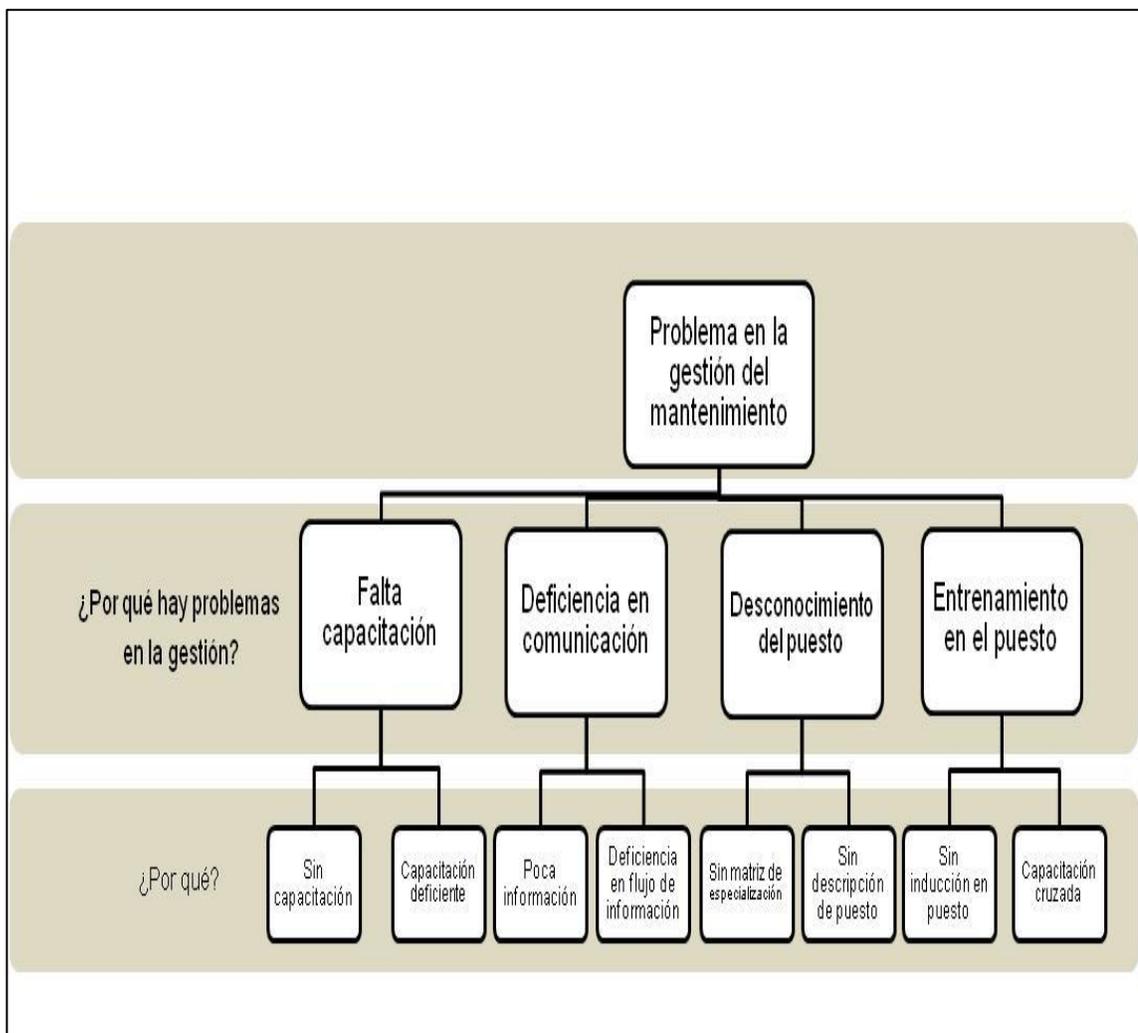


Fuente: elaboración propia.

2.3.1.3. Mano de obra

La contribución del personal en la gestión, es fundamental para lograr los objetivos deseados.

Figura 10. **Análisis causa raíz gestión del mantenimiento "mano de obra"**

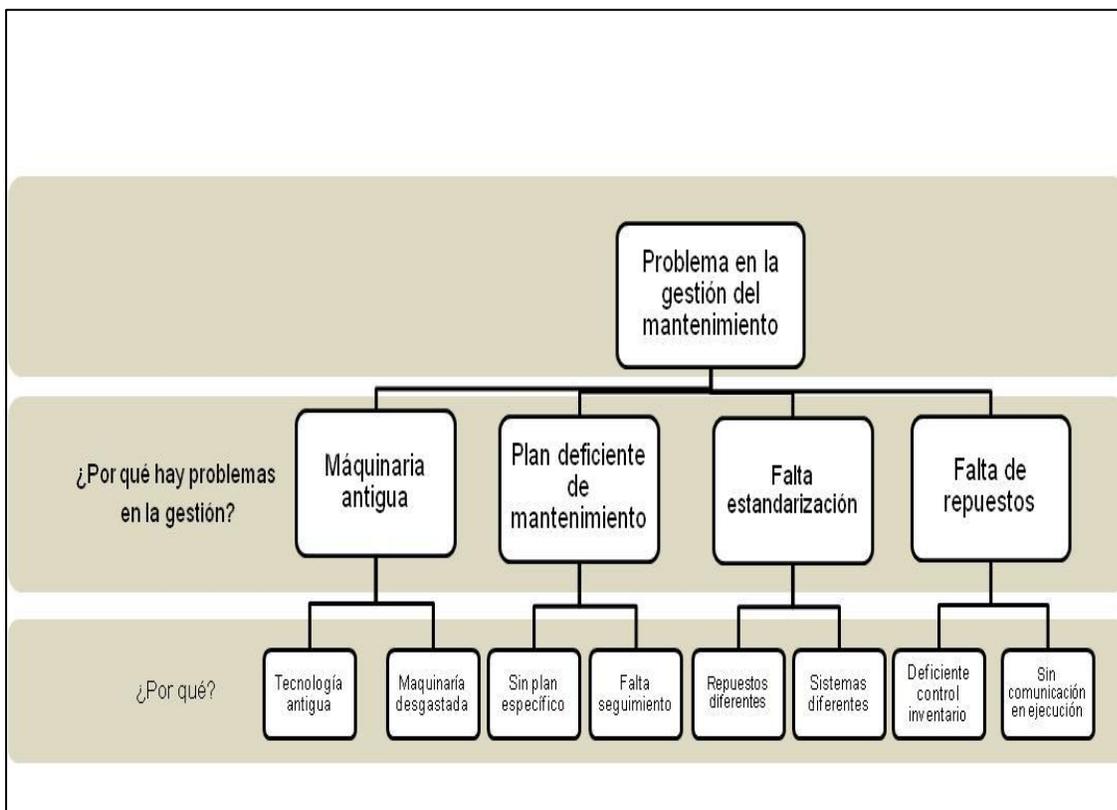


Fuente: elaboración propia.

2.3.1.4. Maquinaria

El estado de conservación de las máquinas, está relacionado de forma directa con el desempeño de las mismas.

Figura 11. **Análisis causa raíz del mantenimiento "maquinaria"**



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Análisis FODA

Mediante esta herramienta se visualizan aquellos factores internos: fortalezas y debilidades que impactan sobre la gestión del mantenimiento

actual, así como los factores externos: oportunidades y amenazas que deben ser tomadas en cuenta a pesar de no depender de la gestión actual.

Tabla III. **Análisis FODA gestión actual del mantenimiento**

<p>FOTALEZAS</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> a. Se cuenta con personal de mucha experiencia. b. Talleres bien equipados. c. Se maneja un presupuesto específico. d. Personal capacitado. e. Buenas relaciones interpersonales dentro del departamento. 	<p>DEBILIDADES</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> a. Mantenimiento basado en reparación de avería. b. Falta de control de trabajos. c. Comunicación deficiente en los diferentes niveles. d. Desconocimiento de lo que se espera de cada individuo. e. Falta de estandarización en muchas áreas.
<p>OPORTUNIDADES</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> a. Asignación de presupuesto corporativo para mejoras de procesos. b. Posibilidad de crecimiento debido a nuevos mercados. c. Crecimiento en el desarrollo de nuevos productos. d. Disminución de paros causados por avería mediante una mejor gestión. 	<p>AMENAZAS</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> a. Cambio en la calidad de materia prima por reducción de costos lo que implica ajustes en maquinaria. b. Disminución en la demanda que implica disminución del presupuesto de mantenimiento. c. Alza en el precio de insumos y repuestos.

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Generación de estrategias

Para la realización de una propuesta de gestión del mantenimiento en la línea de máquinas básicas 2D se utilizó un enfoque cualitativo debido a que se describe la información con base en sus cualidades, además de ser transversal por hacerse en un lapso de tiempo corto y exploratorio, debido a que se analiza por primera vez el tema de la gestión del mantenimiento en la línea de máquinas básicas.

Se aplicó como instrumento la encuesta, la cual inicio con una breve introducción, luego se plantearon una serie de preguntas de selección múltiple seguida de una pregunta abierta con el fin de dar la libertad de expresión y se finalizó con un agradecimiento.

Tabla IV. Encuesta

Encuesta para mecánicos
Departamento máquinas básicas

Fecha: _____

Con objeto de mejorar en la línea de producción de máquinas básicas le pedimos por favor contestar breves preguntas.
Indicaciones:
Marque con una "X" en la casilla que corresponda a su respuesta y complete según su criterio.

1.- **¿Cuál considera que es el estado de la maquinaria en el departamento?**

Malo Regular Bueno Muy bueno Excelente

2.- **¿Cuál considera que es la causa principal de paros en el departamento?**

Averías Materia P. Calidad Otros

3.- **¿Considera que se administra correctamente el mantenimiento en el departamento?**

Sí No No sé

4.- **¿Se debiera plantear una mejora en la gestión del mantenimiento?**

Sí No No sé

5.- **¿Se le da el servicio adecuado a la maquinaria?**

Sí No No sé

6.- **¿Conoce los planes de mantenimiento programado para la maquinaria?**

Sí No No sé

7.- **¿Considera que existe una buena programación del mantenimiento?**

Sí No No sé

8.- **¿Cómo cataloga la comunicación dentro del equipo de mantenimiento?**

Malo Regular Bueno Muy bueno Excelente

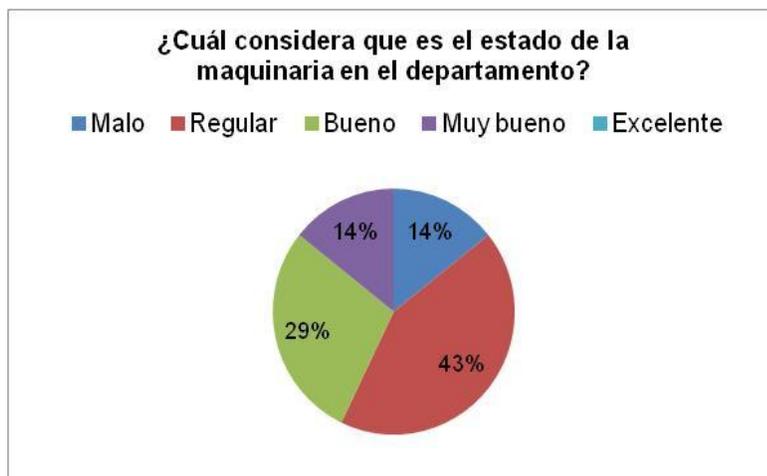
9.- **Comentarios y sugerencias.**

¡Muchas gracias por su colaboración!

Fuente: elaboración propia.

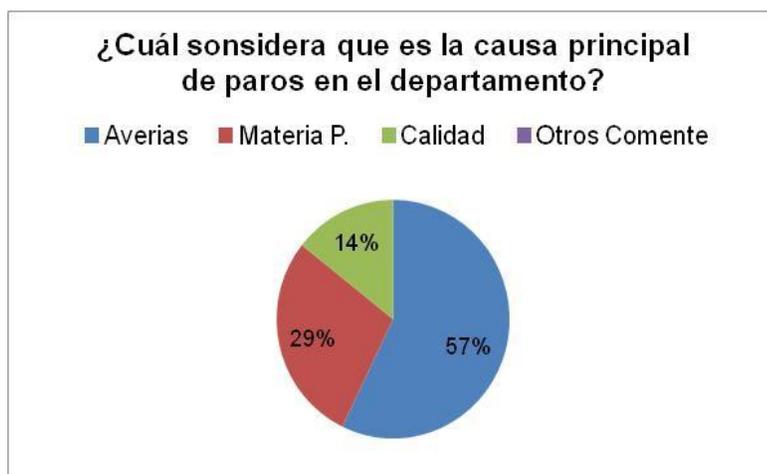
En los gráficos siguientes se muestran los resultados de la encuesta realizada.

Figura 12. **Respuesta a pregunta 1**



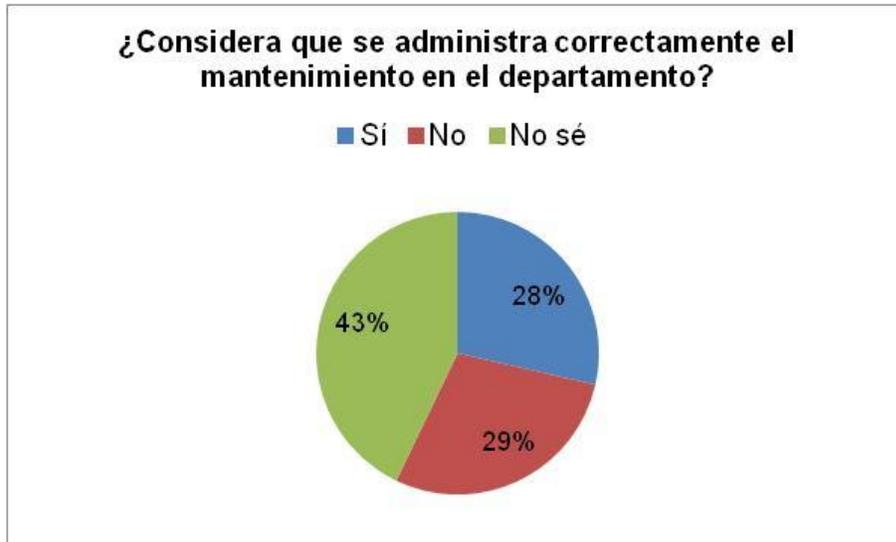
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Respuesta a pregunta 2**



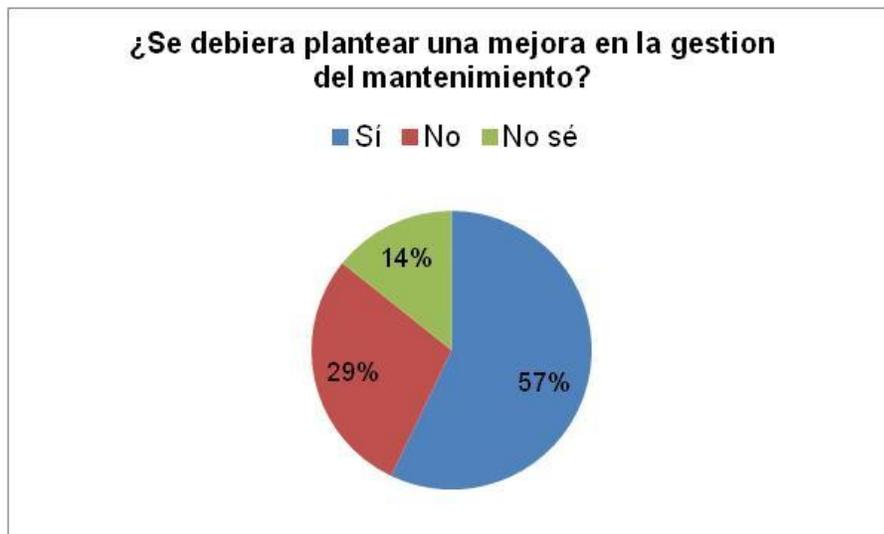
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Respuesta a pregunta 3**



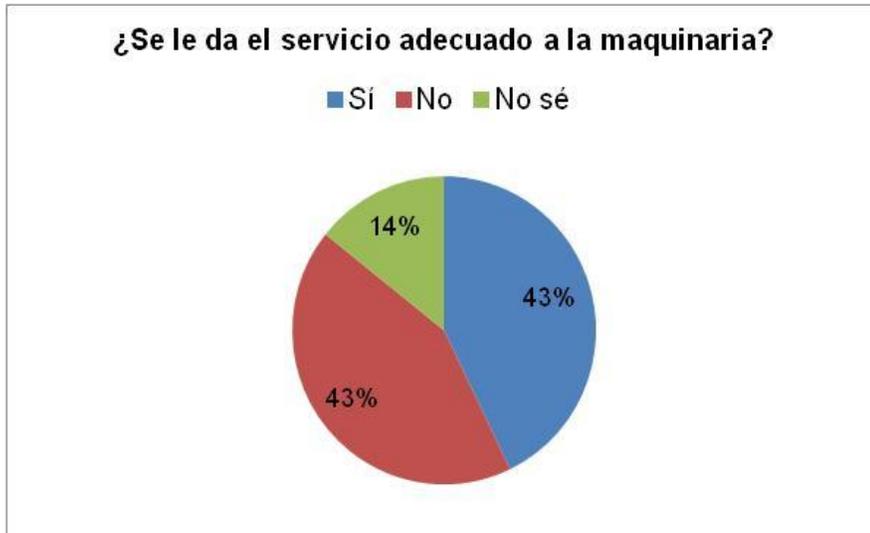
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Respuesta a pregunta 4**



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Respuesta a pregunta 5**



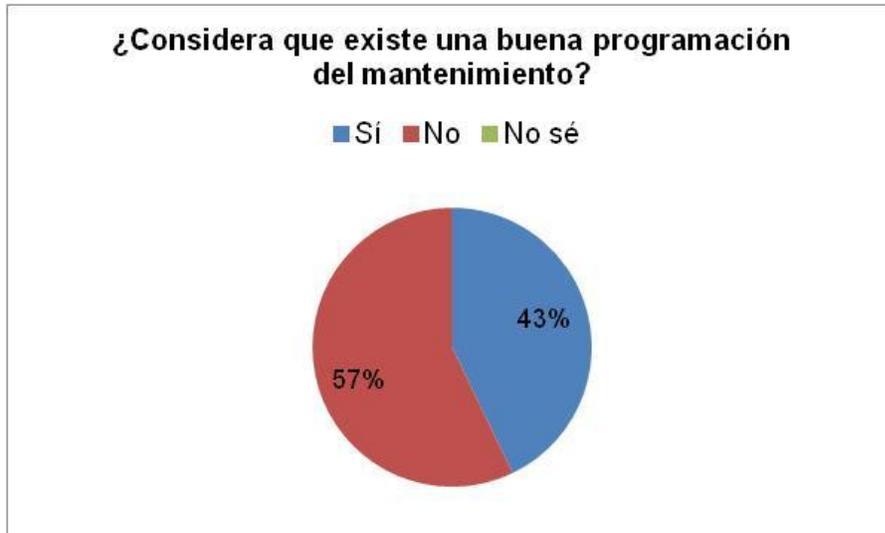
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Respuesta a pregunta 6**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Respuesta a pregunta 7**



Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Respuesta a pregunta 8**



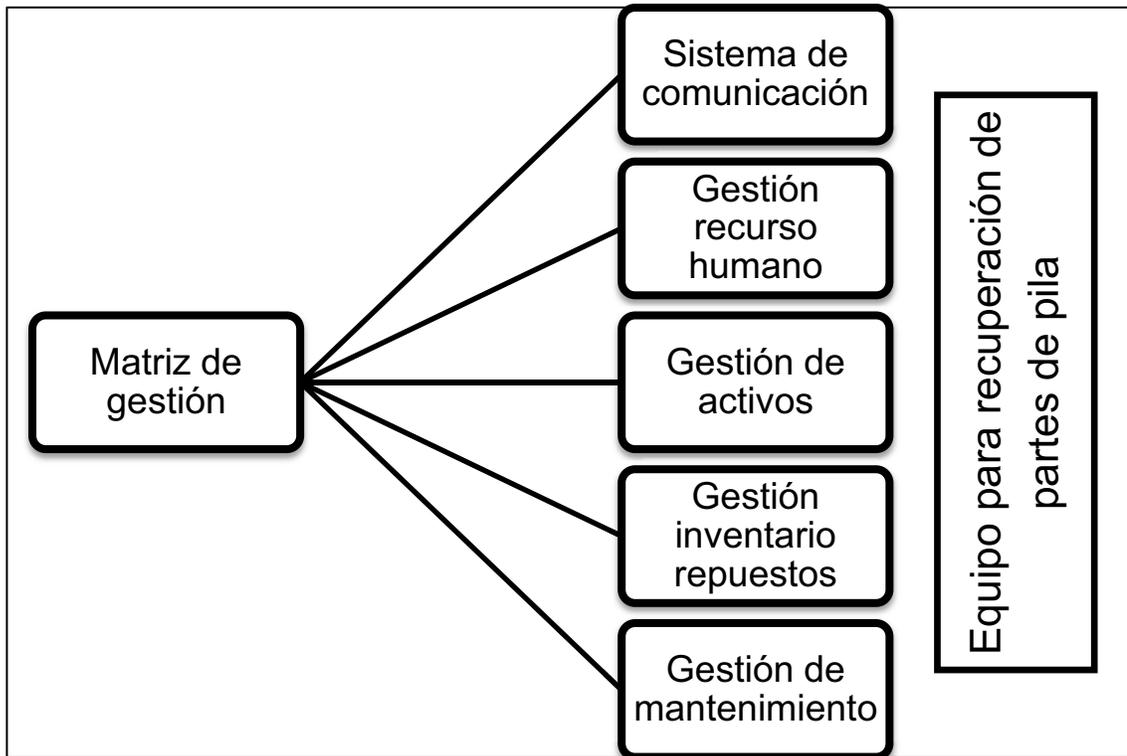
Fuente: elaboración propia.

Respuestas a la pregunta 9

- Se debe mejorar la comunicación dentro del departamento, pues no se conocen los planes de mantenimiento que se van a realizar.
- Para mejorar la productividad sería bueno mejorar lo que se está haciendo actualmente con el fin de mejorarlo.
- No solamente debe enfocarse en la maquinaria, es importante también el recurso humano.
- Una parte importante del mantenimiento y para que este sea efectivo, es contar con los repuestos necesarios para la realización del mantenimiento.
- Revisar los planes actuales y buscar cómo mejorarlos debe ser un trabajo constante de la administración, si es que esperamos una mejora continua.

Después de analizar los problemas de paro en las máquinas básicas y también la gestión actual del mantenimiento, se planteará una propuesta basada en una matriz de gestión que cubra los aspectos principales que son susceptibles a mejora tales como: la comunicación, la gestión del recurso humano, la gestión de activos, la administración de repuestos y por supuesto la gestión del mantenimiento. Temas que serán tratados en el capítulo siguiente.

Figura 20. **Matriz de gestión**



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE PROGRAMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIDO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE MÁQUINAS BÁSICAS 2D DE UNA FÁBRICA DE PILAS SECAS

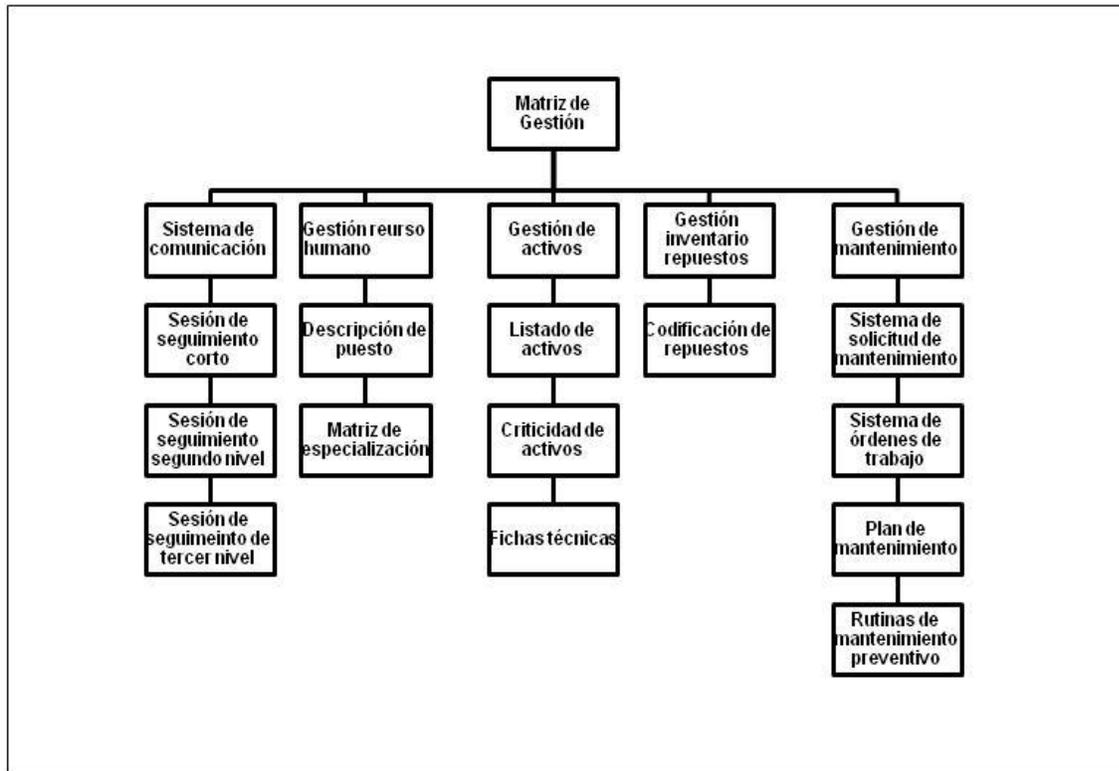
Los hallazgos muestran la necesidad de realizar un cambio en la gestión del mantenimiento con el fin de disminuir los paros mecánicos en la línea, por lo que se presenta una propuesta de programa de gestión del mantenimiento para el desarrollo sostenido de la productividad en la línea de máquinas básicas 2D de una fábrica de pilas secas.

La propuesta de gestión se basará en el mejoramiento en diferentes aspectos de la administración estos son:

- Sistema de comunicación
- Gestión del recurso humano
- Gestión de activos
- Gestión inventario de repuestos
- Gestión del mantenimiento

Estos temas se resumen en la siguiente matriz de gestión y serán tratados de forma individual en el presente capítulo.

Figura 21. Temas de matriz de gestión



Fuente: elaboración propia.

3.1. Descripción de los objetivos de la organización respecto del Departamento de Mantenimiento

La organización busca operaciones estables, predecibles y controlables, por lo que enfoca esfuerzos en el área de mantenimiento. Los objetivos planteados hacia el departamento en la política de mantenimiento son:

- Aumentar la disponibilidad de la maquinaria y equipo para proporcionar servicios o producción.

- Preservar el valor de la institución por medio de la disminución del desgaste y el deterioro.
- Cumplir con las funciones del departamento de la forma más económica posible.
- Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento la maquinaria y equipo.

3.2. Objetivos planeación gestión del mantenimiento

El Departamento de Mantenimiento tiene una gran responsabilidad dentro de la organización, por lo que para el logro de sus funciones debe existir una gestión que responda a las demandas de servicio de una planta industrial como la fábrica de pilas secas.

La gestión del mantenimiento debe obedecer a un plan que lleve a buen éxito sus atribuciones. Los objetivos de la planeación de la gestión del mantenimiento son:

- Plantear los pasos para el desarrollo de la matriz de gestión, en el Departamento de Máquinas Básicas.
- Plantear iniciativas que permitan mejorar la comunicación en el personal de mantenimiento del Departamento de Máquinas Básicas.
- Dar a conocer a los integrantes del equipo de mantenimiento de máquinas básicas, su posición dentro de la organización.

- Sentar las bases para la evaluación de criticidad de activos, así como la descripción básica de cada uno en fichas técnicas.
- Colocar las bases para la evaluación de repuestos críticos.
- Describir los pasos fundamentales para una buena gestión de mantenimiento como: las solicitudes de trabajo, la asignación de los mismos a través de órdenes y del plan de mantenimiento.

3.2.1. Eficiencia proyectada al aplicar el programa: 70%

La eficiencia es el principal indicador del desempeño en la línea de máquinas básicas y desde hace varios años que esta no logra sobrepasar el 70%. Gran parte de los problemas son atribuibles a fallas mecánicas.

Por lo que se ha planteado como objetivo contribuir a alcanzar este porcentaje de eficiencia a través de la aplicación de la propuesta de programa de gestión de mantenimiento.

3.3. Matriz de gestión

La matriz de gestión se planteó al final del capítulo 2, como la estrategia principal de la propuesta de programa de gestión del mantenimiento; a continuación el desarrollo de la misma.

3.3.1. Sistema de comunicación

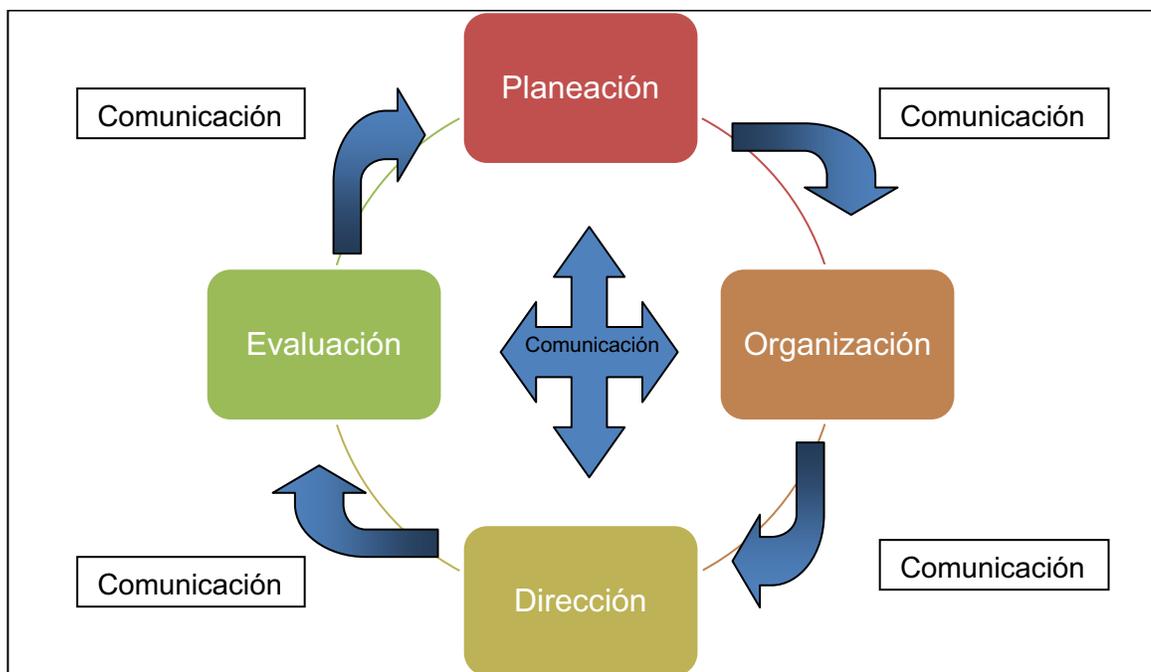
La comunicación es el proceso mediante el cual se transmite información de una entidad a otra, y de forma resumida se sabe que un emisor transmite un

mensaje a un receptor. Si existe problema con alguno de estos factores, la comunicación no se da.

En todo trabajo, la buena comunicación es primordial para que se logren los objetivos que se han planeado, y el mantenimiento no es la excepción.

A todo lo largo del ciclo de administración del mantenimiento, la comunicación juega un papel vital.

Figura 22. **Ciclo de administración y comunicación**



Fuente: elaboración propia.

Como propuesta de un sistema de comunicación que permita una buena gestión del mantenimiento en la línea de máquinas básicas, se desarrollará un programa basado en sesiones, estructurado de la siguiente manera:

Tabla V. **Sistema de comunicación**

Tipo de sesión	Periodicidad	Estructura	Involucrados
Seguimiento intervalo corto	Diaria	Indicadores claves operación	Supervisor - mecánicos
Seguimiento 2do nivel	Semanal	Indicadores claves operación II	Jefatura - supervisor
Seguimiento 3er. Nivel	Mensual	Indicadores claves operación III	Jefatura - gerencia

Fuente: elaboración propia.

La sesión de seguimiento de intervalo corto se realizará de forma diaria, entre el supervisor y los mecánicos. No debe tomar más de cinco minutos; en ella se tratarán los siguientes puntos.

- Informe diario:
 - Cumplimiento del plan de mantenimiento.
 - ✓ Avances
 - ✓ Calidad
 - Revisión de resultados día anterior.
 - Análisis de problemas que se presentaron.
 - Análisis de lo que se hizo para solucionar los problemas.
 - Evaluar el desempeño del equipo.
- Asignación diaria de:
 - Actividades de mantenimiento a realizar.
 - Grupos de trabajo involucrados en las actividades de mantenimiento.
- Explicación de:
 - Actividades asignadas, (qué se debe hacer).
 - Procedimientos de trabajo (cómo se debe hacer).

Muy importante es buscar consenso e interacción entre participantes. Y asegurarse que las metas e instrucciones han quedado claras.

La sesión diaria permite una revisión estructurada y la asignación de las acciones encaminadas a lograr los objetivos que se han planteado. Es importante no salirse de la agenda y tratar de ir al grano para que la misma no se extienda más allá de lo deseado.

Las sesiones de seguimiento de segundo nivel se llevarán a cabo entre la jefatura del área y la supervisión, no debe tomar más de 30 minutos y se realizarán de forma semanal; los puntos importantes a tratar en la misma son:

- Informe de los indicadores de mantenimiento
- Análisis del cumplimiento del plan de mantenimiento semanal
- Recuento y análisis de las fallas y problemas ocurridas durante la semana
- Repaso de las acciones correctivas y preventivas
- Planificación de los mantenimientos a realizarse durante el fin de semana y la próxima semana

Las sesiones de seguimiento de tercer nivel se realizarán de forma mensual entre la jefatura y la gerencia del Departamento de Mantenimiento; se planificará su duración en una hora; en ella se revisarán los siguientes puntos:

- Informe mensual de indicadores de mantenimiento
- Informe del avance en el cumplimiento de los objetivos del departamento
- Informe del avance de los proyectos de inversión
- Informe de costos del Departamento de Mantenimiento
- Trabajos y actividades relevantes durante el período
- Análisis de fallas

- Trabajos y actividades a desarrollarse durante el siguiente mes
- Objetivos planteados para el siguiente mes

3.3.2. Gestión recurso humano

Como premisa fundamental es indispensable que las personas sepan el puesto que ocupa cada miembro y cuáles son sus responsabilidades específicas. Un organigrama es la mejor forma de ilustrar qué lugar ocupa cada persona en la organización.

En el capítulo 1 se muestra el organigrama del Departamento de Mantenimiento de la fábrica de pilas secas; este debe ser publicado para conocimiento de cada miembro.

La organización jerárquica mostrada en los organigramas es simple y práctica, por lo que es fácil de interpretar.

En las descripciones de puesto se encuentran las responsabilidades que debe cumplir el titular del mismo.

La descripción de puesto identifica, describe y define un puesto de trabajo en función de sus obligaciones, condiciones laborales y especificaciones.

Los elementos de la descripción de puestos son:

- Datos del puesto
 - Nombre del puesto
 - Quién es su jefe / a quién reporta

- Departamento
 - Tipo de contratación
- Objetivos generales del puesto
- Funciones del puesto
 - Generales
 - Específicas
- Herramientas utilizadas
- Relaciones de trabajo
 - Internas
 - Externas
- Resultados esperados
- Competencias
 - Básicas
 - Especificas
- Competencias genéricas
 - Liderazgo
 - Trabajo en equipo
 - Orientación a resultados
- Experiencia laboral
- Dominio de idiomas
- Otros
- Autorización

La descripción de puesto ayuda a orientar adecuadamente la selección y contratación del personal.

Tabla VI. **Formato descripción de puesto**

DESCRIPCIÓN DE PUESTO

1. DATOS DEL PUESTO

TITULO DEL PUESTO						
A QUIÉN REPORTA						
DIRECCIÓN						
DEPARTAMENTO						
TIPO DE CONTRATACIÓN						
GÉNERO	Masculino		Femenino		Indiferente	

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUESTO

3. FUNCIONES DEL PUESTO

Continuación de la tabla VI.

4. HERRAMIENTAS UTILIZADAS

--

5. RELACIONES DE TRABAJO

Internas:
Externas:

6. RESULTADOS ESPERADOS

--

7. COMPETENCIAS TÉCNICAS

Continuación de la tabla VI.

Conocimientos básicos:	
Conocimientos específicos:	

8. COMPETENCIAS GENÉRICAS

--

9. EXPERIENCIA LABORAL

--

10. DOMINIO DE IDIOMAS

Idioma:	• Inglés	Nivel:	
		Básico	
		Intermedio	
		Avanzado	
		Ninguno	

Continuación de la tabla VI.

11. OTROS

--

12. AUTORIZACIONES

Firma gerente del area:	
Nombre:	
Firma gerente de Relaciones Industriales	
Nombre	

Fuente: elaboración propia.

En el Departamento de Máquinas Básicas existen tres categorías para los mecánicos, que a su vez cuentan con diferentes responsabilidades, las cuales se incluyen en la tabla siguiente.

Tabla VII. **Matriz de especialización máquinas básicas**

Matriz de especialización					
Puesto	Conocimiento				
	Operación	Lubricación y limpieza	Ajustes menores	Ajustes mayores	Cambio de piezas
Mecánico A	X	X	X	X	X
Mecánico B	X	X	X	X	
Mecánico C	X	X	X		
Nuevo	X	X			

Fuente: elaboración propia.

La capacitación es primordial en todo plan de gestión; en el capítulo 2 se presenta el plan de capacitación para el personal de mantenimiento de máquinas básicas.

3.3.3. Gestión de activos

Un activo es toda maquinaria, equipo, instalación, sistema o infraestructura que conforma el patrimonio de la empresa. Para un buen control del mantenimiento de los activos estos deben estar codificados, eso permite además darle seguimiento a los trabajos que se hacen en ellos.

La codificación también sirve para identificar física y contablemente los activos de la empresa.

Tabla VIII. **Listado de activos Departamento Máquinas Básicas**

Código	Máquina o sistema
BA05	Máquina básica 5
BA06	Máquina básica 6
BA07	Máquina básica 7
BA08	Máquina básica 8
BA09	Máquina básica 9
BA10	Máquina básica 10
BA12	Máquina básica 12
BA13	Máquina básica 13
BA14	Máquina básica 14
BA15	Máquina básica 15
BA16	Máquina básica 16
BA17	Máquina básica 17
BA18	Máquina básica 18
BA19	Máquina básica 19
BA20	Máquina básica 20
T-BA-01	Transportador semipila
T-BA-02	Transportador inclinado
T-BA-03	Transportador vaso A
T-BA-04	Transportador vaso B
P-01	Polipasto A
P-02	Polipasto B

Fuente: elaboración propia.

No todos los activos tienen la misma importancia, y no se tienen recursos ilimitados por lo que una clasificación de los mismos, con base en su criticidad, permitirá darle a cada uno el mantenimiento que necesita.

Existen muchas formas para clasificarlos con base en su criticidad, siendo los siguientes, los criterios más importantes:

- Percepción o sentido común: implica la asignación de criticidad por la experiencia y muchas veces por sentido común sobre qué es crítico para la producción, no es la forma más aconsejable porque desaciertos en la clasificación pueden conducir a gastar recursos valiosos en equipos o maquinaria que no los necesita o viceversa, dejar sin atención adecuada aquellos que son más importantes.
- Calidad: este criterio los clasifica con base en, si afecta la calidad del producto o no.
- Seguridad industrial: este se ha convertido en uno de los criterios más importantes, pues la seguridad es una de las prioridades para las empresas, si existe algún riesgo en cuanto a la seguridad, será crítico.
- Medio ambiente: este criterio ha tomado mucha importancia en los últimos años, pues la conciencia ecológica ha crecido, ahora se sabe que debe cuidarse el ambiente, por lo que cualquier riesgo para el mismo es considerado crítico.
- Mantenimiento: este aspecto tiene que ver con la facilidad de mantener un activo o en otras palabras la cantidad de mantenimiento que este demanda, que tan fácil o económico es mantenerlo y en el otro extremo que tan difícil o caro es darle mantenimiento.
- Redundancia: para saber si es un activo crítico con base en su redundancia, se debe responder a la pregunta ¿existe un equipo o

maquinaria lista para trabajar si falla la que está activa? Esto es lo que se llama *back up*.

- Incidencia sobre la producción: el activo al momento de fallar ¿detendrá la producción? Si lo hace ¿será inmediatamente, o se tendrá algún tiempo antes que se detenga? Estas son algunas de las interrogantes que se ponderan para decidir si el activo es crítico con base en su incidencia sobre la producción.

Existen muchos criterios para poder clasificar si un activo es crítico o no; se hará una tabla donde cada aspecto tendrá una ponderación, la suma de cada puntaje dará un valor total que permitirá hacer la clasificación de los más críticos a los menos críticos; esta clasificación definirá el enfoque que se les dará en el plan de mantenimiento.

Tabla IX. **Formato criticidad de activos**

Criticidad de activos																	
Ubicación técnica	Código de activo	Descripción de activo	Calidad		¿Afecta la seguridad industrial?		¿Crítico para medio ambiente?		Mantenibilidad			Redundante		Incidencia sobre la producción			Criticidad Mantenimiento
			Sí	No	Sí	No	Sí	No	Alto	Medio	Bajo	Sí	No	Inmediato	<= 12 hrs.	> 12 hrs.	
									100	50	0	0	50	150	75	0	
Criterios																	
> 225 pts		Equipos críticos A															
>75 y <= 225 pts		Equipos críticos B															
< 75 pts		Equipos críticos C															

Fuente: elaboración propia.

Las fichas técnicas son documentos, que contienen características técnicas de los activos. Las fichas técnicas deben incluir:

- Marca
- Modelo
- Serie
- Código
- Fabricante
- Datos técnicos eléctricos
- Datos técnicos mecánicos

Tabla X. **Formato ficha técnica**

Fabrica de pilas secas.			
Departamento de Mantenimiento		Máquina:	
DATOS GENERALES			
Marca		Modelo	
Código contable		Serie	
Fabricante		Dirección o contacto telefónico	
Fecha de manufactura		Valor original	
Código del proyecto		Fecha de instalación	
Peso de maquinaria		Dimensiones (L x A x H)	
DATOS TÉCNICOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO			
Características del motor principal		Características del panel de control	
Marca		Marca	
Serie		Panel de operador	
Potencia		<i>Circuit breaker</i>	
Voltaje		Características del reductor	
<i>Type</i>		Marca	
<i>Frame</i>		<i>Ratio</i>	
RPM			
Repuestos			

Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Gestión inventario repuestos

Un repuesto es todo elemento, conjunto de elementos, parte o insumo que conforma un activo (máquina, equipo, sistema, infraestructura o instalación).

También puede considerarse un repuesto como todo aquel componente que se puede reemplazar en un sistema, con el fin de mantener su continuidad operativa.

Son funciones del inventario de repuestos:

- Suplir las necesidades de mantenimiento de las máquinas ó equipos.
- Asegurar la disponibilidad de los activos por materiales o piezas de recambio.
- Reducir costos debido a los paros de emergencia.

La práctica más sencilla de codificación de los repuestos, es utilizar el código de la pieza según la codifica el proveedor principal, sin embargo debido a que al correr del tiempo la cantidad de repuestos que se va a utilizar puede ser muy grande ó simplemente la empresa es de tamaño mediano a grande, este tipo de clasificación es impráctica, por lo que tener una codificación propia de la empresa es de mejor.

Los códigos deben servir para identificar física y contablemente los repuestos, así como sirven para facilitar el control y seguimiento de utilización de los mismos.

Los códigos deben tener las siguientes características:

- Secuencia correlativa
- Ser numéricos o alfanuméricos
- Sencillos y prácticos
- No tener dos códigos iguales
- Mantener la codificación lo más corta y simple posible

3.3.5. Gestión de mantenimiento

Para el buen desarrollo del mantenimiento este debe contar, pero no se limita, con las siguientes características:

- Sistema de solicitud de mantenimiento
- Sistema de órdenes de trabajo
- Plan de mantenimiento
- Rutinas de mantenimiento preventivo

Cualquier solicitud de mantenimiento debe hacerse a través de un formato especial, el cual también sirve para registrar fallas en los activos de la empresa.

Existen fallas repetitivas que serán registradas en un formato único de registro de falla y orden de trabajo.

También hay solicitudes de mantenimiento que no son repetitivas, por lo que se harán a través del formato respectivo.

Tabla XI. **Solicitud orden de trabajo**

<i>Fábrica de Pilas Secas</i>														
Departamento de Mantenimiento														
SOLICITUD DE ORDEN DE TRABAJO														
Departamento: _____ Fecha de Solicitud: _____														
Equipo: _____														
Prioridad:	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">1</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">2</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">3</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center; padding: 2px;">4</td><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px;"></td></tr> </table>	1		2		3		4		<table style="border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">EMERGENCIA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">PRÓXIMO DÍA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">PRÓXIMA SEMANA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">PRÓXIMO MANTENIMIENTO PREVENTIVO</td></tr> </table>	EMERGENCIA	PRÓXIMO DÍA	PRÓXIMA SEMANA	PRÓXIMO MANTENIMIENTO PREVENTIVO
1														
2														
3														
4														
EMERGENCIA														
PRÓXIMO DÍA														
PRÓXIMA SEMANA														
PRÓXIMO MANTENIMIENTO PREVENTIVO														
		# SOLICITUD <input style="width: 40px;" type="text"/>												
Descripción:														
Nombre y firma solicitante _____		Nombre y firma mantenimiento _____												

Fuente: elaboración propia.

Las ordenes de trabajo se refieren a un documento que define claramente las tareas específicas a realizar sobre la maquinaria, equipo o infraestructura.

La orden de trabajo debe llevar la información sobre el activo donde se hará el mantenimiento, las tareas que se realizarán, quién las realizará, los repuestos, herramientas y tiempos en que completo la orden.

Las órdenes de trabajo son importantes porque:

- Ordenan la gestión de mantenimiento
- Son evidencia de los trabajos realizados
- Se convierten posteriormente en historial del equipo
- Sirven como herramienta para evaluar los tiempos muertos y costos de mantenimiento.
- Dan vida al sistema de gestión de mantenimiento

Tabla XII. Orden de trabajo

<i>Fábrica de Pilas Secas</i>						
Departamento de Mantenimiento					# OT: <input type="text"/>	
Orden de trabajo						
Fecha programada: _____						
Equipo: _____ # Equipo: _____						
# Solicitud de mantenimiento _____ Prioridad: _____						
Tareas a realizar					Hora inicio	Hora final
MO						
Index	Nombre		Horas estimadas	Horas reales		Fecha
				Horas ordinarias	Horas extras	

El plan de mantenimiento es aquel donde se contemplan todas las actividades que se van a desarrollar en los activos principales de planta; permite planificar todos los mantenimientos a realizar durante el período que se contempla. El plan de mantenimiento debe tomar en cuenta el plan anual de producción, como por ejemplo las épocas pico durante el año.

El plan de mantenimiento también sirve como medio gráfico de asignación, control y seguimiento a las actividades de mantenimiento anual.

Este plan es conveniente hacerlo por un período de un año y luego subdividirlos en: mensual, semanal y diario. De esta forma se tendrá el plan maestro de mantenimiento.

Es importante que sea fácil de comprender; este debe tener el número de orden, la descripción de la actividad a realizar, la máquina donde se realizará, la fecha de programación y el estatus de la orden.

Tabla XIII. **Formato de plan**

Rayovac Guatemala, S.A. Departamento de mantenimiento Planeación								
No. Orden	Actividad	Máquina	Fecha	Estatus de orden	Enero (mes)			
					1	2	3	4

Fuente: elaboración propia.

Las rutinas del mantenimiento preventivo juegan un papel muy importante en los planes de mantenimiento, pues tienen como objetivo minimizar los riesgos de fallas y la interrupción no planificada del servicio de los activos, estas rutinas como su nombre lo indica son para prever la ocurrencia de una falla.

3.4. Equipo para recuperación de partes de pila

Este equipo tendrá como función principal permitir desensamblar la semipila con el objeto de permitir su reciclaje.

3.4.1. Requisitos funcionales deseados

Durante el proceso de producción de pilas secas se generan desperdicios, especialmente semipilas, las materias primas que las componen tienen un costo que no se puede despreciar como desecho, por lo que la necesidad de tener un aparato para poder recuperar sus partes es muy importante.

El aparato para recuperación de partes de pila debe tener los siguientes requisitos:

- Fácil de utilizar
- Que no contamine el zinc
- Que optimice el tiempo
- Fabricación con un costo razonable

3.4.2. Materiales

Debido a que es necesario que el equipo tenga suficiente robustez para soportar el trabajo continuo. Se utilizarán los siguientes materiales:

- Hierro dulce: este es un material ferroso que se obtiene a partir de una masa en solidificación de partículas pastosas de hierro metálico y se agrega una cantidad de escoria. Este se utilizará para la estructura del aparato, utilizando este en forma de angular.
- Acero al carbón: esta es una aleación maleable de hierro y carbono, la cantidad de carbono le permite algunas características deseables como la de poder templarse.
- Acero inoxidable: esta es una aleación de hierro, con cierto contenido de carbono, cromo y otros elementos, pero la cantidad de cromo le da la característica de hacerlo altamente resistente a la corrosión, para que esto se cumpla debe tener más del 12% de cromo, en este caso se usará un acero inoxidable que contiene de 18 a 20% de cromo.
- Bronce: se usará una aleación de bronce al estaño, con un porcentaje de estaño del 7% que le da buenas características para cargas y velocidades medianas. Tiene buena dureza, resistencia al esfuerzo y resistencia al desgaste; excelentes cualidades contra la fricción; excelentes propiedades de maquinabilidad.

3.4.2.1. Métodos para prevención de corrosión

En la fábrica de pilas secas la corrosión es uno de los problemas con los que el Departamento de Mantenimiento debe enfrentarse con el objeto de tener los equipos en óptimas condiciones.

Siendo la corrosión un ataque destructivo de los metales que puede ser de naturaleza química o electroquímica, es imperativo evitarla.

La corrosión puede prevenirse o minimizarse por:

- El empleo de recubrimientos metálicos, tales como estaño, plomo, zinc, níquel o cobre
- La producción de óxido, fosfato o recubrimientos semejantes sobre las superficies de hierro y de acero
- La aplicación de pinturas protectoras

En este caso se utilizará la aplicación de pinturas protectoras; el procedimiento de preparación para aplicación de pintura protectora sobre metal es:

- Quitar cualquier residuo de aceite con disolvente
- Separar cualquier suciedad y herrumbre floja con cepillo de alambre
- Aplicación de fondo anticorrosivo
- Aplicación de pintura superficial gris máquina

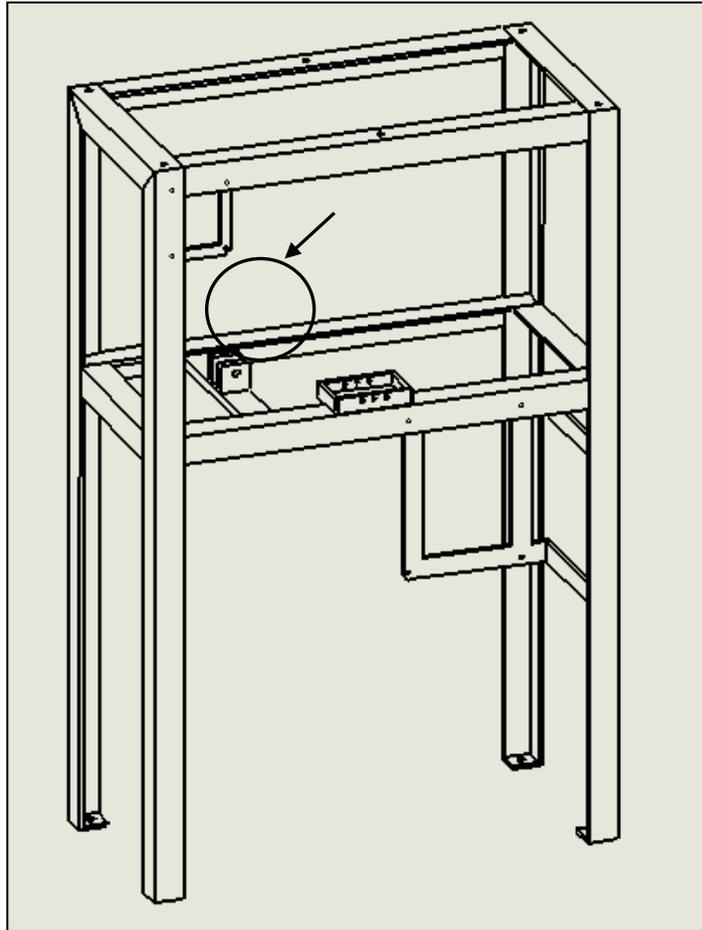
3.4.2.2. Cálculo estructural

En esta sección se plantearán los conceptos básicos para el cálculo estructural del dispositivo.

3.4.2.2.1. Concentración de tensiones

Debido al funcionamiento del equipo para recuperación de partes de pila la concentración de tensiones debe ser analizada en la barra base del cilindro neumático, debido a que esta recibirá todo el esfuerzo del movimiento y corte de semipila.

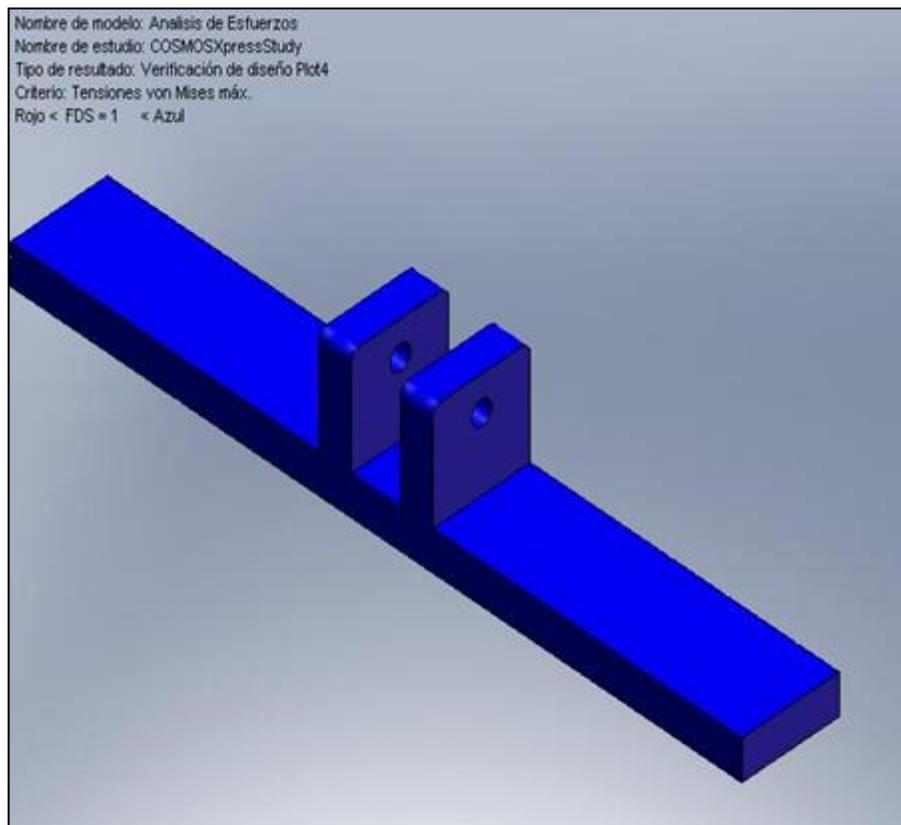
Figura 23. **Barra base de cilindro neumático**



Fuente: elaboración propia.

Como herramienta de análisis se utilizó CosmosXpress del software de diseño SolidWorks; este analiza las tensiones sufridas en la pieza sometida a carga de esfuerzo y presiones. El material es AISI 1018, y la carga es la fuerza teórica máxima del cilindro neumático es 55.69 lb/pulg^2 , el análisis arroja el siguiente resultado.

Figura 24. **Análisis de esfuerzos**



Fuente: elaboración propia.

El resultado arroja la pieza en azul, debido a que el factor de seguridad es mayor que 1; lo cual indica que bajo las condiciones a las que se trabajará la pieza el diseño es satisfactorio, para evitar un fallo por esfuerzo.

3.4.2.2.2. Durezas superficial de partes

La dureza se ha definido como la resistencia a la penetración local. Esta característica es importante para los elementos del equipo de recuperación de

partes de la pila, debido al constante contacto entre la cuchilla de corte y el vaso de zinc.

A continuación, la dureza de las parte principales:

Tabla XIV. **Durezas partes principales**

Parte	Material	Dureza
Cuchilla de corte	Cobalto	62-65 HRC
Barra de mecanismo	AISI 1018	156 Brinell
Base sujeción pila	AISI 304	Rockwell B80
Plancha base	AISI 1018	156 Brinell

Fuente: AVALLONE, Eugene. Manual del ingeniero mecánico. p. 638.

3.4.2.2.3. **Fijación de uniones**

Las uniones son importantes en todos los mecanismos que por procesos de fabricación, es necesaria la manufactura por separado de los componentes que lo integran.

- Soldadura: es la unión de dos materiales, generalmente metales o termoplásticos. Esta unión se realiza fundiendo ambas partes y/o agregando un material de relleno fundido denominado material de aporte. Ante la necesidad de métodos de juntas confiables y baratas, la soldadura ha tomado un auge en los últimos tiempos en sustitución de uniones con tornillos y remaches.

Existe gran cantidad de métodos y tipos de soldadura; se debe escoger el tipo de soldadura a utilizar, así como el material de aporte adecuado, con base en las características tanto de los materiales a soldar como de las propiedades en la unión que buscamos.

Para el esqueleto del equipo de recuperación de partes de pila se utilizará material de hierro dulce, angular de 3/16" x 1-1/2" y se unirán por medio de soldadura al arco.

El proceso de soldadura al arco consiste en que la energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma en el espacio comprendido entre las piezas a soldar y la varilla que sirve como electrodo. Por lo general, el electrodo provee el material de aporte.

La corriente que se emplea en este tipo de sistema puede ser corriente continua o alterna, utilizando en los mejores trabajos de tipo continua, debido a que la energía es más constante.

Con base en el tipo de material que se soldará y las características que se desea, se utilizará un electrodo E6013, clasificación de AWS (American Welding Society); según esta clasificación el electrodo seleccionado tiene las siguientes características:

E 60 1 3
A B C D

A Prefijo E de electrodo para acero dulce.

- B Significa la resistencia a la tracción, en este caso 60,000 libras por pulgada cuadrada.
- C Para el electrodo en cuestión es 1, por lo que se puede soldar en todas las posiciones.
- D Que es 3 significa que tiene un revestimiento con alto contenido de óxido de Rutilo (titanio).
- Unión roscada: son uniones no permanentes, es decir que en algún momento que se necesite se pueden separar los componentes. Esto puede ser debido a una reparación o ajuste. Es un método barato que permite versatilidad en el ensamble de piezas.

Este tipo de unión es muy extendida, por su reversibilidad, diseño sencillo, bajo costo y estandarización.

Tanto los tornillos como las roscas están normalizados.

Las roscas métricas ISO para tornillos se designan por un conjunto de símbolos de números con el siguiente significado:

Ejemplo: M6 x 0.75, en donde M=símbolo métrico; 6 = tamaño nominal, x = símbolo; 0.75 = paso, que es la distancia entre filetes adyacentes.

En el caso de las roscas en pulgadas están normadas al igual que las métricas por una Norma ISO para tornillos en pulgadas, la descripción de estas roscas se presenta en el siguiente ejemplo:

$\frac{1}{4}$ - 20 UNC en donde $\frac{1}{4}$ es el diámetro fraccionario o nominal en pulgadas; 20 es el número de hilos por pulgada y UNC es la forma y serie de la rosca en este caso rosca ordinaria.

- Ajuste: es la relación que hay entre dos piezas que van montadas, una dentro de la otra. En este sentido se pueden dar dos casos; el primero es que el eje sea menor que el agujero, con lo cual entrará con más o menos facilidad y segundo que el eje sea mayor que el agujero, con lo cual no entrará (a no ser que se caliente una de las piezas o se aplique una gran presión). Los ajustes se han dividido en las siguientes clasificaciones generales:
 - Ajustes móviles (rotación, libres y corredizos)
 - Ajuste fijo (ajuste con interferencia para ubicar piezas)

Los ajustes móviles tienen como objeto proporcionar una holgura apropiada para lubricación dentro de todos los límites de tamaño. El ajuste fijo es usado donde es importante la ubicación de las piezas y cuando éstas requieran rigidez y alineación. La Internacional Standard Asociación (ISA) se ha encargado de clasificar una serie de diámetros a efecto de la aplicación de las tolerancias y los ajustes correspondientes. Se utiliza el milímetro como unidad de medida para el diámetro y la micra (milésima parte del milímetro) para la tolerancia.

Tabla XV. Tolerancias ISA

Grupos de medidas — Diámetros mm	TOLERANCIAS DE LAS DISTINTAS CALIDADES (μ)															
	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
Desde 1 a 3	1,5	2	3	4	5	7	9	14	25	40	60	90	140	250	400	600
más de 3 a 6	1,5	2	3	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
más de 6 a 10	1,5	2	3	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
más de 10 a 18	1,5	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
más de 18 a 30	1,5	2	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
más de 30 a 50	2	3	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
más de 50 a 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
más de 80 a 120	3	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
más de 120 a 180	4	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
más de 180 a 250	5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
más de 250 a 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
más de 315 a 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
más de 400 a 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1500	2500	4000

Fuente: CASILLAS, A.L. Cálculos de taller. p. 527.

La ISA determina 16 calidades de tolerancia, que se denominan IT1, IT2,...IT16. y 21 posiciones entre ejes en letras minúsculas y agujeros en letras mayúsculas.

Las posiciones a,b,c,d,e,g, h, vienen determinadas por su diferencia superior que es negativa y va disminuyendo su valor hasta h, que es cero. La posición j, k,m,n,p,r,s,t,y,v,x,y, z, se fijan por la diferencia inferior, que es siempre positiva a partir de la m.

Las posiciones de los agujeros A,B,C,D,E,F,G,H, se determinan por su diferencia superior, que es positiva, y va disminuyendo su valor absoluto hasta llegar a la H, que es cero. Las posiciones J,K,M,N,P,R,S,T,U,V,X,Y,Z, se caracterizan porque su diferencia inferior es siempre negativa a partir de la P.

En el dispositivo para recuperación de partes de pila es esencial el ajuste móvil entre el eje reciprocante de corte y el buje de bronce; este ajuste además de servir de guía permitirá que el lubricante corra entre los mismos para reducir el desgaste.

El ajuste escogido para este fin es:

- Eje portaburil: medida de 19,05mm (3/4") ajuste IT 6 lo cual indica una tolerancia de 0,000mm hacia arriba y 0,013mm hacia abajo.
- Buje bronce para eje portaburil: medida de buje 19,05mm (3/4") ajuste IT 7 en este caso la tolerancia es de 0,021mm hacia arriba y 0,000mm hacia abajo.

Al combinar los ajustes se tiene una tolerancia máxima de 0,033 mm (0,0013") lo que da la tolerancia adecuada para su lubricación y deslizamiento.

3.4.3. Diseño de partes mecánicas

Para el diseño de las partes mecánicas se utilizará un software CAD, diseño asistido por computadora.

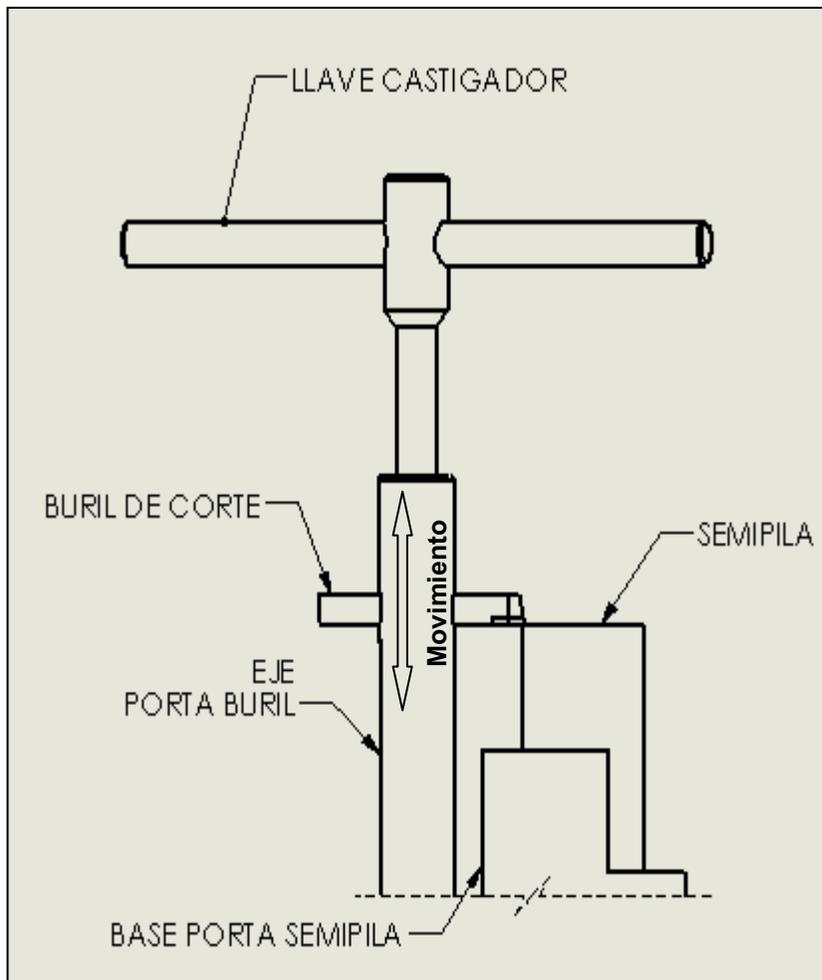
3.4.3.1. Dibujos

Los dibujos se realizaron en un software CAD, que pueden ser consultados a detalle en los anexos. Los mecanismos deben ser construidos con las tolerancias y ajustes indicados en los dibujos respectivos; esto asegurará su funcionamiento correcto.

3.4.4. Mecanismos para su funcionamiento

El mecanismo encargado de realizar el corte en el vaso de cinc se basa en un cilindro reciprocante; este hace que el émbolo de corte baje y suba y con este movimiento realiza el corte del vaso.

Figura 25. **Movimiento mecanismo**

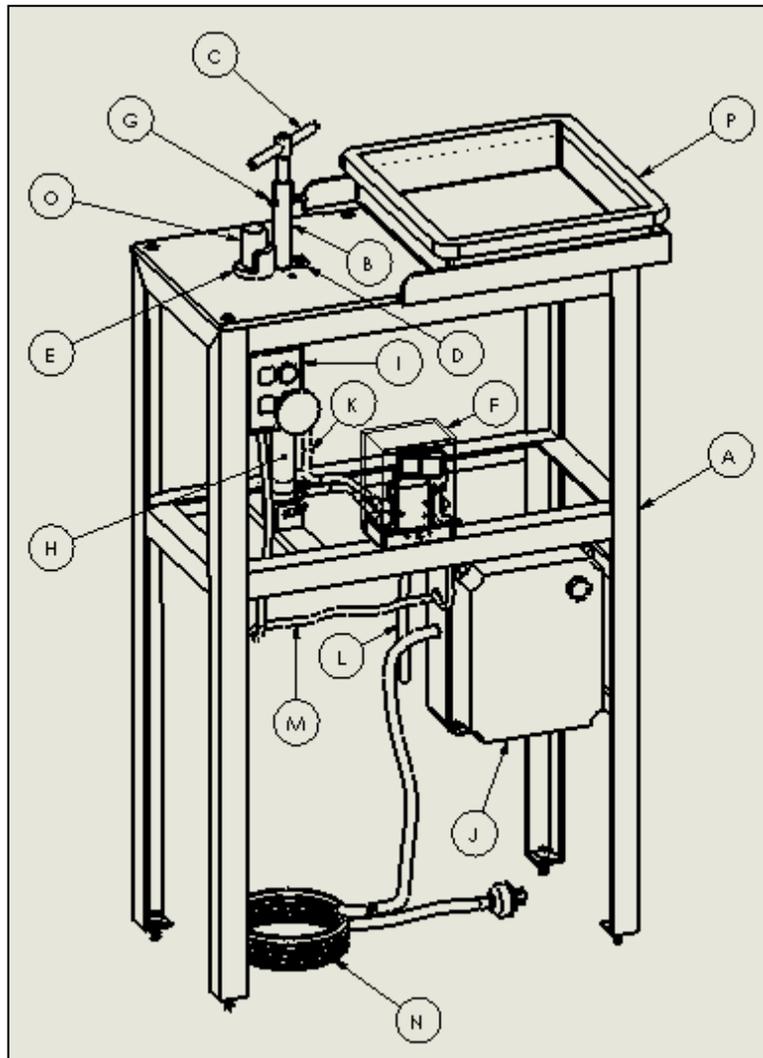


Fuente: elaboración propia.

3.4.4.1. Ensamble

La guía general de ensamble se presenta en la siguiente figura, para ver detalles puede consultarse los anexos.

Figura 26. **Ensamble equipo para recuperación partes de pila**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Ensamble equipo para recuperación de partes de pila**

ENSAMBLE EQUIPO PARA RECUPERACIÓN DE PARTES DE PILA		
ELEMENTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
A	Estructura base	Ver hoja 2 y 3
B	Eje portaburil	Ver hoja 9
C	Llave castigador	Ver hoja 10
D	Cuña	Ver hoja 11
E	Base porta semipila	Ver hoja 12
F	Electroválvula encajuelada	Ver hoja 13 y 20
G	Buril de corte	Ver hoja 14
H	Cilindro neumático	Ver hoja 15
I	Botonera	Ver hoja 16
J	Registro eléctrico	Ver hoja 16
K	Mangueras	6 mm
L	Manguera de alimentación	8 mm
M	Cable eléctrico	AWM STYLE 2517
N	Conexión eléctrica	Cable 14 AWG
O	Semipila	
P	Bandeja	

Fuente: elaboración propia.

3.4.5. Lubricación

La lubricación hace referencia al cambio o modificación de las características pertenecientes a la fricción, buscando la reducción o eliminación de daño o desgaste en la superficie de sólidos cuando estos se mueven uno en relación con otro. De esta manera, toda cosa que se introduzca entre los sólidos con el fin antes mencionado, es un lubricante.

Los lubricantes desempeñan funciones diversas, pues también sirven para evitar la corrosión y la herrumbre, servir como medio para transferir el calor,

arrastrar contaminantes etc. Los lubricantes más comunes son el aceite y la grasa, sin embargo son usados muchos otros en aplicaciones especiales, tales como sólidos, gaseosos, etc. Los lubricantes líquidos de petróleo son los más utilizados pues se adaptan mejor a la mayoría de aplicaciones, y porque son de un costo moderado. Para la lubricación de este dispositivo se utilizará aceite ISO 220.

Figura 27. **Propiedades aceite ISO 220**

SHELL OMALA OIL																																																																
ACEITE PARA ENGRANAJES INDUSTRIALES																																																																
<p>Shell Omala Oils son aceites para engranajes industriales que han sido formulados con aditivos de extrema presión especialmente seleccionados de azufre y fósforo, que le brindan una capacidad de trabajo excepcionalmente superior comparado con aceites para engranajes formulados con aditivos con base de plomo. Además, poseen otros aditivos que le imparten las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Protege los engranajes contra el desgaste y el rayado. ■ Excelente estabilidad a la oxidación. ■ Buenas propiedades adhesivas. ■ No es corrosivo para los engranajes de bronce, aún a elevadas temperaturas. ■ Excelentes propiedades antiherrumbre. ■ Excelentes propiedades para separarse del agua. ■ Baja tendencia a la formación de espuma. ■ Protege y ayuda a extender la vida de operación de los engranajes cilíndricos, helicoidales, cónicos, helicoidales oblicuos y tornillo sin fin. <p>Shell Omala Oils pueden ser aplicados por salpicadura, niebla, aspersión, sistemas circulatorios, etc. Pueden ser usados en temperaturas de hasta 100°C.</p> <p>VISCOSIDADES DISPONIBLES: ISO 68, 150, 220, 320, 460, 680, 800 y "H".</p> <p>ESPECIFICACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prueba para engranajes F3G condiciones A/8 - 3/90, etapa de falla Mayor de 12 • Prueba para engranajes IAE norma de condiciones, carga de palanca 49.89 Kg • Valor OK Timken 27.21 Kg • Prueba de las cuatro bolas carga de soldadura 300 Kg • Huella de marca de desgaste 20 Kg de carga durante 100 minutos 0.20 mm <p>DATOS TECNICOS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>— ISO</td> <td>68</td> <td>150</td> <td style="border: 2px solid red;">220</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>— Densidad en Kg/1 a 15°C</td> <td>0.887</td> <td>0.897</td> <td style="border: 2px solid red;">0.899</td> <td>0.903</td> </tr> <tr> <td>— Punto de inflamación (°C)</td> <td>229</td> <td>238</td> <td style="border: 2px solid red;">238</td> <td>238</td> </tr> <tr> <td>— Punto de escurrimiento (°C)</td> <td>- 27</td> <td>- 21</td> <td style="border: 2px solid red;">- 18</td> <td>- 15</td> </tr> <tr> <td>— Viscosidad en cSt a 40°C</td> <td>68</td> <td>150</td> <td style="border: 2px solid red;">220</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>— Viscosidad en cSt a 100°C</td> <td>8.7</td> <td>15</td> <td style="border: 2px solid red;">19.4</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>— Índice de viscosidad</td> <td>100</td> <td>100</td> <td style="border: 2px solid red;">100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>— ISO</td> <td>460</td> <td>680</td> <td>800</td> <td>H*</td> </tr> <tr> <td>— Densidad en Kg/1 a 15°C</td> <td>0.905</td> <td>0.912</td> <td>0.916</td> <td>0.979</td> </tr> <tr> <td>— Punto de inflamación (°C)</td> <td>248</td> <td>250</td> <td>224</td> <td>232</td> </tr> <tr> <td>— Punto de escurrimiento (°C)</td> <td>- 9</td> <td>- 9</td> <td>- 9</td> <td>7.2</td> </tr> <tr> <td>— Viscosidad en cSt a 40°C</td> <td>460</td> <td>680</td> <td>800</td> <td>-</td> </tr> </table>					— ISO	68	150	220	320	— Densidad en Kg/1 a 15°C	0.887	0.897	0.899	0.903	— Punto de inflamación (°C)	229	238	238	238	— Punto de escurrimiento (°C)	- 27	- 21	- 18	- 15	— Viscosidad en cSt a 40°C	68	150	220	320	— Viscosidad en cSt a 100°C	8.7	15	19.4	25	— Índice de viscosidad	100	100	100	100	— ISO	460	680	800	H*	— Densidad en Kg/1 a 15°C	0.905	0.912	0.916	0.979	— Punto de inflamación (°C)	248	250	224	232	— Punto de escurrimiento (°C)	- 9	- 9	- 9	7.2	— Viscosidad en cSt a 40°C	460	680	800	-
— ISO	68	150	220	320																																																												
— Densidad en Kg/1 a 15°C	0.887	0.897	0.899	0.903																																																												
— Punto de inflamación (°C)	229	238	238	238																																																												
— Punto de escurrimiento (°C)	- 27	- 21	- 18	- 15																																																												
— Viscosidad en cSt a 40°C	68	150	220	320																																																												
— Viscosidad en cSt a 100°C	8.7	15	19.4	25																																																												
— Índice de viscosidad	100	100	100	100																																																												
— ISO	460	680	800	H*																																																												
— Densidad en Kg/1 a 15°C	0.905	0.912	0.916	0.979																																																												
— Punto de inflamación (°C)	248	250	224	232																																																												
— Punto de escurrimiento (°C)	- 9	- 9	- 9	7.2																																																												
— Viscosidad en cSt a 40°C	460	680	800	-																																																												

Fuente: SHELL. Lubricantes y especialidades. p. 21.

Debe aplicarse un baño de lubricante en la parte superior del eje portaburil diariamente o cuando tenga apariencia seca. No es conveniente el exceso pues este solamente se desperdicia y ensucia el resto de la máquina.

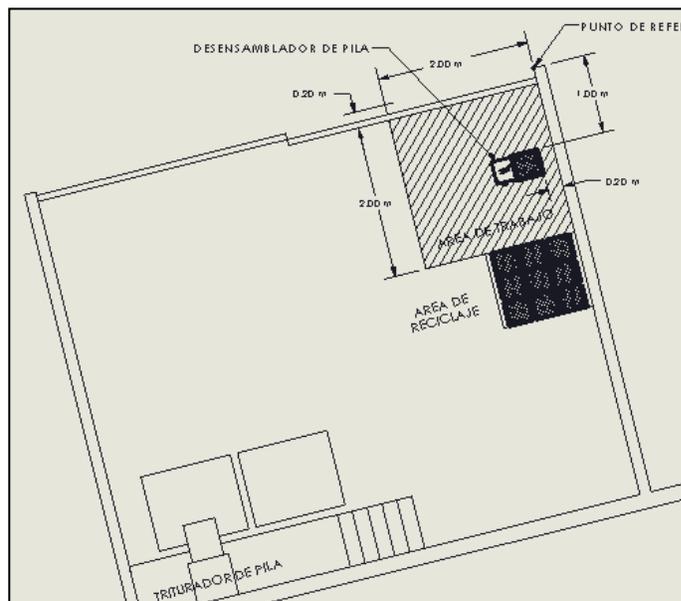
3.4.6. Montaje

Fabricadas las piezas, se armará el equipo conforme a las indicaciones de ensamble, la ubicación e instalación se describe a continuación.

3.4.6.1. Ubicación

El equipo de recuperación de partes de pila se instalará en el cuarto de almacenaje y trituración; su ubicación se presenta en el siguiente plano.

Figura 28. Ubicación equipo recuperación partes de pila



Fuente: elaboración propia.

3.4.6.2. Cimentación y anclaje

En cuanto a la cimentación, la totalidad del piso del departamento de pilas secas está formado por una losa de concreto de 20 centímetros de espesor, las características del concreto son:

- Cemento UGC 4000 psi, el cual es ideal para este tipo de base.
- Grava de 3/8"
- Arena de río
- Agua

Con estas características se tiene una base ideal para el tipo de máquina que se instalará, debido a que no genera vibraciones.

Para el anclaje se utilizarán los de tipo Hilti de 3/8"; estos cuentan con excelente ductilidad sin riesgo de rotura debido a que son conformados en frío.

Figura 29. Anclaje Hilti



Fuente: www.hilti.com

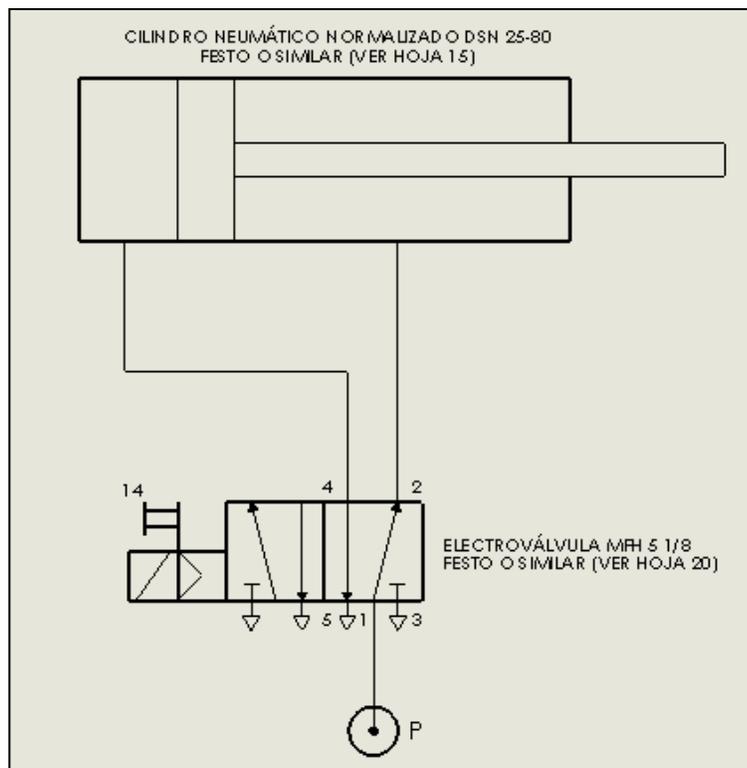
3.4.6.3. Instalaciones complementarias

La instalación del equipo también conlleva la instalación eléctrica y neumática para su funcionamiento.

3.4.6.3.1. Neumática

Para su funcionamiento se instaló una electroválvula de cinco vías y tres posiciones, así como un cilindro de doble efecto ISO de diámetro de 25 mm y 50 mm de carrera. El diagrama neumático se presenta a continuación.

Figura 30. Diagrama neumático

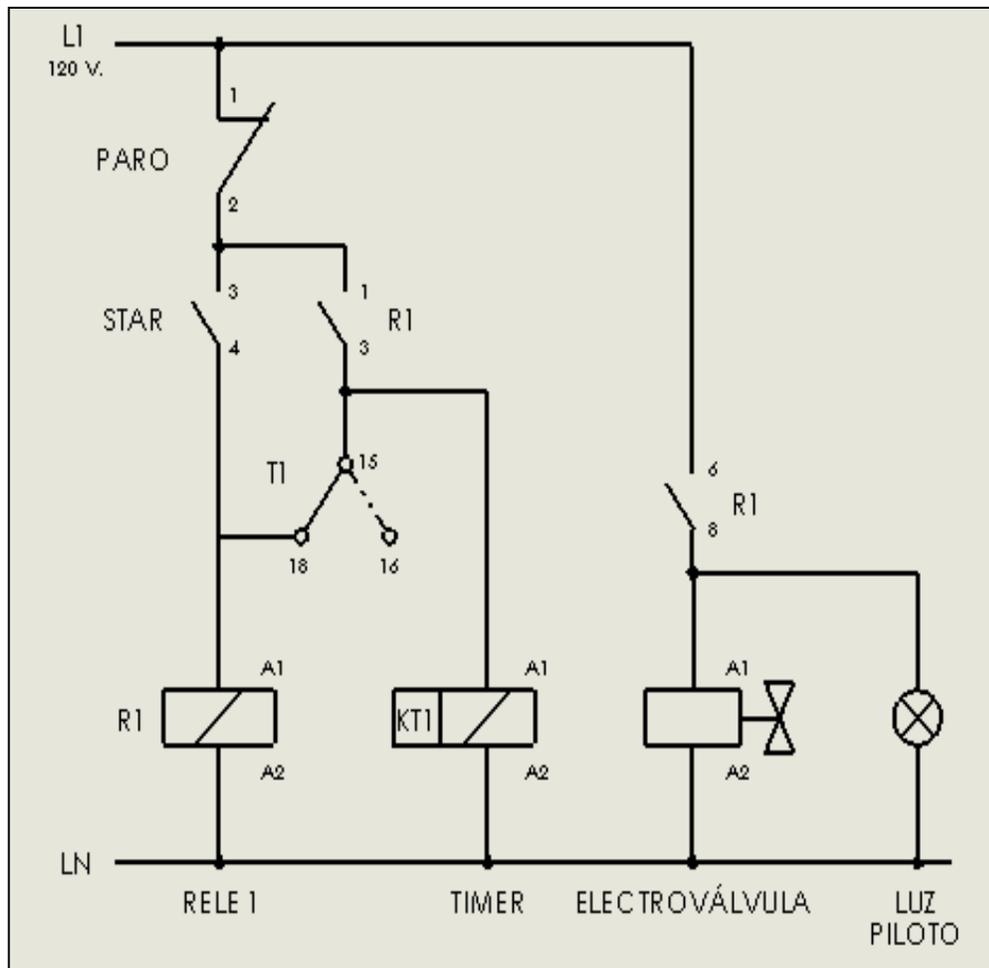


Fuente: elaboración propia.

3.4.6.3.2. Electricidad

El equipo funciona de forma automática en cuanto a su movimiento de corte, un solo botón acciona el relé que energiza la bobina de la válvula, luego el timer acciona el retorno.

Figura 31. Diagrama eléctrico



Fuente: elaboración propia.

3.5. Planificación y programación

Para darle seguimiento a la fabricación del equipo para recuperación de partes de pila se realizó la siguiente programación.

Tabla XVII. Programación para equipo recuperación de pila

Programación equipo para recuperación partes de pila													Programado																											
Objetivo: Diseño, fabricación y pruebas de equipo																																								
Días	ACTIVIDADES	Estatus	Fecha Responsable	Abril							Mayo					Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Comentarios								
				14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39											
	1 Definición de requisitos funcionales	Programado	Edgar Kestler																																					
	2 Diseño de estructura base	Programado	Edgar Kestler																																					
	3 Diseño plataforma superior	Programado	Edgar Kestler																																					
	4 Diseño base para buje	Programado	Edgar Kestler																																					
	5 Diseño embolo de corte	Programado	Edgar Kestler																																					
	6 Diseño base de semipila	Programado	Edgar Kestler																																					
	7 Ensamblaje de partes	Programado	Edgar Kestler																																					
	8 Elección aditamentos neumáticos y	Programado	Edgar Kestler																																					
	9 Fabricación estructura	Programado	Taller soldadura																																					
	2 Fabricación de partes mecánicas	Programado	Taller																																					
	4 Ensamblaje físico	Programado	Taller ensambles																																					
	5 Instalación neumática	Programado	Taller ensambles																																					
	6 Instalación eléctrica	Programado	Electricistas																																					
	7 Ubicación	Programado	Edgar Kestler																																					
	8 Anclaje	Programado	Taller ensambles																																					
	9 Pruebas y ajustes	Programado	Taller ensambles																																					

Nota:

Fuente: elaboración propia.

3.6. Análisis financiero

El desarrollo del equipo para recuperación de partes de pila debe ser analizado desde el punto de vista financiero, debido a que el desarrollo de este equipo debe cubrir los gastos en sí mismo y ser capaz de obtener rentabilidad.

3.6.1. Tasa Interna de Retorno

Para el análisis financiero se analizará primero la Tasa Interna de Retorno TIR, esta es la tasa de interés con la cual el Valor Actual Neto de un flujo de ingresos y egresos es cero.

Se aplicará la siguiente fórmula para encontrar la Tasa Interna de Retorno:

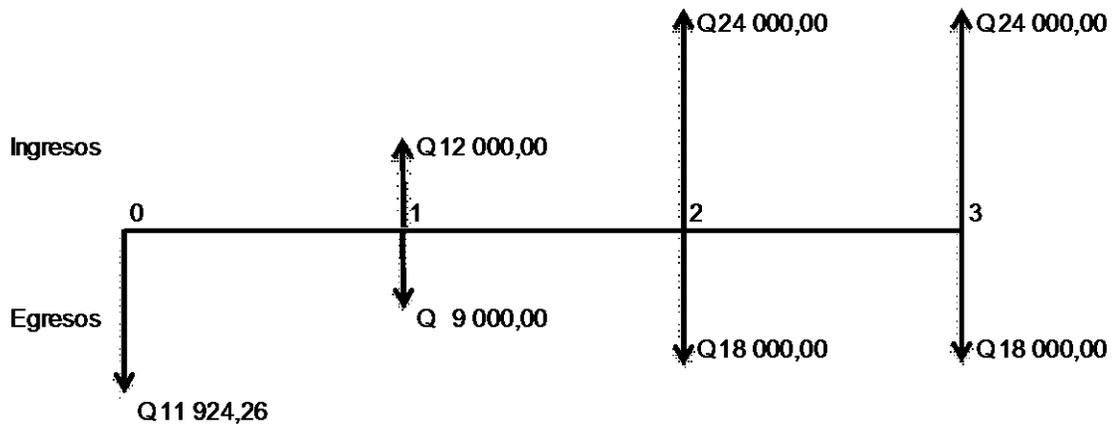
$$\text{Valor actual ingresos} - \text{Valor actual egresos} = 0$$

$$\text{VAing} - \text{VAeg} = 0$$

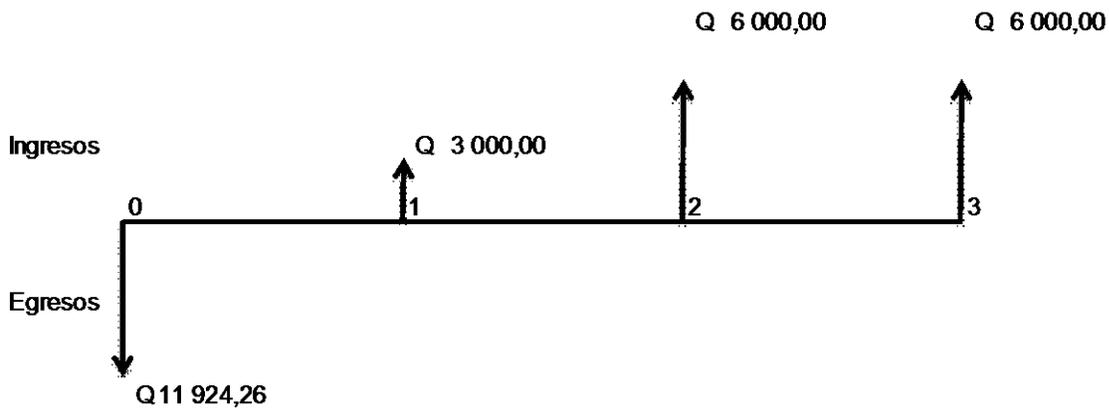
Se usará a requerimiento de la fábrica, un tiempo máximo de 3 años para los cálculos.

- Flujo de caja diagramado

Figura 32. Diagrama flujo de caja



Continuación de la figura 32.



Fuente: elaboración propia.

- Aplicando la ecuación TIR
 - 1er. Iteración al 5%

$$0 = VA_{ing} - VA_{eg}$$

$$0 = 3\,000 (P/f, i, 1) + 6\,000 (P/f, i, 2) + 6\,000 (P/f, i, 3) - 11\,924,26$$

$$0 = 3\,000 (0,9524) + 6\,000 (0,9070) + 6\,000 (0,8638) - 11\,924,26$$

$$= Q\,1\,558,09 (+)$$

- Segunda iteración al 8%

$$0 = VA_{ing} - VA_{eg}$$

$$0 = 3\,000 (P/f, i, 1) + 6\,000 (P/f, i, 2) + 6\,000 (P/f, i, 3) - 11\,924,26$$

$$0 = 3\,000 (0,9259) + 6\,000 (0,8573) + 6\,000 (0,7938) - 11\,924,26$$

$$= Q\,760,54 (+)$$

- Tercer iteración al 10%

$$0 = VA_{ing} - VA_{eg}$$

$$0 = 3\,000 (P/f, i, 1) + 6\,000 (P/f, i, 2) + 6\,000 (P/f, i, 3) - 11\,924,26$$

$$0 = 3\,000 (0,9091) + 6\,000 (0,8264) + 6\,000 (0,7513) - 11\,924,26$$

$$= Q\,269,58 (+)$$

- Cuarta iteración al 12%

$$0 = VA_{ing} - VA_{eg}$$

$$0 = 3\,000 (P/f, i, 1) + 6\,000 (P/f, i, 2) + 6\,000 (P/f, i, 3) - 11\,924,26$$

$$0 = 3\,000 (0,8929) + 6\,000 (0,7972) + 6\,000 (0,7513) - 11\,924,26$$

$$= Q - 191,84 (-)$$

- Ahora interpolamos

TIR = tasa menor + (dif. entre tasa mayor y menor)

$$\left[\begin{array}{l} \text{VAN con tasa menor} \\ \hline \text{Suma absoluta VAN} \end{array} \right]$$

$$\text{TIR} = 10\% + (2\%) \left[\frac{269,58}{461,42} \right]$$

$$\text{TIR} = 11,17 \%$$

La Tasa Interna de Retorno de inversión es del 11,17% lo que hace totalmente factible el proyecto debido a que fue solicitada por la empresa una tasa del 10%.

3.6.2. Valor Actual Neto

El segundo método de matemática financiera que se utilizará para el análisis es el Valor Actual Neto; este consiste en transformar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros.

Se hace el análisis sobre los beneficios financieros de la fabricación de un dispositivo de recuperación de partes de cinc; se ha hecho una estimación de los costos y posibles ventas del cinc recuperado; los datos se presentan en la siguiente tabla, otros detalles se pueden consultar en los anexos. Se realizan los cálculos en 3 años a una tasa de retorno de inversión de por lo menos 10%.

Tabla XVIII. **Análisis VAN**

Año	Inversión	Costos producción	Total egresos	Ingresos por año	Ingresos netos	Factor P/f 10%	VAN
1	Q11 924,26	Q 9 000,00	Q20 924,26	Q12 000,00	Q (8 924,26)	0,9091	Q (8 112,96)
2	Q -	Q18 000,00	Q18 000,00	Q24 000,00	Q 6 000,00	0,8264	Q 4 958,68
3	Q -	Q18 000,00	Q18 000,00	Q24 000,00	Q 6 000,00	0,7513	Q 4 507,89
Total							Q 1 353,60

Fuente: elaboración propia.

El VAN es de Q 1 353,60 a una tasa de descuento del 10%. Es decir que se tiene una ganancia neta, además de tener una tasa de retorno de inversión del 10%, por lo que es financieramente aceptable y viable el proyecto.

3.6.3. Análisis costo-beneficio

Por último, se hará el análisis de costo-beneficio de la fabricación del equipo para recuperación de partes de pila; el objetivo en este método es determinar la conveniencia del proyecto, analizándolo de forma individual.

Se utilizará nuevamente a solicitud de la empresa, una tasa del 10%, durante los próximos 3 años.

Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro siguiente.

Tabla XIX. Análisis costo-beneficio

VA costos		VA beneficios		Relación B/C
Q	11 924,26			
Q	8 181,82	Q	10 909,09	
Q	14 876,03	Q	19 834,71	
Q	13 523,67	Q	18 031,56	
Q	48 505,78	Q	48 775,36	1,01

Fuente: elaboración propia.

El resultado indica una relación B/C de 1,01 lo que nuevamente confirma la viabilidad del proyecto.

4. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO

4.1. Descripción de los objetivos de la organización respecto del Departamento de Mantenimiento

En el capítulo 3 fueron planteados los objetivos de la organización respecto del Departamento de Mantenimiento; el desarrollo de la presente propuesta de gestión del mantenimiento es congruente con estos objetivos, pues en sí misma busca el desarrollo sostenido de la productividad; este desarrollo sostenido solamente es posible si se tiene una operación estable, predecible y controlable tal como los objetivos de la organización respecto del mantenimiento reza.

Durante la puesta en marcha de la propuesta de plan de gestión del mantenimiento en máquinas básicas, se logró aumentar la disponibilidad de la maquinaria al aumentar el tiempo medio entre fallas. Así como se cumplen las funciones del departamento de forma económica pues se clasificaron los equipos por criticidad para enfocar en lo más crítico; por último se contribuye a mejorar las condiciones de funcionamiento de la maquinaria.

4.1.1. Entrevista dirección

Se realizó una entrevista con el director de planta, respecto de las expectativas que se tienen en el Departamento de Mantenimiento, mencionando los siguientes puntos:

- El Departamento de Mantenimiento debe entrar en una dinámica de cambio para mejorar, esto implica medirse para poder evaluarse; por mucho tiempo ha habido pasividad en las acciones de mantenimiento; esto debe cambiar pues se está en un mundo globalizado y competitivo.
- Lo que no puede faltar en un programa de mantenimiento es la limpieza y la lubricación, pero además y muy importante, el orden; se deben enfocar los esfuerzos en para tener un programas con el mayor alcance posible pero dando prioridades pues los recursos son limitados.
- Una planta es lo que su departamento técnico es, viene de la mano con la autocrítica; no se puede pretender ser los mejores como planta si como personas no se trata de ser los mejores, por lo que se debe siempre ir hacia adelante, especialmente en el área profesional y laboral.
- Se necesita más dinamismo, más cambio, más avance, mejor actitud; el mantenimiento debe ser un motor que promueva el cambio, que sea el instrumento de adaptación a las necesidades actuales.

4.1.2. Entrevista gerencia mantenimiento

La Gerencia de Mantenimiento se refirió a los siguientes aspectos como aquellos importantes para la gestión del mantenimiento:

- Mantenimiento es un Departamento de servicio, esta debe ser la filosofía que todo el equipo de mantenimiento debe desarrollar en sus actividades diarias, sabiendo que siempre se sirve a los demás en la realización de sus funciones.

- Hay que anticiparse, se debe prevenir; el mantenimiento de emergencia no debe ser el día a día, se debe fomentar el mantenimiento preventivo, para el buen desempeño del equipo productivo sin paros por falla.
- El seguimiento a los proyectos debe ser prioridad, hay que mejorar el seguimiento a los proyectos, hay que actuar con rapidez.
- Priorizar es importante; los recursos son limitados, por lo que esta acción es fundamental para orientar los trabajos del departamento.

4.2. Objetivos planeación gestión del mantenimiento

Tal como fue mencionado en el capítulo anterior, el desarrollo de la propuesta alcanza los objetivos planteados, debido a que el cumplimiento de los mismos es el desarrollo del presente trabajo.

A continuación se hará una revisión interdepartamental.

4.2.1. Revisión interdepartamental

El Departamento de Mantenimiento tiene una relación intrínseca con la función desarrollada por las otras áreas del proceso productivo, pues debe servir para que Producción y Control de Calidad alcancen sus objetivos.

Los aspectos más importantes que estos departamentos comentan respecto de su relación con mantenimiento son:

- Producción
 - Buenas relaciones personales

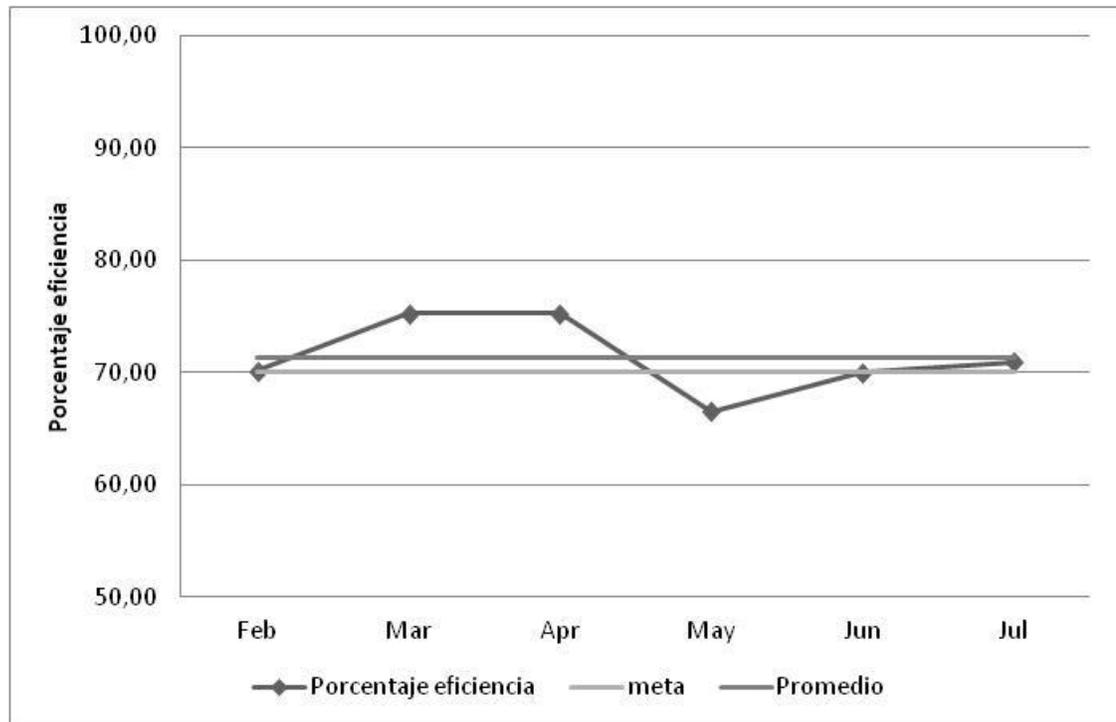
- En ocasiones no se lleva a cabo el mantenimiento preventivo por horarios y planes de producción.
- Falta de conciencia en el cuidado del equipo a nivel operativo, esto complica la labor de mantenimiento.
- Falta de conocimiento del funcionamiento del operario respecto del equipo, lo que puede generar malas prácticas operativas que dañan los componentes.
- Control de Calidad
 - Relaciones cordiales con equipo de mantenimiento
 - Falta seguimiento de los problemas encontrados por parte de mantenimiento.
 - Cambio de proveedores de materia prima, afecta el desempeño de la maquinaria.

4.2.2. Eficiencia proyectada al aplicar el programa: 70%

Con la aplicación de la propuesta de programa de gestión del mantenimiento, se ha logrado contribuir a elevar la eficiencia de la línea de máquinas básicas.

Actualmente la eficiencia sostenida está en un promedio del 71,35%.

Figura 33. **Eficiencia máquinas básicas 2011**



Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por Departamento de Producción.

4.3. Matriz de gestión

El seguimiento y compromiso, son fundamentales para poder alcanzar los objetivos que se plantearon.

4.3.1. Sistema de comunicación

El sistema de comunicación se fundamenta en las sesiones planificadas; es en ellas donde se transmite la información a todos los niveles y en todas las direcciones, pues se fomenta la participación del grupo.

4.3.1.1. Programa de divulgación

El programa funciona en cascada; primero se realiza la sesión de tercer nivel donde la gerencia informa a la jefatura de área en todos los detalles que competen al Departamento de Mantenimiento; en especial se revisan los informes mensuales de indicadores de mantenimiento, y de los avances en los objetivos, avance de proyectos, etcétera. En esta sesión también se plantean los planes y objetivos para el siguiente mes.

Luego, en las sesiones semanales o de segundo nivel, la jefatura y las supervisiones de mantenimiento revisan nuevamente la información pero focalizada al departamento específico que compete; nuevamente se revisan los indicadores respectivos del departamento, cumplimiento y planificación.

El último paso es la realización diaria de la sesión de intervalo corto, es el contacto directo con los mecánicos del área y en ella se busca el involucramiento y compromiso mutuo en los planes del departamento, se revisa el cumplimiento de los planes, se asignan las tareas diarias y se planifica el seguimiento de los mismos.

4.3.1.2. Proceso de concientización

Se realizó a través de estas sesiones un esfuerzo por compartir en todos los niveles de la organización del equipo de mantenimiento los objetivos y planes del departamento, pero no solamente los planes, sino muy importante crear un equipo comprometido que comparta no solo las responsabilidades, sino además la satisfacción del trabajo en equipo.

4.3.1.3. Comentario y sugerencias de sesiones

Las sesiones se realizan de forma rutinaria con regularidad lográndose los objetivos planteados en el sistema de comunicación, sin embargo se debe cuidar el tiempo de duración de las mismas para no exceder a lo establecido, por lo que se sugiere siempre hacer una agenda y apegarse a la misma.

4.3.2. Gestión recurso humano

Las personas son: el recurso más importante de la organización; en ellas se debe invertir.

4.3.2.1. Publicación de puestos

Para una buena gestión del recurso humano es importante que cada persona conozca su lugar dentro de la organización, así como cuáles son sus responsabilidades dentro de la misma.

Se publicó el organigrama del departamento para que los mecánicos del área lo conocieran, así también se les proporcionó una copia de la descripción del puesto de trabajo.

En cuanto a la descripción de puestos se enfatizó el conocimiento de los objetivos generales del mismo, así como las funciones generales y específicas que debe tener. Esto es importante, pues se conoce exactamente qué es lo que debe hacer y qué se espera de él, por lo que también se dio énfasis a los resultados esperados en el puesto.

También se habló sobre las relaciones en el trabajo; esto para comprender que solamente el trabajo en equipo hace posible el éxito. Se comentaron las competencias del puesto con la finalidad de que el titular del mismo sepa cuáles son y las cultive a través de las oportunidades de capacitación que la empresa brinda.

4.3.2.2. Realización en campo de matriz de especialización

Se realizó la matriz de especialización dentro de todos los mecánicos del Departamento de Máquinas Básicas:

Tabla XX. **Matriz de especialización**

Nombre	Puesto	Conocimiento				
		Operación	Lubricación y limpieza	Ajustes menores	Ajustes mayores	Cambio de piezas
Guido S.	Mecánico A	X	X	X	X	X
Edwin E.	Mecánico B	X	X	X	X	
Luis B.	Mecánico C	X	X	X		
Juan Ch.	Mecánico C	X	X	X		
Rubén L.	Mecánico C	X	X	X		

Fuente: elaboración propia.

4.3.2.3. Análisis de capacitaciones

Se desarrolló el plan de capacitación con base en lo programado en el capítulo 2; los mecánicos del área ahora tienen los mismos conocimientos básicos para el desempeño de sus funciones, habiendo sido capacitados en:

- Neumática básica

- Lubricación
- Mecanismos máquina básica

4.3.3. Gestión de activos

Como Departamento de Mantenimiento es fundamental tener codificados e identificados los activos de planta.

4.3.3.1. Evaluación codificación activos

En la evaluación de la codificación de activos lo más importante es encontrar la criticidad de los mismos, pues con base en ella se harán los planes de mantenimiento, pues los recursos son limitados y se deben priorizar.

Tabla XXI. Análisis criticidad de activos

Criticidad de activos																		
Ubicación técnica	Código de activo	Descripción de activo	Calidad		¿Afecta la seguridad industrial?		¿Crítico para medio ambiente?		Mantenibilidad			Redundante		Incidencia sobre la producción			Criticidad Mantenimiento	
			Si	No	Si	No	Si	No	Alto	Medio	Bajo	Si	No	Inmediato	<= 12 hrs.	> 12 hrs.		
									100	50	0	0	50	150	75	0		
MB	BA05	Máquina básica 5	X		X					X			X		X			250
MB	BA06	Máquina básica 6	X		X					X			X		X			250
MB	BA07	Máquina básica 7	X		X					X			X		X			250
MB	BA08	Máquina básica 8	X		X					X			X		X			250
MB	BA09	Máquina básica 9	X		X					X			X		X			250
MB	BA10	Máquina básica 10	X		X					X			X		X			250
MB	BA12	Máquina básica 12	X		X					X			X		X			250
MB	BA13	Máquina básica 13	X		X					X			X		X			250
MB	BA14	Máquina básica 14	X		X					X			X		X			250
MB	BA15	Máquina básica 15	X		X					X			X		X			250
MB	BA16	Máquina básica 16	X		X					X			X		X			250
MB	BA17	Máquina básica 17	X		X					X			X		X			250
MB	BA18	Máquina básica 18	X		X					X			X		X			250
MB	BA19	Máquina básica 19	X		X					X			X		X			250
MB	BA20	Máquina básica 20	X		X					X			X		X			250
MB	T-BA-01	Transportador semipila									X			X	X			200
MB	T-BA-02	Transportador inclinado									X			X	X			200
MB	T-BA-03	Transportador vaso A									X			X	X			200
MB	T-BA-04	Transportador Vaso B									X			X	X			200
MB	P-01	Polipasto A			X						X	X					X	0
MB	P-02	Polipasto B			X						X	X					X	0
Criterios																		
> 225 pts			Equipos críticos A															
>75 y <= 225 pts			Equipos críticos B															
< 75 pts			Equipos críticos C															

Fuente: elaboración propia.

De este análisis se puede concluir que las máquinas básicas son las más críticas, debido a que tienen el puntaje más alto en los aspectos de mantenibilidad, redundancia e incidencia en la producción, pero además es crítica para calidad y afecta la seguridad.

4.3.3.2. Identificación en campo

Se realizó la identificación en campo de los equipos, anotándose en la ficha técnica los datos importantes como el código y número de activo, identificados directamente en la máquina.

Figura 34. Identificación en campo



Fuente: fotografía tomada en Departamento de Maquinas Básicas.

4.3.3.3. Proceso de mantenimiento crítico

Por medio de un análisis realizado en el campo se determinó que los procesos de mantenimiento crítico en dicha máquina son: la limpieza y lubricación mensual que mantienen la máquina en condiciones de trabajar y las inspecciones trimestrales para la programación de los mantenimientos rutinarios. Por lo que es importante darle seguimiento a través de una ficha, con el fin de que sean realizados de forma rutinaria.

Tabla XXII. Ficha lubricación

No. de inspección				
Fecha: _____				
PROGRAMA MENSUAL DE LUBRICACIÓN Y LIMPIEZA EN BÁSICAS				
Línea Básica		Línea Rocket		
Rovac 2lp: _____	Rovac R6 #: _____	MiniRovac #: _____	Rovac 1lp #: _____	
Lista de actividades	Actividad realizada	Condiciones en que se encuentra el área		Observaciones en área de limpieza si presenta problemas
		Buenas	Malas	
1 Limpieza y sopleteado				
2 Secado de la máquina guías y descanso de pila				
3 Lubricación:				
a) Engranajes				
b) Chumaceras				
c) Cadenas				
d) Émbolos				
e) Troqueles				
f) Barras de tamper				
g) Barras de methocel				
4 Área de la máquina exterior debe quedar totalmente limpia				
Otras observaciones: _____				

Nombre del encargado de la limpieza: _____				
Firma: _____				
Nombre de quien verifica el trabajo: _____				
Firma de quien verificó: _____				

Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por el Departamento de Mantenimiento.

Tabla XXIII. Ficha de inspección

INSPECCIÓN DE MÁQUINAS ROVAC							
Encargado: _____							
Firma: _____ ROVACS No. _____ FECHA: _____							
ESTACIÓN			ESTACIÓN				
TRANSMISIÓN	Bueno	Malo	Observaciones	COMPRESION	Bueno	Malo	Observaciones
Eje principal				Bujes cortador macho			
Engranajes helicoidales tiempo walking beam y araña				Bujes cortador perforador			
Sproket 26 dientes paso 3/4" motor				Filo troquel			
Sproket 28 dientes paso 3/4", eje principal				Bujes y barra empujadora			
Sproket 10 dientes paso 3/4", eje de caja				Cincho excéntrica macho			
Sprocket 20 dientes paso 3/4" en eje de caja				Cincho excéntrica empujador			
Cadena 3/4" tiempo de araña				Bujes y pasador brida macho			
Levas excéntricas levantado del balking beam				Bujes y pasador brida empujador			
LINER	Bueno	Malo	Observaciones	Cabeza de empujador			
Barras y bujes carro de methocell				Formador de roldana			
Cinchos de excéntricas				Neumatico			
Bujes de bridas				Detector de roldana compresión			
Pasadores de brida				CARBÓN	Bueno	Malo	Observaciones
Detector de methocell				Camisa carbón			
Abridor de methocell				Bujes de camisa carbón			
Cojinetes base porta sierra				Varilla de carbón			
Sierra corte methocell				Porta varilla carbón			
Cojinetes de tensor movimiento sierra				Bujes de base y eje movimiento varilla carbón			
Cilindro arrastre methocell				Boquilla carbón			
cilindro de retención methocell				Bujes detector de carbón			
FONDO	Bueno	Malo	Observaciones	Punta plastica detectora bajas			
Filo Troquel				Punta plastica detectora carbón			
Bujes barra empujadora				Cilindro tiempo camisa			
Neumatico				Bases laterales caída carbón			
Cincho de excéntrica de cortador macho				Hexagono movimiento caída carbón			
Cincho excéntrica empujador				Flexiglass parte superior carbón			
Bujes y pasador de brida empujador				Flexiglass parte inferior caída carbón			
Bujes y pasador de brida cortador macho							
Detector de roldana de fondo							
Bujes cortador macho							

Continuación de la tabla XXIII.

TAMPER	Bueno	Malo	Observaciones	DOBLEZ DE PILA	Bueno	Malo	Observaciones
Molde caja				Embolo y bujes dobles pila			
Buje superior martillo				Copa domeado delantera			
Buje inferior martillo				Copa domeado trasera			
Cincho excéntrica martillo				Buje y pasador de brida			
Buje y pasador orqueta martillo				Cincho excéntrica			
Buje y pasador orqueta muleta				Pin extractor de pila			
Buje y pasador orqueta excéntrica				Resorte de pin			
Buje de bases de muleta				ASFALTO	Bueno	Malo	Observaciones
Eje, bujes y camisa de muleta				Bujes de cortador macho			
Buje de balancin en orqueta de martillo				Bujes cortador perforado			
Buje de balancin en orqueta excéntrica				Filo troquel			
Buje de balancin en orqueta muleta				Bujes y barra empujadora			
Martillo y buje caja				Cincho excéntrica macho			
Bujes en eje torre stellite				Cincho excéntrica empujador			
Patatas de araña				Neumático			
Disco torre				Detector roldana sello			
Cojinete en torre				Bujes y pasador brida macho			
Rotulas tiempo araña				Bujes y pasador brida empujador			
Cojinetes en base tiempo araña				Pin guía de roldana			
COMPACTACIÓN	Bueno	Malo	Observaciones	Resorte de pin guía de roldana			
Bujes y barras extractoras				PRUEBA	Bueno	Malo	Observaciones
Bujes y barras de compactación				Embolos y bujes prueba			
Bujes y embolo compactación				Resorte voltaje y amperaje			
Rodos de compactación en excéntricas				Camisa plastica			
Pata extractora porta rodos plasticos				Puntas de stellite desgastadas			
Rodos plasticos extractores				Buje y pasador de brida			
Base graduación compactación				ARRASTRE	Bueno	Malo	Observaciones
Pata de compactación				Guía móvil			
Resorte compactación				Triangulo derecho bokin beam			
Descanso stellite compactación				Triangulo izquierdo bokin beam			
Extractor de pila				Tornillo de graduación levantado guía móvil			
Rectangulo fibra seguidor de levas				Guías fijas antes de Tamper			
Tapadera seguidor de levas				Guías fijas después de Tamper			
Leva acorazonada compactación				Rodos inferior y superior levantado guía móvil			
				Rodos maguil de 1" levantado guía móvil			
				Buje de base porta rodos Maguil de 1" levantado guía móvil			
				Salida de pila terminada			

Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por el Departamento de Mantenimiento.

4.3.4. Gestión inventario repuestos

Para la gestión del mantenimiento, contar con los repuestos necesarios en el momento adecuado es fundamental.

4.3.4.1. Aspectos importantes del manejo de inventarios de repuestos

El manejo del inventario de repuestos es muy importante, por lo que se comprobó que se llevará el procedimiento establecido por la fábrica de pilas secas en los siguientes puntos:

- Comprobación de las cantidades que se reciben para determinar que son correctas.
- Facilitar almacenaje adecuado, como medida de protección contra los elementos y las extracciones no autorizadas.
- Extracción de materiales contra la presentación de autorizaciones de salida para producción.

4.3.4.2. Determinación repuestos críticos

Se hizo una revisión de los repuestos críticos para las máquinas básicas, tomándose como criterio que estos serán los que afecten a la calidad; los repuestos considerados críticos se listan en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Repuestos críticos**

Código	Nombre repuesto
RO2105	Buje de caja
RO2206	Cortador hembra roldana de fondo
RO2210	Cortador hembra roldana de compresión
RO2212	Cortador hembra roldana de sello
RO2236	Cabeza de martillo
RO2249	Sierra corte liner

Fuente: elaboración propia.

4.3.5. Gestión de mantenimiento

Un análisis del historial, permite: conocer si se está ejecutando el plan de mantenimiento y hacer las correcciones necesarias para su cumplimiento.

4.3.5.1. Evaluación historial mantenimiento

El historial del mantenimiento está formado por las órdenes de trabajo cerradas; estas dan vida a la gestión, y sirven para el análisis de las funciones del departamento.

En el siguiente gráfico se puede ver el índice de cumplimiento durante los meses de junio, julio y agosto.

Figura 35. **Cumplimiento plan**



Fuente: elaboración propia.

4.3.5.2. Programación actividades mantenimiento

La programación del mantenimiento es vital; el programar permite coordinar con Producción los tiempos idóneos para la ejecución del programa, así como para la evaluación de los costos.

Tabla XXV. Planeación mantenimiento

Fábrica de Pilas Secas, S.A. Departamento de Ingeniería Planeación órdenes de trabajo													
Orden	Actividad	Maquina	Fecha	Status Orden	julio				agosto				
					27	28	29	30	31	32	33	34	
133	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #9	06-jul-11	✓									
185	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #15	02-jul-11	✓									
212	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #16	03-jul-11	✓									
226	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #17	04-jul-11	✓									
693	Transportador de vaso #2	Transportador D	09-jul-11	✓									
688	Transportador de vaso #1	Transportador D	09-jul-11	✓									
683	Transportador de semipila	Transportador D	09-jul-11	✓									
107	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #7	22-jul-11	✓									
80	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #5	20-jul-11	✓									
93	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #6	21-jul-11	✓									
120	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #8	23-jul-11	✓									
147	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #12	29-jul-11	✓									
134	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #9	05-ago-11	✓									
172	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #13	30-jul-11	✓									
186	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #15	01-ago-11	✓									
199	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #14	31-jul-11	✓									
213	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #16	02-ago-11	✓									
227	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #17	03-ago-11	✓									
81	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #5	19-ago-11	✓									
121	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #8	22-ago-11	✓									
94	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #6	20-ago-11	✓									
108	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #7	21-ago-11	✓									
200	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #14	30-ago-11	✗									
187	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #15	31-ago-11	✗									
173	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #13	29-ago-11	✗									
148	Programa mensual lubricación y limpieza básica D	Rovac D #12	28-ago-11	✓									

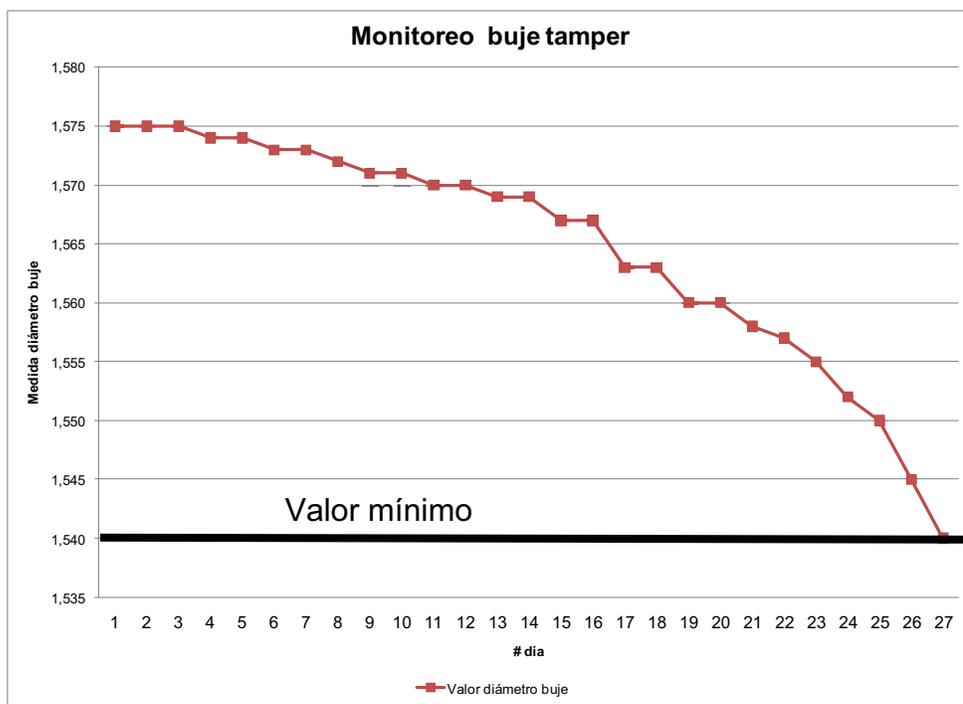
Fuente: elaboración propia.

4.3.5.3. Monitoreo de condición

El monitoreo de condición tiene como objetivo conocer la condición de la maquinaria, de tal manera que se pueda dar la operación segura, eficiente y dentro de los estándares de calidad deseados.

De esta manera se llevó a cabo el monitoreo de condición en la estación de *tamper* de máquina básica # 14; en ella se midió al final de la jornada y durante 27 días, el diámetro de la cabeza de martillo, con el objeto de monitorear el desgaste sufrido debido al trabajo ya que a una medida de 1,540” la máquina presenta problemas de peso.

Figura 36. **Monitoreo condición buje *tamper***



Fuente: elaboración propia.

4.4. **Equipo para recuperación de partes de pila**

Este contribuye al medio ambiente, a través del reciclaje de los elementos que forman la pila.

4.4.1. Requisitos funcionales deseados

En el diseño del equipo se logró: hacerlo fácil de utilizar, que no genere contaminantes, que optimice el tiempo y que se fabricará a un costo razonable; por lo que se cumplen los requisitos planteados.

4.4.1.1. Análisis cualitativo

El equipo para recuperación de partes de pila tiene como función permitir el desensamblado de la celda para poder recuperar el zinc como elemento de reciclaje. Para cumplir con los requisitos planteados se desarrolló de la siguiente manera:

- Que sea fácil de utilizar: para el funcionamiento del mismo únicamente se debe colocar la pila en su lugar y activar el sistema con un botón de “ON”, por lo que su uso es muy sencillo y práctico.
- Que no contamine el zinc: este requisito es muy importante pues para que el zinc sea reciclado es necesario que no esté contaminado; el sistema de vástago recíprocante debe estar graduado de tal forma que corte la pared del vaso de zinc sin tocar los componentes de la mezcla; esto se logra con ajustar la posición de la cuchilla de corte con la llave de ajuste.
- Que optimice el tiempo: para el funcionamiento únicamente se necesita colocar la semipila en posición y accionar el botón de “arranque”, por lo que tiene un funcionamiento óptimo.

- Fabricación a un costo razonable: se fabricó el equipo con un costo relativamente económico pues se trató de optimizar los materiales a utilizar; el costo está detallado en la tabla siguiente:

Tabla XXVI. **Tabla de costo**

Cantidad	Unidad medida	Materiales	Costo unitario	Costo total s/IVA	Costo c/ IVA
2	Varilla	Angular 3/16" x 2" x 20'	Q 50,00	Q 100,00	Q 112,00
32	Unidades	Electrodo E6013 1/8"	Q 0,72	Q 23,04	Q 25,80
1	Unidad	AISI 1018 plancha 1/2"	Q 300,00	Q 300,00	Q 336,00
2	Pulgadas	Cold rolled 4" diam x 1.5	Q 27,19	Q 54,38	Q 60,91
2	Pulgadas	AISI 1018 2-1/4" diam x 2"	Q 8,89	Q 17,78	Q 19,91
7,5	Pulgadas	AISI 1018 3/4" x 7.5	Q 15,00	Q 112,50	Q 126,00
1	Unidad	Cilindro doble efecto 25 x 80	Q 417,00	Q 417,00	Q 467,04
5	Unidades	Conector 1/8" manguera 6	Q 10,72	Q 53,60	Q 60,03
10	Pies	Manguera PUN 6	Q 5,75	Q 57,50	Q 64,40
2	Unidades	Silenciador 1/8	Q 9,34	Q 18,68	Q 20,92
1	Unidad	Válvula MFH 5 vías 3 posiciones	Q 1 028,00	Q 1 028,00	Q 1 151,36
1	Unidad	Bobina MFH 110v	Q 150,38	Q 150,38	Q 168,43
1	Unidad	Tablero eléctrico	Q 400,00	Q 400,00	Q 448,00
1	Unidad	Botonera	Q 260,00	Q 260,00	Q 291,20
1	Unidad	Paro de emergencia	Q 321,00	Q 321,00	Q 359,52
1	Pulgadas	Bronce 1" x 1-1/2"	Q 50,00	Q 50,00	Q 56,00
10	Pulgadas	AISI 1018 5/8" x 10"	Q 2,28	Q 22,80	Q 25,54
1	Unidad	Buril de cobalto 1/4"	Q 60,00	Q 60,00	Q 67,20
10	Días	MO aramado estructura	Q 200,00	Q 2 000,00	Q 2 240,00
21	Días	MO maquinado piezas	Q 200,00	Q 4 200,00	Q 4 704,00
5	Días	MO electricidad	Q 200,00	Q 1 000,00	Q 1 120,00
Gran total				Q 10 646,66	Q 11 924,26

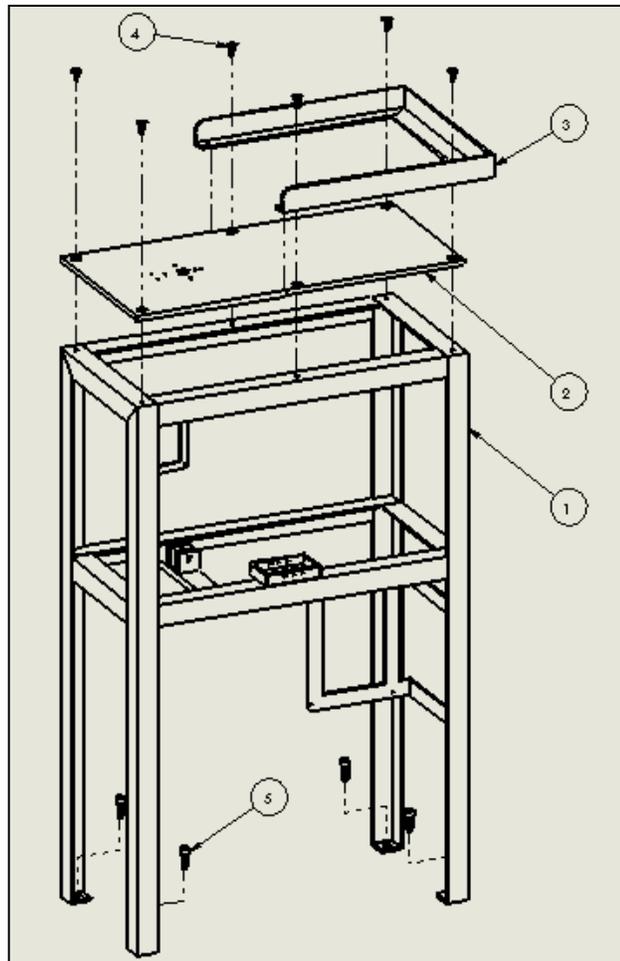
Fuente: elaboración propia.

El análisis financiero se realizó en el capítulo 3.

4.4.1.2. Materiales a utilizar

En el capítulo 3 fueron descritos de forma cualitativa, los materiales que se utilizarían en la fabricación del equipo; a continuación se presenta cada una de las partes con su tabla de materiales.

Figura 37. **Materiales estructura equipo**



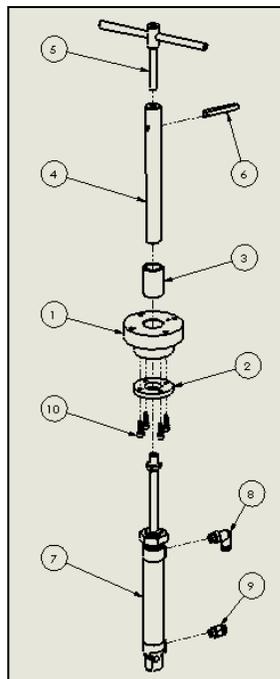
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Tabla de materiales**

EXPLOSIVO ESTRUCTURA BASE		
ELEMENTO	NOMBRE	MATERIAL
1	Estructura metálica	Angular 1-1/2" X 3/16"
2	Plancha base	AISI 1018
3	Guía de bandeja	Angular 1-3/4" X 3/16"
4	Tornillo cabeza plana	DIN 7991 5/16 UNC
5	Tornillo	DIN 912 3/8 UNC

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Materiales mecanismo**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Tabla materiales mecanismo**

EXPLOSIVO MECANISMO		
ELEMENTO	NOMBRE	MATERIAL
1	Base portabuje	AISI 1018
2	Tapa para base portabuje	AISI 1018
3	Buje para eje portaburil	SAE 660
4	Eje portaburil	AISI 1018
5	Llave castigador	AISI 1018
6	Buril de corte semipila	Cobalto
7	Cilindro neumático	
8	Racor L	
9	Racor recto	
10	Tornillo	DIN 912 3/16 UNC

Fuente: elaboración propia.

4.4.1.2.1. **Métodos para prevención de corrosión**

El ambiente en el Departamento de Máquinas Básicas, es altamente corrosivo, por lo que deben aplicarse métodos para prevenir el daño en la maquinaria.

- Los métodos para minimizar corrosión son importantes en una fábrica de pilas secas; la corrosión es un problema debido a los componentes activos de la pila, por lo que se recomienda siempre utilizar un método que la evite. En el capítulo 3 se describieron algunos de los métodos más comunes para este fin; el más económico que a la vez da un buen resultado es la utilización de pinturas y recubrimientos protectores; este

método se utilizó en la fabricación del equipo para recuperación de partes de pila.

- La pintura y recubrimiento protector se desarrolló en las siguientes etapas:

Figura 39. **Pasos pintura y recubrimiento protector**

Etapa	Pasos
<p>Quitar residuos aceite con disolvente</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe dejar completamente libre la superficie de suciedad, y de aceites; puede usarse acetona para este fin.
<p>Separar cualquier suciedad y herrumbre con cepillo de alambre</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta tarea va de la mano con la anterior; se realiza si el material que se va a utilizar está corroído; debe eliminarse lo más posible la corrosión para poder pintar.
<p>Aplicación fondo anticorrosivo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en pintar la estructura con una base anticorrosiva; en este caso se utilizó: anticorrosivo 2000, estructural de Sherwin Williams.
<p>Aplicación de pintura superficial</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en la aplicación de la pintura superficial que es el acabado en la fábrica de pilas secas, consiste en un color normado denominado gris máquina.

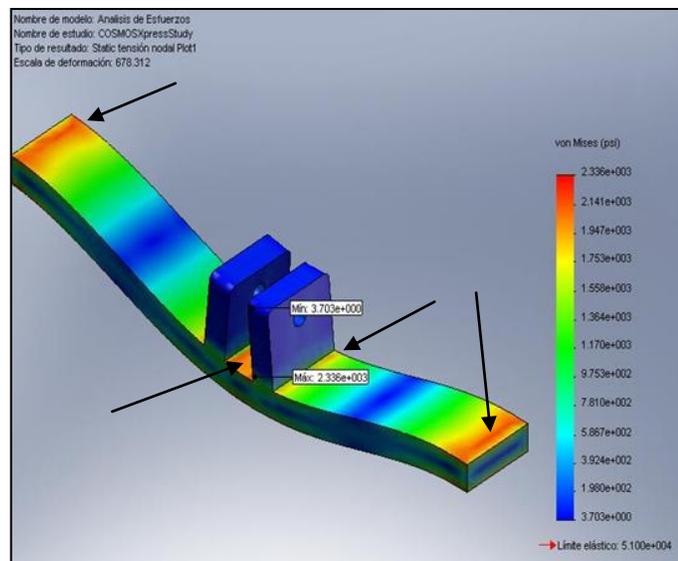
Fuente: elaboración propia.

4.4.1.2.2. Cálculo estructural

Un buen diseño, implica el análisis de concentración de tensiones; los cambios bruscos de formas son puntos de revisión obligada.

- Concentración de tensiones: en el capítulo 3 se hizo el análisis de concentración de esfuerzos, en el inciso siguiente se hará el estudio aplicando sobreesfuerzos para encontrar los puntos posibles de falla por concentración de tensiones.
- Análisis de cambios bruscos de formas: la barra base de cilindro neumático es la parte de la estructura que soporta todas las tensiones de trabajo; se realizó el análisis en CosmosXpres obteniéndose los siguientes resultados:

Figura 40. Análisis de esfuerzos



Fuente: elaboración propia. CAD Solid Works.

Las partes rojas muestran los lugares donde la pieza fallará y los esfuerzos para que esto suceda; sin embargo, como fue demostrado en el capítulo 3, el diseño actual tiene un factor de seguridad mayor a 1 por lo que sometida la pieza a los esfuerzos normales, estos no causarán falla.

- Durezas superficial de partes: la dureza es la resistencia a la penetración local; se describirá primero un tratamiento térmico que fue necesario hacer a las partes del equipo expuestas a contaminación y por consiguiente corrosión, que no pueden protegerse con pintura debido a los ajustes necesarios para su funcionamiento, luego se presentarán los ensayos de dureza reales de los materiales de construcción del equipo.
 - Tratamientos térmicos: hay partes del equipo que por la naturaleza de su funcionamiento no pueden ser protegidas contra la corrosión con pinturas protectoras, debido a que las medidas de sus ajustes o función no pueden ser alteradas; a estas partes se les dio un tratamiento térmico denominado “pavonado”. El pavonado se realizó en las siguientes etapas:

Figura 41. **Etapas pavonado**

Etapas	Pasos
Limpieza de piezas Colocar piezas dentro del horno y calentar 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta parte es muy importante. Las piezas deben estar completamente limpias y libres de grasa, entre más pulidas mejor, incluso libres de sudor de las manos. • Las piezas se cuelgan dentro del horno evitando el contacto entre ellas y paredes, luego se calienta hasta 500°C máximo.

Continuación de la figura 41.

<p>Observar color de la pieza, buscando el negro</p>  <p>Enfriar en aceite</p>  <p>Piezas pavonadas</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Cuando la pieza sube su temperatura irá cambiando de colores pasando por varias tonalidades de rojo, azul y por último negro, que es el color que se busca para mayor protección.• Se saca la pieza y se enfría en aceite.• El resultado son piezas pavonadas; estas tienen una capa protectora que las protegerá contra la corrosión.
--	--

Fuente: elaboración propia.

- Ensayo de dureza Rockwel: en el capítulo 3 fueron descritas las durezas teóricas de los componentes para un buen funcionamiento; a continuación se presenta una tabla con las durezas reales medidas en un durómetro Rockwel, utilizando la escala "C" con 150 Kg y punta de diamante.

Figura 42. **Ensayo dureza Rockwell**



Fuente: fotografía tomada en el Departamento de Mantenimiento.

Tabla XXIX. **Tabla de durezas**

Parte	Material	Dureza real	Dureza comparativa a teórica
Cuchilla de corte	Cobalto	63 HRC	En rango a teórica
Barra de mecanismo	AISI 1018	6 HRC	171 Brinell
Base sujeción pila	AISI 304	4 HRC	Rockwell B85
Plancha base	AISI 1018	6 HRC	171 Brinell

Fuente: elaboración propia.

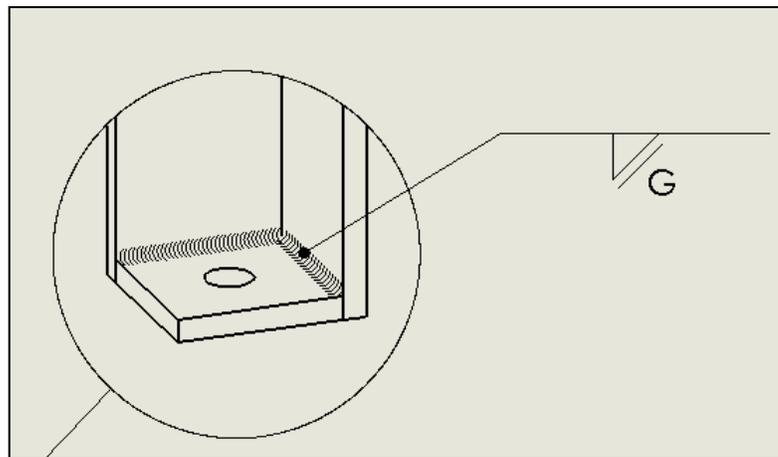
- Fijación de uniones: como ya fue mencionado, el equipo de recuperación de partes de pila por proceso de fabricación debe ser manufacturado por separado en cuanto a los componentes que lo integran, por lo que se utilizaron los siguientes métodos de fijación de uniones.

- Soldadura: la estructura metálica del equipo fue fabricada con angular de 3/16" x 1-1/2", la cual fue unida por completo unida con soldadura, utilizando electrodo # 6013 tal como fue diseñado.

A continuación se describirá el método utilizado.

- ✓ Tipo soldadura utilizada: para soldar la estructura metálica como fue diseñada, se utilizó electrodo E6013, el cual puede soldarse en todas las posiciones la soldadura; se hizo con los acabados presentados en la siguiente figura.

Figura 43. **Tipo de soldadura utilizada**



Fuente: elaboración propia.

El símbolo del triángulo y línea significa que debe quedar un contorno plano en la soldadura; G indica que debe esmerilarse.

- ✓ Tipo electrodo: se escogió para unir la estructura del equipo utilizar un electrodo E6013; esto debido a las siguientes características:
 - Es un electrodo con excelente aplicación y desempeño para la fabricación de equipos y maquinaria en aceros de bajo carbono.
 - Es recomendable para aplicaciones donde se requiera soldaduras lisas.
 - Es de ligera penetración, lo cual es una característica deseable al utilizar material delgado.
 - Es un electrodo comercial de buena relación costo-beneficio.

- ✓ Tabla resistencia mecánica: a continuación la tabla de resistencias mecánicas de los elementos del equipo para desensamblar partes de pilas.

Tabla XXX. **Tabla resistencia mecánica componentes**

Material	Resistencia a la tracción	Límite de fluencia
AISI 1018	75 000 lb/pulg ²	63 700 lb/pulg ²
Bronce SAE 660	30 000 lb/pulg ²	14 000 lb/pulg ²
Electrodo 6013	60 000 lb/pulg ²	48 000 lb/pulg ²

Fuente: AVALLONE, Eugene. Manual del ingeniero mecánico. p. 638.

- Unión roscada: estas se utilizan en donde se debe desensamblar el mecanismo.
- ✓ Elección tipo rosca por aplicación: en las partes del equipo donde es necesario tener uniones no permanentes se utilizaron roscas, especialmente, debido a reparaciones o ajustes del equipo.

Tabla XXXI. **Roscas equipo**

Tamaño Rosca	Elemento	Plano	Comentario
5/16"-18 UNC	Estructura metálica	2	Rosca para fijación de plancha base
3/16"-24 UNC	Estructura metálica	3	Rosca para fijación de botonera y registro eléctrico
1/4"-20 UNC	Estructura metálica	3	Rosca para fijación electroválvula
1/4"-20 UNC	Plancha base	4	Rosca para fijación base porta semipila
3/16"-20 UNC	Plancha base	4	Rosca para fijación cuña
3/16"-24 UNC	Base portabuje	6	Rosca para tapa de base portabuje
5/16"-16 UNC	Eje portaburil	9	Rosca para llave castigador
M8 X 1,25	Eje portaburil	9	Rosca para vástago cilindro neumático
1/4"-20 UNC	Llave castigador	10	Rosca fijación eje llave
3/8"-16 UNC	Llave castigador	10	Rosca llave castigador

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Perfil: las roscas utilizadas en el equipo para recuperar partes de pila, están elaboradas bajo Norma ISO, por lo que tienen un perfil de 60°. Al ser roscas estándar son de uso universal, por lo que no hay ningún problema en cuanto a oferta en el mercado.
- ✓ Paso rosca: los pasos de las roscas utilizadas en el equipo y su función se describen a continuación.

- Rosca 3/16" UNC: este tipo de rosca normalizada tiene un paso de 24 hilos por pulgada; se utilizó debido a que el número de hilos y diámetro de tornillo permite sujeción en material delgado y frágil como la caja de registro eléctrico.
 - Rosca 1/4" UNC: la norma dice que tiene un paso de 20 hilos por pulgada; en el equipo sirvió para fijar partes del mismo.
 - Rosca 5/16" UNC: el paso de esta rosca es de 16 hilos por pulgada, se utilizará para la fijación de la plancha base, debido a que se necesitaba una sujeción capaz de soportar la vibración del movimiento del mecanismo.
 - Rosca 3/8" UNC: la llave del castigador necesita suficiente presión y resistencia, por lo que se escogió esta rosca por su diámetro; el paso de la misma es también de 16 hilos por pulgada.
 - Rosca M8: el cilindro neumático tiene una rosca métrica de diámetro nominal de 8 milímetros y paso de 1.25 mm, entre cresta y cresta del perfil de rosca.
- Ajuste: este es importante para la fijación adecuada de las piezas en el mecanismo.
 - Ajuste internacional agujero y eje único: el ajuste que va a utilizarse se describió en el capítulo 3; a continuación se presenta la verificación de los ajustes en los componentes:

Figura 44. **Medición de tolerancias**

Medición	Resultados
<p>Medición de eje portaburil</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • La medición real es de 19,04 mm, justo en el rango de la tolerancia diseñada.
<p>Medición buje para eje portaburil</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • La medición real es de 19,07 mm; al igual que el eje, está dentro del rango. • Estas medidas aseguran una adecuada tolerancia para lubricación.

Fuente: elaboración propia.

4.4.1.3. **Diseño de partes mecánicas**

Esta etapa es muy importante, si se realiza un buen diseño, no se perderá tiempo ni dinero en la construcción del mecanismo.

4.4.1.3.1. **Dibujo asistido por computadora CAD**

Como se describió en el capítulo anterior, los diseños y dibujos fueron realizados en un software CAD, los dibujos pueden ser consultados en los anexos.

Tabla XXXII. **Listado de dibujos y diseños**

Nombre	Número de plano
Ensamble equipo para recuperación partes de pila	1
Planta estructura metálica	2
Corte y elevación estructura metálica	3
Plancha base	4
Guía de bandeja	5
Base porta buje	6
Tapa para base portabuje	7
Buje para eje portaburil	8
Eje porta buril	9
Llave castigador	10
Cuña	11
Base porta semipila	12
Caja electroválvula	13
Buril de corte	14
Cilindro neumático DSN 25-80	15
Botonera y registro eléctrico	16
Explosivo conjunto	17
Explosivo estructura base	18
Explosivo mecanismo	19
Explosivo electroválvula	20
Diagrama neumático	21
Diagrama eléctrico	22
Planta de ubicación	23

Fuente: elaboración propia.

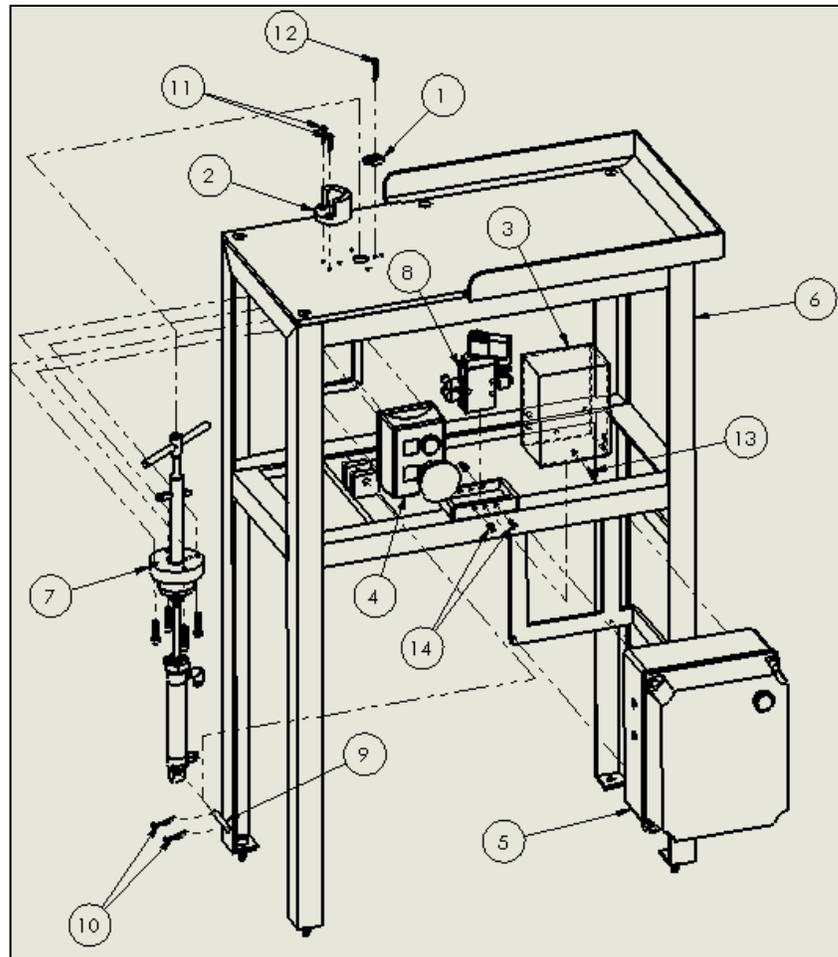
4.4.1.4. Mecanismos para su funcionamiento

Como se mencionó en el capítulo 3, el mecanismo de corte es un émbolo que sube y baja, por lo que debe estar correctamente ensamblado.

4.4.1.4.1. Pasos para ensamble

La mejor forma de ilustrar los pasos para ensamblar el equipo de recuperación de partes de pila es de forma gráfica; a continuación un explosivo del ensamble del equipo.

Figura 45. Explosivo ensamble equipo



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Tabla explosivo conjunto**

EXPLOSIVO CONJUNTO		
ELEMENTO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Cuña	Ver hoja 11
2	Base porta semipila	Ver hoja 12
3	Caja electroválvula plexiglas	Ver hoja 13
4	Botonera	Ver hoja 16
5	Registro eléctrico	Ver hoja 16
6	Ensamble estructura metálica	Ver hoja 18
7	Ensamble mecanismo	Ver hoja 19
8	Ensamble electroválvula	Ver hoja 20
9	Pasador Φ 5/16"	Largo 2-1/8"
10	Sellos de seguridad	Largo 5/8"
11	Tornillos DIN 7991 3/16" UNC	Largo 3/4"
12	Tornillo DIN 912 3/16" UNC	Largo 1"
13	Tornillo DIN 3/16" UNC	Largo 5/8"
14	Espárragos 1/4" UNC	Largo 5/8"

Fuente: elaboración propia.

- Recomendaciones: para el buen funcionamiento del equipo se debe acatar los siguientes puntos:
 - Limpiar las bases para evitar que la mezcla cause corrosión.
 - Lubricar el eje con aceite 220, como fue indicado.
 - Recuperar la semipila lo más rápido posible para evitar derrames.
 - No colocar en el equipo semipila con vaso dañado, para que funcione correctamente.

4.4.2. Montaje

El equipo debe ser armado en su totalidad antes de ser trasladado al lugar de su montaje, para evitar que la pintura se dañe por el traslado.

4.4.2.1. Ubicación

La ubicación para el equipo fue proporcionada por el Departamento de Producción en el área de trituración; en el capítulo anterior se muestra la distribución en planta, se escogió este lugar, porque es el cuarto donde se lleva el desperdicio generado en las máquinas básicas, con esto se tiene al alcance y sin traslados.

4.4.2.1.1. Preparativos para instalación

Para evitar costos adicionales debidos al tiempo de los mecánicos encargados de la instalación, se verificó que el área estuviera limpia de obstáculos, y se gestionaron los recursos necesarios para la instalación tales como extensión eléctrica, permisos y equipo.

4.4.2.2. Cimentación y anclaje

La cimentación y anclaje del equipo son acciones necesarias para evitar movimientos y vibraciones en el trabajo del mismo; los aspectos más importantes se comentan en los puntos siguientes.

4.4.2.2.1. Inspección de cimentación diseñada

Para revisar que la losa del cuarto de trituración donde se instaló el equipo de recuperación de partes de pila tenga las especificaciones de diseño de cimentación, se perforó un agujero de 3/4" de diámetro hasta alcanzar suelo blando.

Con esta inspección se encontró una losa de concreto de 20 centímetros de espesor, la cual es ideal para el funcionamiento del anclaje. Posterior a esto se procedió a sellar el agujero de inspección.

4.4.2.2.2. Supervisión anclaje

En bodega de repuestos fueron proporcionados los 4 anclajes Hilti de 3/8"; estos incluyen su tuerca y arandela de seguridad.

La perforación de la losa se hizo en 2 etapas primero se hizo un agujero de 1/4" por 2" de profundidad. En la segunda etapa se perforó con una broca de 3/8" también a 2" de profundidad; las brocas utilizadas son denominadas de concreto, debido a que tienen en la punta pastilla de tungsteno para poder perforar el concreto.

El anclaje se introdujo en los agujeros ya con la máquina en su lugar, hasta aproximadamente 3/4 de su largo; se colocó un nivel sobre el equipo y fue apretando las tuercas de los anclajes, verificando que la máquina quedará nivelada.

4.4.2.3. Instalaciones complementarias

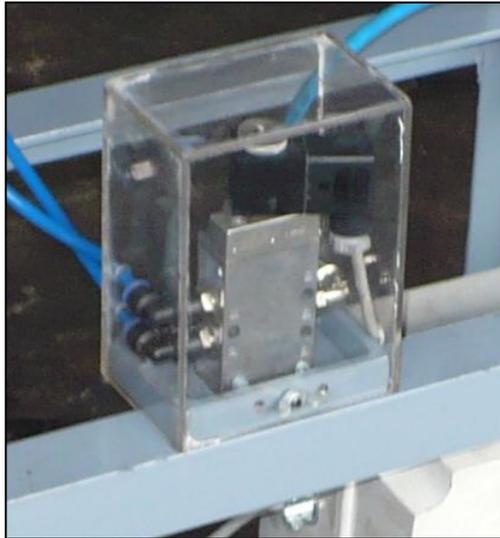
Las instalaciones necesarias para el funcionamiento del equipo son el suministro de aire comprimido y energía eléctrica, y se clasifican de la siguiente manera.

4.4.2.3.1. Neumática

La fábrica de pilas secas cuenta con una red de aire comprimido, en toda la planta de producción, por lo que se hizo la derivación hacia el equipo con tubería galvanizada de 1/2.

- Supervisión instalación neumática: tendiendo la toma de aire comprimido en el área se unió al equipo por medio de una manguera de 6 mm, se formó el circuito neumático del equipo con conectores marca Festo de rosca 1/8" y manguera de 6 mm. Los puntos importantes supervisados fueron:
 - Apretar adecuadamente los conectores para evitar fuga de aire en la rosca de los mismos.
 - El corte de manguera debe hacerse con tenaza especial, para evitar ángulos o cortes incorrectos que generen fugas.
 - Revisión de toda la instalación.
 - Fabricar una guarda para electroválvula, con el fin de evitar contaminación con polvo.

Figura 46. **Instalación neumática**



Fuente: fotografía electroválvula neumática.

4.4.2.3.2. Electricidad

Es necesaria una corriente de 120V, por lo que el departamento eléctrico instaló una toma de corriente con conector tipo candado, para evitar falsos contactos.

- Revisión instalación eléctrica: la instalación eléctrica tanto de fuerza como funcionamiento del equipo, fue realizada por el departamento eléctrico, revisándose los siguientes aspectos:
 - Comprobación de instalación en punto solicitado
 - Verificación de instalación de equipo eléctrico proporcionado en bodega

4.4.2.4. Ensayos

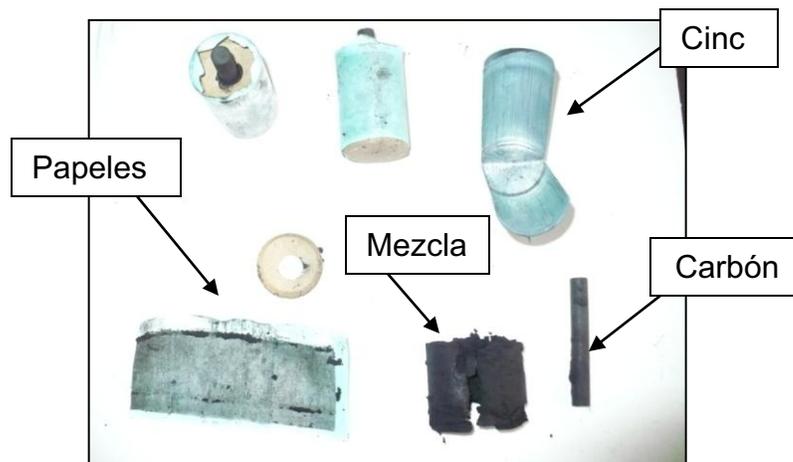
Ya con el equipo completamente instalado en el área de trabajo, se realizó la siguiente secuencia de verificación y ajustes:

- Revisión general de ajuste de uniones de partes
- Lubricación de partes móviles
- Ajuste de buril para corte
- Movimiento en vacío
- Pruebas de recuperación de partes de pila

4.4.2.4.1. Resultado pruebas

Se realizaron pruebas de funcionamiento para validar el diseño del equipo. En la siguiente ilustración se muestra las partes que pueden recuperarse con este dispositivo.

Figura 47. Partes de pila recuperada



Fuente: fotografía partes de pila.

4.4.2.4.2. Recomendaciones

El equipo diseñado permite la recuperación de partes de pila, las cuales como fue mencionado, son el producto de las máquinas básicas; esta actividad como todas aquellas que permiten el reciclaje de aquellos productos ya utilizados, contribuyen a disminuir la contaminación e innecesario uso de los recursos naturales; sin embargo, no debe olvidarse que es mejor no generar desperdicios aunque estos puedan reciclarse, por lo que la aplicación de una gestión eficaz del mantenimiento es mejor, para asegurar el buen funcionamiento de los equipos y así contribuir a este fin.

Es importante buscar mecanismos que al igual que esta iniciativa, permitan el reciclaje en todas las áreas de manufactura, pues siempre es posible lograr ahorros y mejor aún contribuir a mejorar el medio ambiente, evitando desperdiciar recursos que pueden ser reutilizados; por supuesto, sin olvidar el costo económico que esto implica.

4.4.2.4.3. Modificaciones

Realizadas las pruebas se generó la necesidad de instalar un regulador de caudal al cilindro neumático, para evitar que este al final de su ciclo de carrera generara vibración debido al impacto del émbolo.

5. EVALUACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE

5.1. Evaluación del programa

El programa ha permitido mejorar la gestión del mantenimiento en el Departamento de Máquinas Básicas, sin embargo, como todo proceso, este puede ser mejorado, lo más relevante del mismo es:

- Se mejoró la comunicación entre la gerencia, jefatura, supervisión y mecánicos del departamento, a través de las sesiones propuestas en el sistema de comunicación. La información fluye de mejor manera.
- El personal de mantenimiento de máquinas básicas conoce su descripción de puestos, a través de ella sabe cuál es su posición dentro de la organización y qué espera la misma de él.
- Se evaluaron los activos críticos del Departamento de Máquinas Básicas; esta evaluación permite enfocar los recursos por prioridad; muy importante en este punto es que se evaluaron los activos que son críticos para el medio ambiente.
- Muy importante es conocer cuáles son los repuestos críticos para la gestión del mantenimiento; esto se hizo para los repuestos de máquinas básicas, pues permite darle un control especial a los repuestos más importantes.

- El historial de mantenimiento ha servido para poder evaluar la gestión, por lo que ha sido muy importante tenerlo al día, pues de él pueden objetarse los índices de cumplimiento.
- El equipo de recuperación de partes de pila ha contribuido a dar una opción para el reciclaje del cinc como uno de los recursos más caros de la pila.

5.2. Logro de los objetivos

Estos se miden básicamente a través de mejoras en la productividad del departamento.

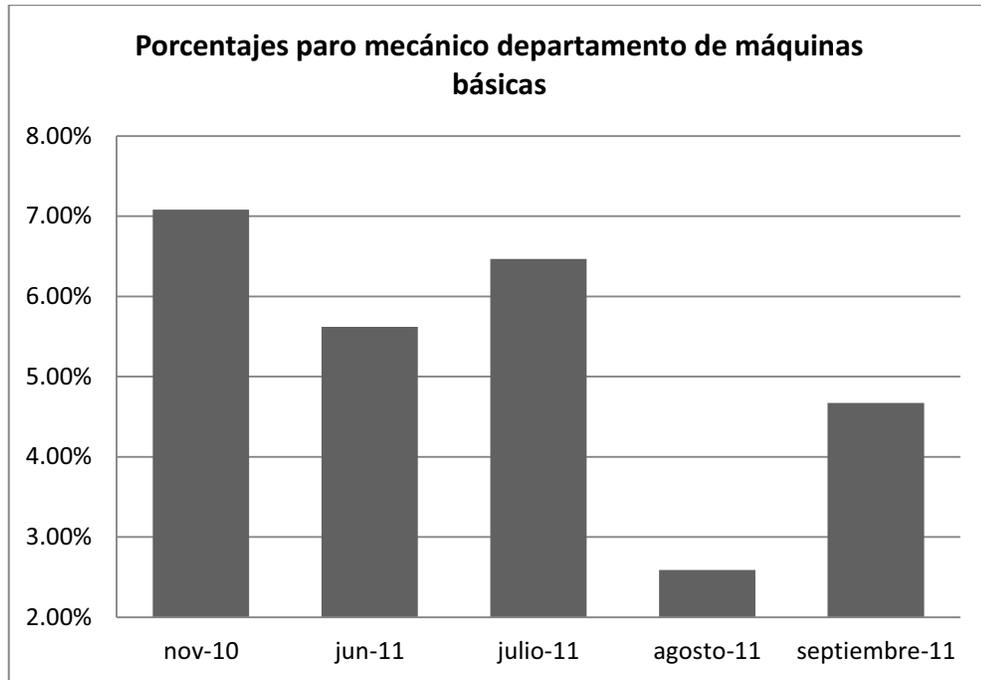
5.2.1. Beneficios en la productividad

Los beneficios obtenidos al aplicar la propuesta de un plan de mantenimiento se evidencia en la disminución de los paros mecánicos en la línea de máquinas básicas; esta disminución ha permitido el aumento en la productividad.

Los paros mecánicos en los meses anteriores a la aplicación del programa contribuían en promedio de 7%; durante la puesta en marcha de la propuesta los paros disminuyeron hasta alcanzar porcentajes promedio de 3.5%.

En la siguiente gráfica se muestran los porcentajes de los paros mecánicos en los meses de junio a septiembre de 2011 y su comparación con el mes de noviembre de 2010.

Figura 48. **Porcentaje paro mecánico**



Fuente: elaboración propia.

La disminución de los paros mecánicos ha contribuido al incremento de la productividad de la línea de máquinas básicas, evidenciándose el aumento de la eficiencia, lo cual puede verse en la gráfica de eficiencia presentada en el capítulo 4.

5.3. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible se presenta como una alternativa que garantiza la el crecimiento económico sostenido, pero en armonía y equilibrio con la naturaleza, como se acota en el informe socioeconómico elaborado en 1987, llamado Informe Bruntrland: “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”.

En este enfoque el mantenimiento, como acción, desde el punto de vista ambiental, tiene una importante contribución, debido a que tiene como una de sus funciones asegurar la fiabilidad de los equipos, lo que implica reducir los riesgos de ocurrencia de accidentes, como derrames, explosiones, emisiones tóxicas, etcétera. Y además también en el buen uso y manejo, los desechos que se producen en el accionar del mantenimiento propiamente dicho.

Este accionar del mantenimiento por supuesto lleva consigo la función de aumentar la productividad y conservación de los bienes de la empresa.

Los factores más comunes, identificados que pueden propiciar un impacto ambiental desde el mantenimiento son:

- La falta de mantenimiento: esto muchas veces debido en algunos casos a la poca importancia que se le da en la organización, pues equivocadamente muchos administradores consideran al mantenimiento un mal necesario y muchas veces un gasto; cuando en realidad es un aliado de la organización para alcanzar los objetivos de esta. Esta falta de interés puede generar consecuencias graves al medio ambiente pues maquinaria o instalaciones en mal estado son un peligro no solo para la salud humana sino para el medio ambiente. Es allí donde esta propuesta de gestión del mantenimiento enfatiza la necesidad de tener un control sobre los activos, repuestos, procedimientos, etc.

El buen estado de ellos, asegura su óptimo funcionamiento, previniendo los accidentes o mal funcionamiento y de esta forma se asegura el cuidado al personal y su medio ambiente.

- Errores humanos: en este sentido es en mantenimiento donde se manejan por lo general materiales tales como combustibles, lubricantes y solventes entre otros que pueden por un mal manejo dañar el ambiente. Debido a esto la propuesta de un plan de mantenimiento plantea la elaboración de procedimientos en las acciones críticas del departamento. Muchas veces por la falta de una guía o variación en el procedimiento establecido, se puede causar un daño a la ecología.
- La aplicación de políticas de mantenimiento incorrectas: es lamentable que a muchas empresas no les interese el problema ecológico, sin embargo en la fábrica de pilas secas existe una conciencia ecológica muy arraigada y la expresa en sus políticas, en especial de mantenimiento cuando habla de los enfoques del departamento “prevención...han de ser las primordiales herramientas” y muy en especial el aspecto ecológico y además “mantener en óptimas condiciones de funcionamiento la maquinaria y equipo.” Óptimas condiciones que aseguran no solo la productividad sino además el cuidado al medio ambiente.
- Procesos de mantenimiento no controlados: los procesos de mantenimiento son importantes y delicados, en manos del departamento están los activos de la empresa, así como el manejo de combustibles, lubricantes, etcetera. Por lo que un trabajo no controlado puede degenerar en un accidente ecológico o humano. Por lo que esta propuesta de gestión para el mantenimiento, sugiere el uso de procedimientos para las acciones críticas del mantenimiento.

La mejor forma de evitar los riesgos de un daño ambiental es la prevención, de esta manera la propuesta de gestión del mantenimiento plantea la determinación de:

- Equipo crítico: en esta determinación se incluye el análisis de si este es crítico para el medio ambiente.
- Proceso de mantenimiento crítico: en esta parte se propone crear el procedimiento para el mantenimiento y así evitar los errores humanos.

5.3.1. Modificaciones

La propuesta de un plan de gestión de mantenimiento no pretende ser la solución ideal para todos los procesos en la fábrica de pilas secas, por lo que debe modificarse o adaptarse a las diferentes áreas donde sea adoptado. Por lo que debe ser reevaluado y ajustado a la realidad de cada aplicación.

5.3.2. Ajustes

Es importante ajustar la propuesta de un plan de gestión de mantenimiento cuando cambie un factor dentro del mismo, tales como: modificación de la maquinaria, cambio de personal, cambio de la administración, etc.

5.3.3. Ciclo de revisiones sugeridas

La implementación de un plan de mantenimiento requiere de una revisión constante para asegurar que se estén cumpliendo los planes establecidos, si el

mantenimiento se realiza bien, incluso pasa desapercibido, por lo que no puede relajarse.

A continuación se sugiere la frecuencia en que debe ser revisado.

Tabla XXXIV. **Frecuencia revisiones**

Area de revisión	Frecuencia			
	mensual	trimestral	semestral	anual
Plan de gestión del mantenimiento				X
Sistema de comunicación	X			
Gestión recurso humano			X	
Gestión de activos		X		
Gestión Inventario repuestos			X	
Gestión de mantenimiento			X	

Fuente: elaboración propia.

5.4. Indicadores de control

Los indicadores son parámetros básicos que sirven para medir el funcionamiento de la gestión del mantenimiento.

5.4.1. Eficiencia

La eficiencia es la capacidad de poder disponer de alguien o algo para lograr un objetivo; en la línea de máquinas básicas se definirá como la relación porcentual entre lo producido y lo que debió de producirse en un lapso de tiempo determinado.

$$\text{Eficiencia} = \left[\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción ideal}} \right] \times 100$$

Donde la producción real es la producción obtenida durante el período de tiempo estipulado y la producción ideal es la producción que se debió de haber obtenido sin ningún tipo de paro o pérdida.

5.4.2. Porcentaje cumplimiento del plan

Este índice señalará cuánto se ha cumplido del plan de mantenimiento en la línea de máquinas básicas, se obtendrá de la división del número de tareas de mantenimiento realizadas, entre el número de tareas de mantenimiento programadas, durante un período de tiempo especificado.

$$\text{Porcentaje cumplimiento plan} = \left[\frac{\text{Tareas realizadas}}{\text{Tareas planificadas}} \right] \times 100$$

5.4.3. Porcentaje confiabilidad maquinaria

Este indicador se refiere a la seguridad o confianza de que un equipo funcione bien, sin fallas, durante un período de tiempo específico.

$$\text{Confiabilidad} = \left[\frac{\text{Tiempo muerto por falla}}{\text{Tiempo total programado}} \right] \times 100$$

5.4.4. Tiempo medio entre fallas

Este indicador es un índice que muestra el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. Se obtiene de dividir el tiempo total programado entre el número de fallas.

$$\text{Tiempo medio entre fallas} = \frac{\text{Tiempo total programado}}{\text{No. de fallas}}$$

5.4.5. Tiempo medio de reparación

Es el tiempo promedio que toma reparar el equipo después de una falla. Se encuentra dividiendo el tiempo de total de paro por falla entre el No. de fallas.

$$\text{Tiempo medio de reparación} = \frac{\text{Tiempo total de paro por falla}}{\text{No. de fallas}}$$

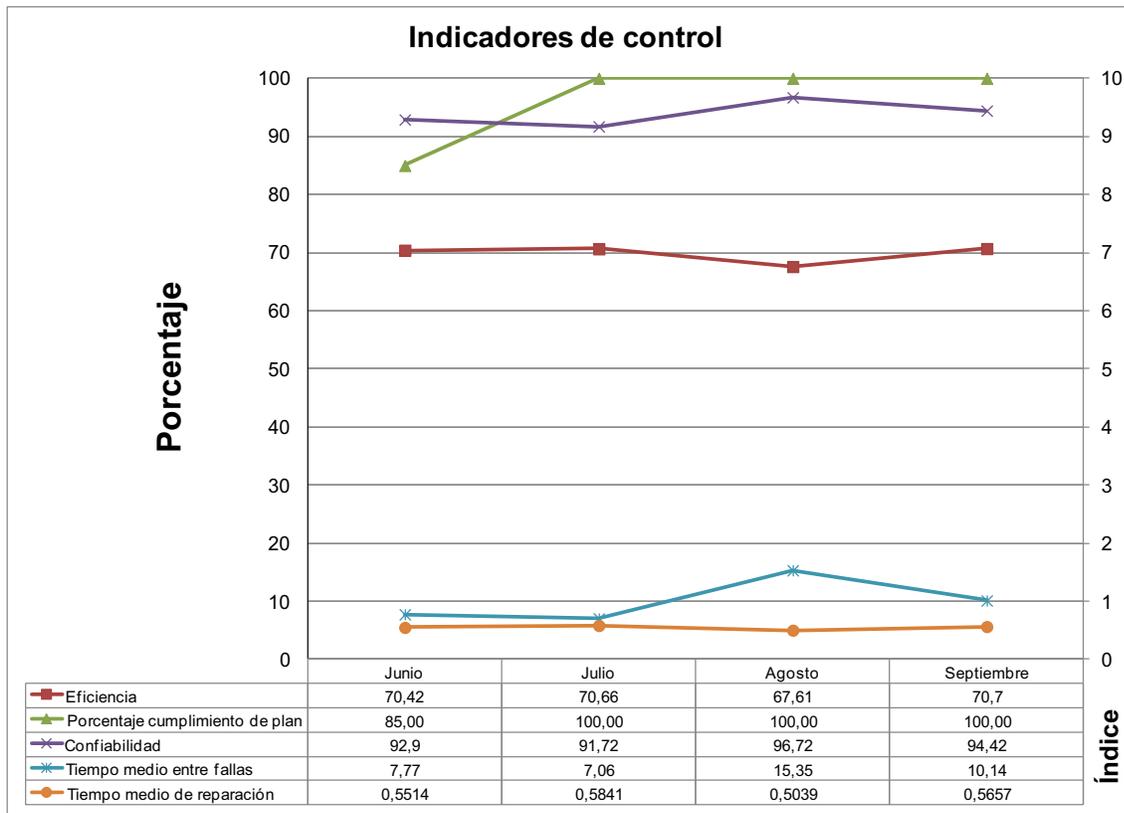
5.5. Beneficios del programa

Al aplicar la propuesta de gestión del mantenimiento se han registrado mejoras en los siguientes índices:

- Porcentaje cumplimiento de plan
- Confiabilidad
- Tiempo medio entre fallas
- Tiempo medio de reparación

En la siguiente gráfica se muestra la tendencia de los mismos durante los meses junio a septiembre de 2011; la mejora permitirá que el Departamento de Máquinas Básicas cumpla con el objetivo de mejorar la productividad.

Figura 49. Indicadores de control



Fuente: elaboración propia. Datos proporcionados por el Departamento de Mantenimiento.

La eficiencia durante este período analizado alcanzó en junio, julio y septiembre un porcentaje mayor al 70%, lográndose la meta proyectada.

El porcentaje de cumplimiento de plan fue de 100%, en tres de los cuatro meses analizados.

La confiabilidad de la maquinaria tuvo una tendencia al alza durante el periodo analizado.

El tiempo medio entre fallas aumentó, esto indica que las máquinas trabajan de forma más continua; hay más tiempo entre fallo y fallo.

El tiempo medio de reparación presenta una ligera disminución, lo que indica reparaciones más rápidas.

Los indicadores de control son datos que muestran de forma rápida y sencilla los beneficios de una gestión del mantenimiento.

5.6. Resumen situación actual

Durante la aplicación de la propuesta de un programa de gestión del mantenimiento se logró mejorar la comunicación dentro del personal del mantenimiento de la línea de máquinas básicas a través de las sesiones programadas; esta herramienta permite que los objetivos y planes sean transmitidos y conocidos a todos los niveles del mantenimiento del área.

El personal de mantenimiento conoció su posición dentro de la organización a través del organigrama y además lo que la organización espera de él por medio de su descripción de puesto; además se les capacitó en áreas básicas importantes a su puesto.

Se hizo un análisis de criticidad de activos que sirve de guía para la priorización de los mantenimientos dentro del departamento.

Al igual que con los activos, se revisó el inventario de repuestos haciéndose también un análisis de criticidad de repuestos, para que dentro del sistema de control de inventarios se le dé la prioridad adecuada a cada uno con base en su clasificación.

Se sentaron las bases para la gestión del mantenimiento debido a que se elaboraron los formatos para la solicitud de trabajos de mantenimiento, lo que permite un mejor orden y control de estos trabajos; también se presentó el formato de orden de trabajo, el cual sirve, además de permitir un mejor control, para sistematizar los trabajos dentro del departamento. También se elaboró el plan de mantenimiento para la línea de máquinas básicas, así como las rutinas de mantenimiento preventivo.

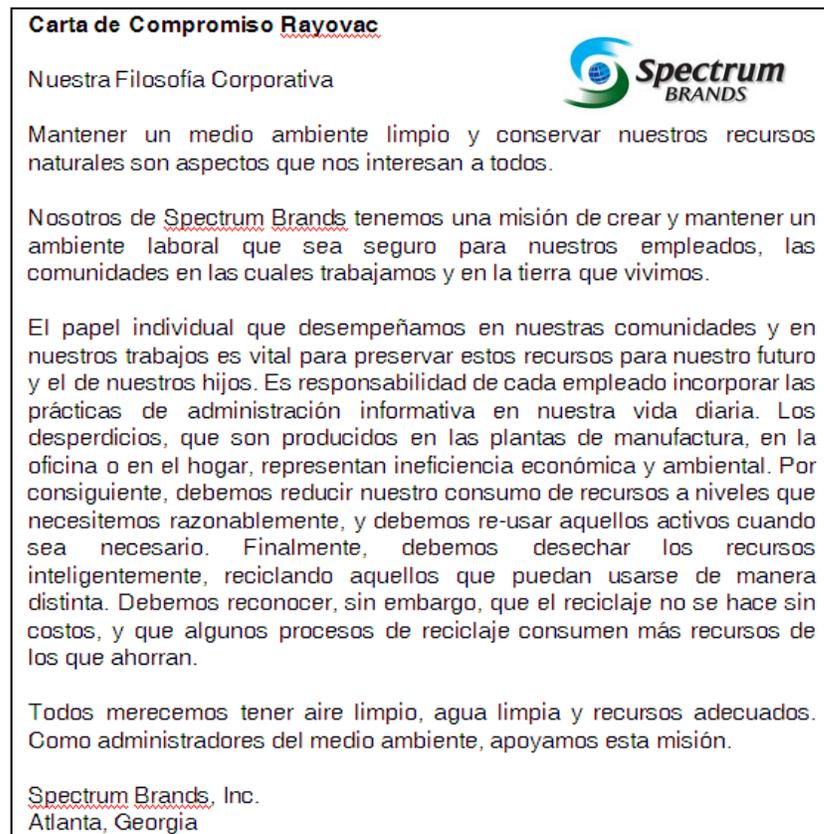
Se fabricó e instaló el dispositivo para recuperación de partes de pila; este equipo permite la recuperación de las partes de la pila en especial del cinc que es uno de los componentes más caros.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Conciencia ecológica de la empresa

Rayovac Guatemala, S. A. es una empresa con una profunda conciencia ecológica la cual queda de manifiesto en la carta de compromiso emitida por Rayovac como parte de la corporación Spectrum Brands:

Figura 50. Carta de compromiso



Fuente: Spectrum Brands, Inc.

6.2. Análisis del manejo de desechos y subproductos antes del programa

Como fue mencionado en el capítulo 1, los desechos y subproductos del Departamento de Máquinas Básicas pueden clasificarse en 3 grupos:

- Papeles
- Semipilas
- Lubricantes

El grupo de papeles y lubricantes son vendidos a servicios externos, quienes lo manejan para su reciclaje.

Mientras que las semipilas son recolectadas para ser llevadas de forma segura a un relleno sanitario.

El mercado de reciclaje de papeles y metales férricos es grande en Guatemala, lo que ha permitido tener un programa sostenible de recolección de papeles de desperdicio en la línea de máquinas básicas. El manejo de este proceso ha quedado en manos de una empresa externa que de común acuerdo con la administración de la fábrica tiene personal autorizado que recolecta los desperdicios diariamente en el departamento, prepara pacas compactadas y flejadas del material, para ser cargadas en los vehículos de la empresa recolectora.

Esta forma de manejar los desechos ha beneficiado a la fábrica de pilas secas, pues no incurre en gastos adicionales para su manejo y además no pierde la perspectiva de su función que es fabricar pilas, perspectiva que busca en su quehacer diario, por supuesto disminuir los desperdicios.

6.3. Mejoras en el manejo de desechos y subproductos durante el programa

La presente propuesta contribuye a mejorar, con base en los siguientes puntos:

- Ordena las actividades de mantenimiento, enfocando los recursos en la maquinaria crítica para que esta funcione de mejor manera, evitando fallas que a la postre disminuyen la producción y generan desperdicios.
- Mejora la comunicación de los planes de mantenimiento, lo que contribuye a enfocar las actividades en las prioridades y metas de la organización, permitiendo así la generación de ideas y soluciones para un mejor desempeño de la maquinaria, incluyendo la reducción de desperdicios.
- Lista los repuestos críticos para el buen desempeño de la maquinaria, el seguimiento a la calidad de fabricación y los ajustes y acabados de los repuestos, lo cual contribuye a que las máquinas no fallen y den el rendimiento para el cual fueron diseñados.
- Con la construcción del equipo de recuperación de partes de pila, se contribuye a dar opciones para el reciclaje de la pila rechazada eléctricamente de la línea, pues al desensamblar la pila se hace posible reciclar cinc, carbón y papeles que de otra forma no es posible y además existe la posibilidad de reutilizar la mezcla de sus componentes, por lo que este equipo se presenta como una solución a este tipo de desperdicio.

6.4. Beneficios ambientales debidos al programa

Los beneficios pueden dividirse en las siguientes categorías:

- Reducción de desperdicios: este beneficio se alcanza por parte de mantenimiento al contribuir a la reducción de paros mecánicos, estas paradas tienen como resultado la baja en la productividad y peor aún la generación de desperdicios. Debe ser en cuanto al ambiente uno de los objetivos de la gestión del mantenimiento de una planta industrial, pues no es solución absoluta la búsqueda de reciclaje sino mejor aún la disminución de los desperdicios.

A este fin también contribuyó el sistema de comunicación propuesto, pues el conocimiento de los objetivos y más aún de los porcentajes de desperdicio, permitieron enfocar los recursos tanto humanos como económicos en la búsqueda de soluciones a los mayores causantes de residuos. En esta misma línea también la gestión del inventario de repuestos ayuda, pues al identificar los repuestos críticos se han monitoreado de mejor forma y evita que una mala fabricación, un mal ajuste o acabado permita la generación de desperdicios.

- Reciclaje: no pudiendo disminuir a cero los desperdicios, el reciclaje se presenta como una opción. En este sentido, se contribuye con la fabricación del equipo para recuperación de partes de pila; este equipo permite desensamblar las partes de la semipila rechazada eléctricamente en las máquinas básicas. Al descomponer la semipila en sus componentes se obtiene cinc, carbón y papeles, los cuales pueden ser reciclados.

- Reutilización: como un beneficio adicional al desensamblar la pila en el equipo de recuperación se obtiene también la mezcla que permite la reacción química; esta mezcla no puede ser descompuesta en sus partes originales pero sí puede reutilizarse como material neutro en la realización de los pesados de materiales para nuevas pilas.

6.5. Medidas de mitigación

La fábrica de pilas, consciente de los problemas ambientales, busca reducir la vulnerabilidad ecológica por medio de la reducción de los desperdicios generados en su planta industrial.

También promueve el reciclaje y reutilización de los mismos de forma segura, por lo que ha contratado una empresa responsable del manejo de estos programas.

La semipila que no puede ser reciclada, se tritura y de forma segura se lleva a un relleno sanitario, para evitar que se maneje de forma incorrecta.

CONCLUSIONES

1. Actualmente la fábrica de pilas secas maneja los desechos bajo las normas y reglamentos vigentes en el país; sin embargo se ha convertido en una meta, para la administración, alcanzar estándares de protección ambiental que sobrepasen las leyes actuales en beneficio de la naturaleza.
2. Existen dos grandes divisiones del mantenimiento: el planeado y el que no es planificado. Una buena gestión del mantenimiento debe buscar el primero; esta propuesta de gestión se basa en un programa que cubre los aspectos más importantes para alcanzar el objetivo de reducir los paros no programados.
3. La fabricación e instalación del equipo para recuperación de partes de pila generará un beneficio de Q 1 353,60 en tres años a una tasa de 10%, además de recuperar la inversión.
4. La reducción de daños al medio ambiente por acciones de los procesos de mantenimiento, se sustenta en la realización de la propuesta de gestión constituida por un sistema de comunicación; gestión de recurso humano, activos, repuestos y administración del mantenimiento.
5. La posible contaminación debida al desperdicio de semipila, se elimina por medio del equipo de para recuperación de partes, constituyéndose como posibilidad para reciclar la mayoría de sus componentes.

6. El costo-beneficio del equipo de recuperación es de 1,01; lo que lo viable económicamente como alternativa de inversión en la búsqueda de reciclaje de desperdicio.
7. El buen funcionamiento de la maquinaria del Departamento de Máquinas Básicas está basado en la aplicación de una gestión de mantenimiento, que se enfoca no solo en las acciones propiamente de conservación, sino además es consciente de que el manejo adecuado de los recursos redundará en un beneficio ambiental.
8. El reciclaje de las partes de semipila contribuye directamente con el desarrollo sostenible de la productividad, pues además de fomentarse la disminución de los desperdicios, los que se generan podrán reprocesarse.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un plan de acción para difundir a los otros departamentos la importancia de tener una gestión del mantenimiento que contribuya al desarrollo sostenible de la productividad.
2. Buscar en el mercado local alternativas al proceso de reciclaje de materiales y desperdicios, así como buscar el mejoramiento de los procesos que se desarrollan actualmente.
3. Delinear un plan para continuar con la capacitación del personal operativo de máquinas básicas en temas de mantenimiento de la maquinaria, con el fin de que este contribuya al buen funcionamiento de la misma y a la búsqueda de la reducción de desperdicios.
4. Destinar un porcentaje de los beneficios esperados con el equipo de recuperación de partes de pila, para el desarrollo de nuevos prototipos, que al igual que este, aporten soluciones a los manejos de desechos en la fábrica.
5. Desarrollar un plan de divulgación y seguridad industrial en el manejo de los desechos y proceso que tengan un peligro ambiental.
6. Crear un comité que se encargue de supervisar que los procedimientos de manejo de desechos se esté llevando adecuadamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA GARRIDO, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. España: Díaz de Santos, 2003. 299 p.
2. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco Javier. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. 2a ed España: Fundación Confemetal, 2005. 569 p.
3. HAMILTON, Alexander. *Prácticas modernas de reducción de costos*. Estados Unidos: Alexander Hamilton Institute, 1977. 225 p.
4. MARROQUÍN HERNÁNDEZ, Emerson. *La planeación estratégica aplicada a una empresa farmacéutica como herramienta para incrementar la productividad*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 118 p.
5. MCKEOWN, Rosalyn. *Manual de educación para el desarrollo sostenible*. Estados Unidos: Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos, 2002. 172 p.
6. REYES PONCE, Agustín. *Administración de personal*. México: Limusa, 1983. 235 p.

7. ROBBINS, Stephen. *Administración teoría y práctica*. México: Prince Hall Hispanoamericana, 1992. 758 p.
8. SOURIS, Jean Paul. *Mantenimiento fuente de beneficios*. España: Ediciones de Organización, 1990. 179 p.
9. VALLE MÉRIDA, Oscar Roberto. *Implementación del programa mantenimiento productivo total*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 165 p.

ANEXOS

Anexo 1. Plano ensamble

ELEMENTO	NOMBRE	DESCRIPCION
A	ESTRUCTURA BASE	VER HOJA 2 Y 3
B	EJE PORTA BURIL	VER HOJA 9
C	LLAVE CASTIGADOR	VER HOJA 10
D	CUNA	VER HOJA 11
E	BASE PORTA SEMPILA	VER HOJA 12
F	ELECTROVALVULA ENCAJUELADA	VER HOJA 13 Y 20
G	BURIL DE CORTE	VER HOJA 14
H	CILINDRO NEUMATICO	VER HOJA 15
I	BOTONERA	VER HOJA 16
J	REGISTRO ELECTRICO	VER HOJA 16
K	MANIGUERAS	6mm
L	MANGUERA DE ALIMENTACION	8mm
M	CABLE ELECTRICO	AWG/MSTYLE 25/17
N	CONEXION ELECTRICA	CABLE 14 AWG
O	SEMPILA	
P	BANDEJA	

CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES
CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES
00	10 00	10 00	10 00
000	10 00	10 00	10 00
0000	10 000	10 000	10 000
CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES
CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES	CONDICIONES

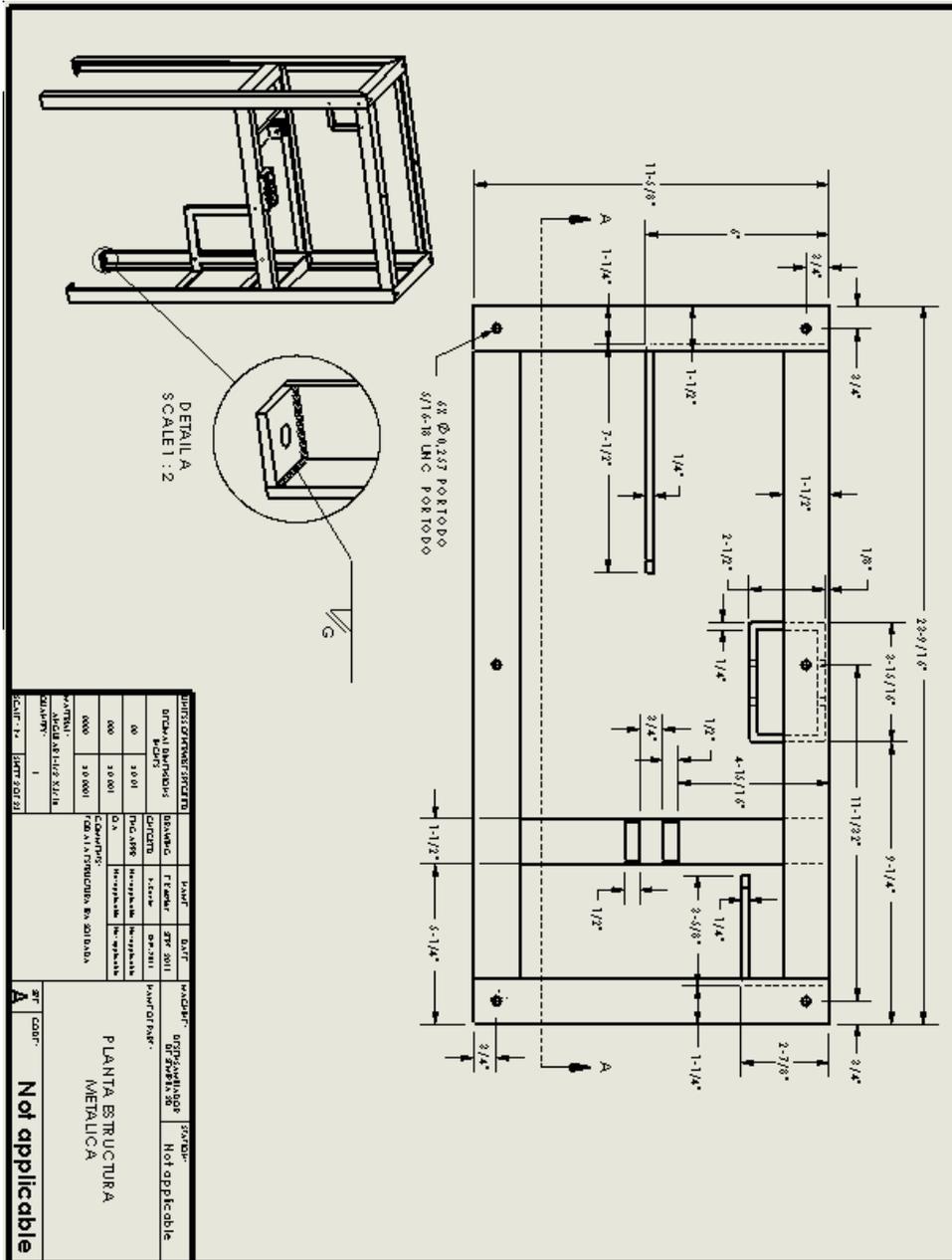
ENSAMBLE EQUIPO PARA RECUPERACION DE PARTES DE PILA

ENSAMBLE EQUIPO PARA RECUPERACION DE PARTES DE PILA

Not applicable

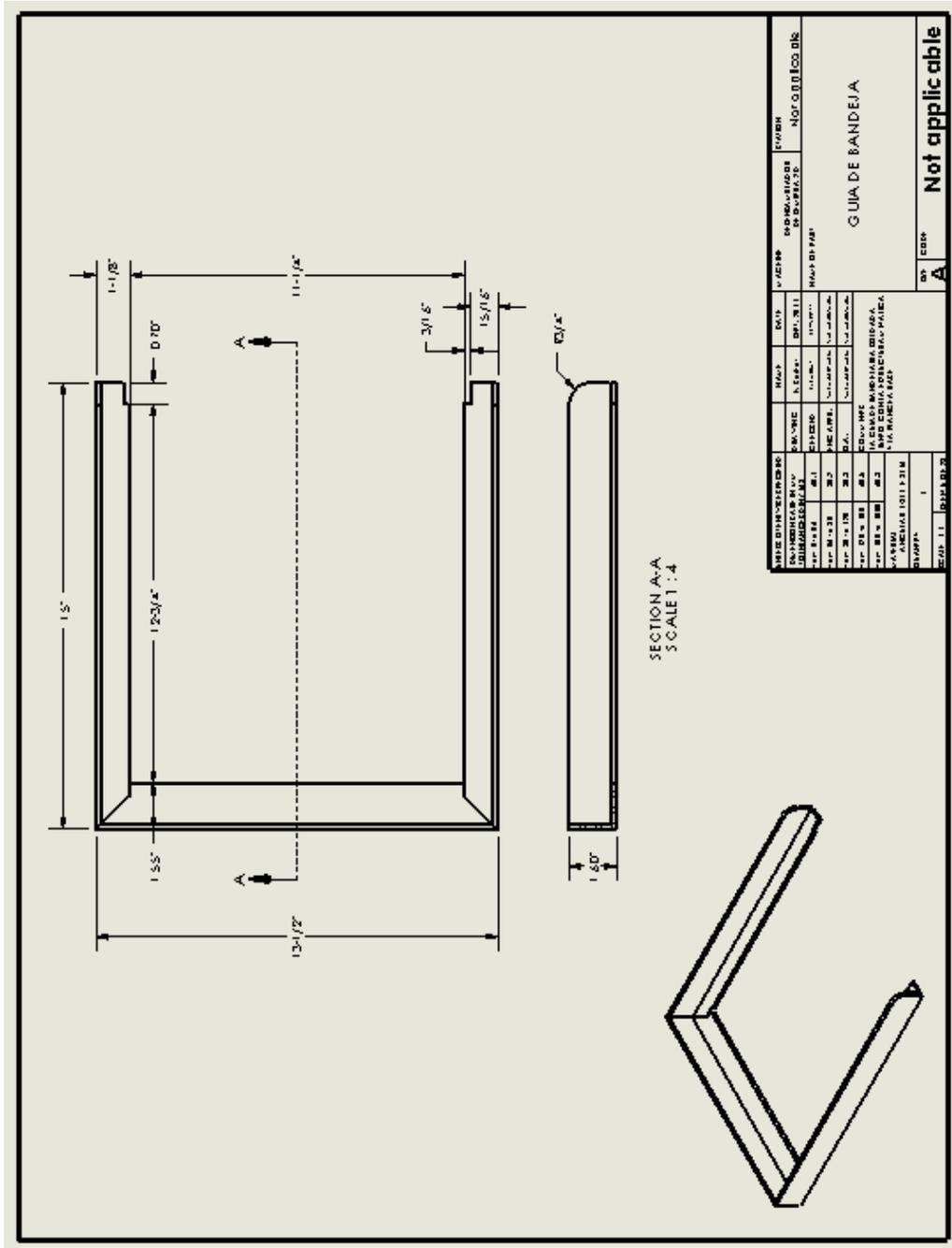
Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Planta estructura metálica



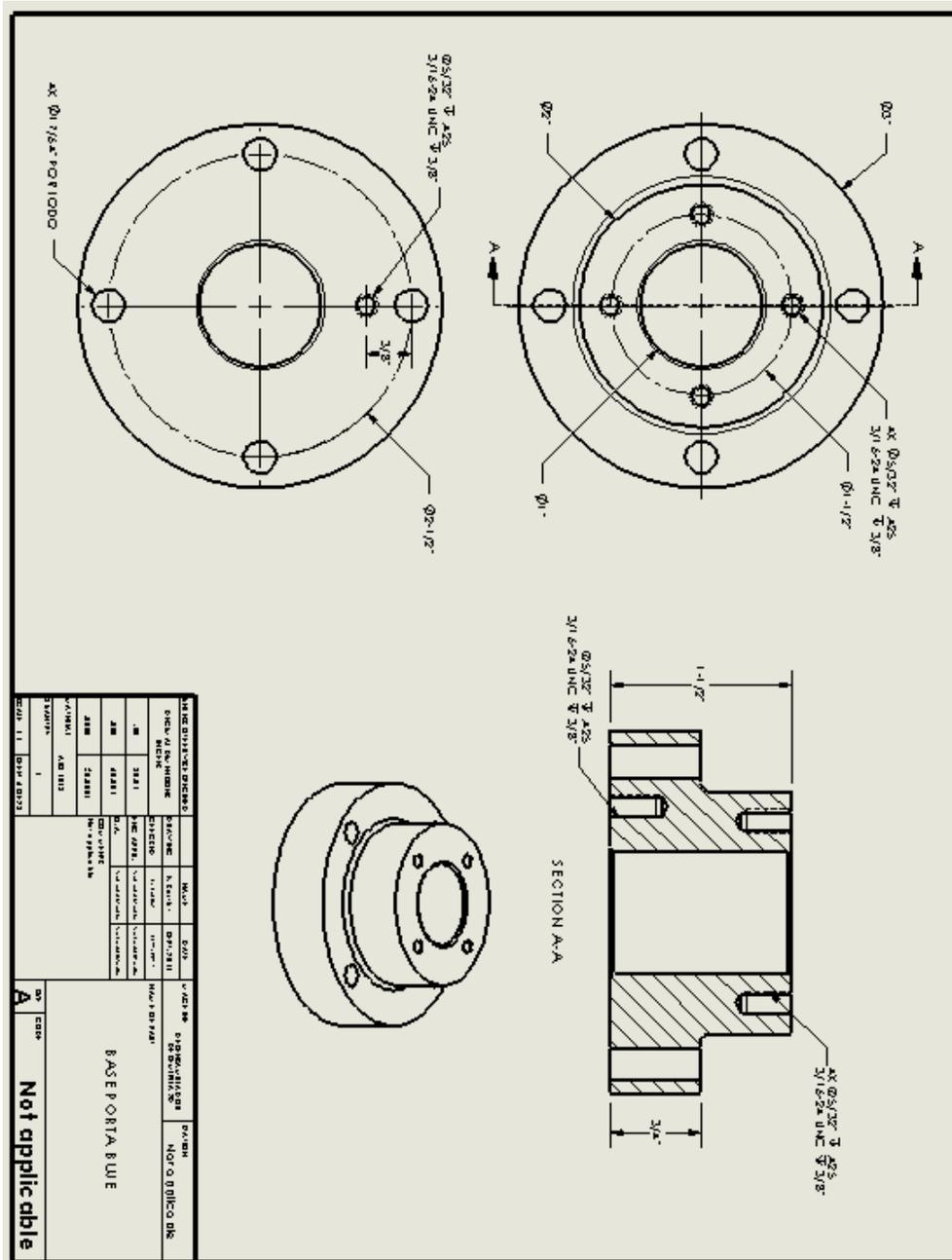
Fuente: elaboración propia.

Anexo 5. Guía de bandeja



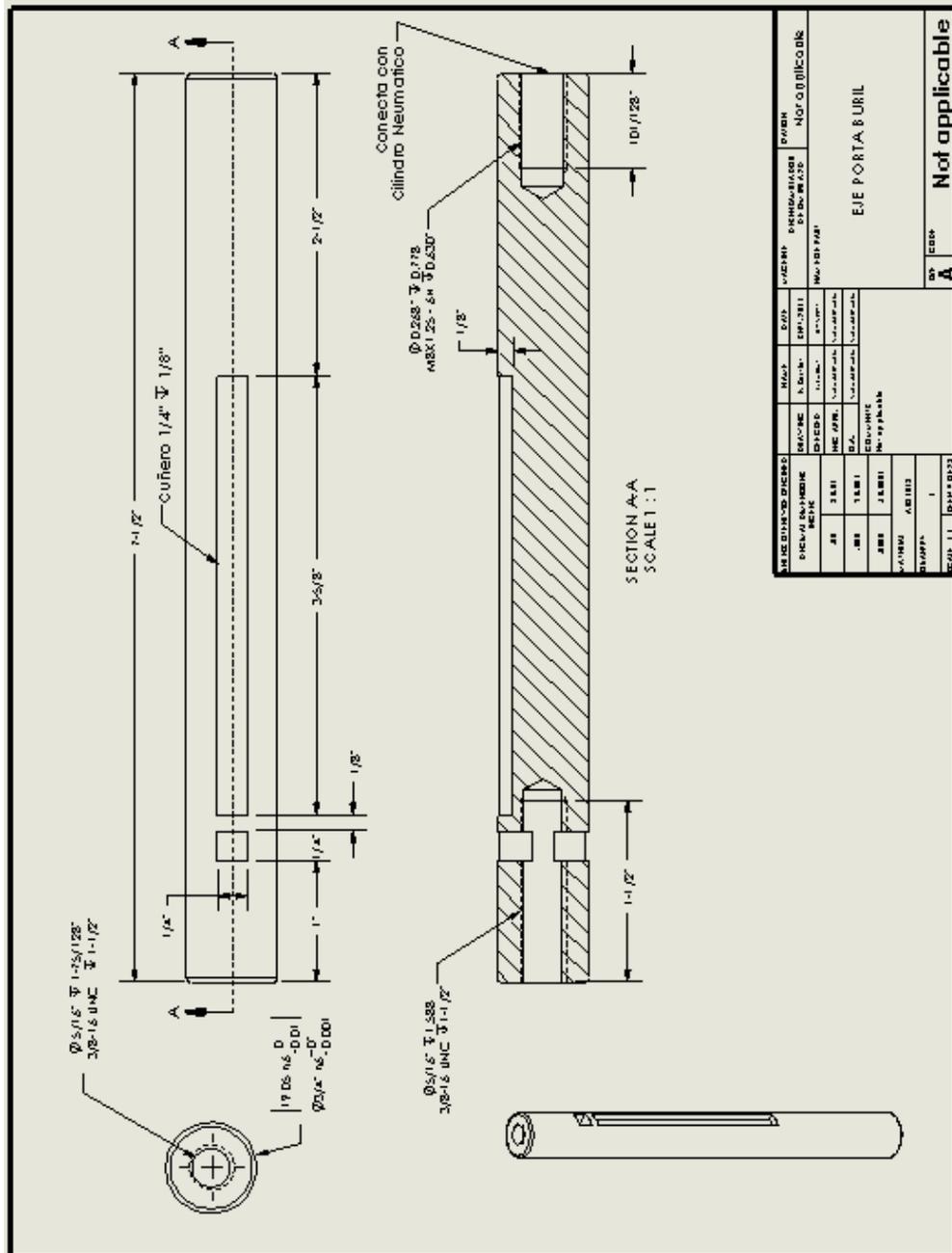
Fuente: elaboración propia.

Anexo 6. Base portabuje



Fuente: elaboración propia.

Anexo 9. Eje portaburil



INDICACIONES	DESEÑO	REVISOR	PROY.	NO.	FECHA	PROY.
1						

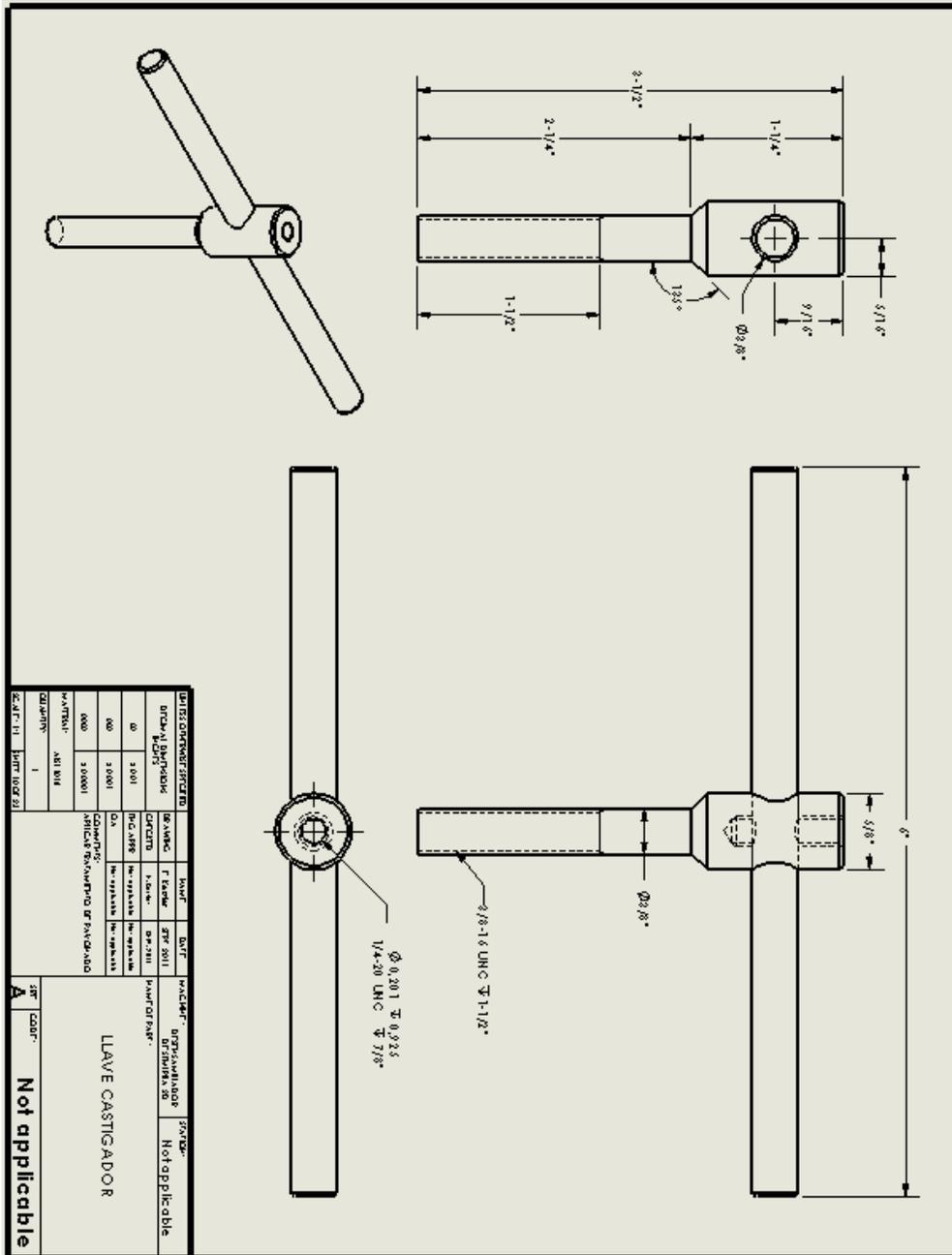
REVISIONES	DESCRIPCION	FECHA
1		

PROYECTO	INDICACIONES	FECHA
EJE PORTABURIL		

PROYECTO	INDICACIONES	FECHA
EJE PORTABURIL		

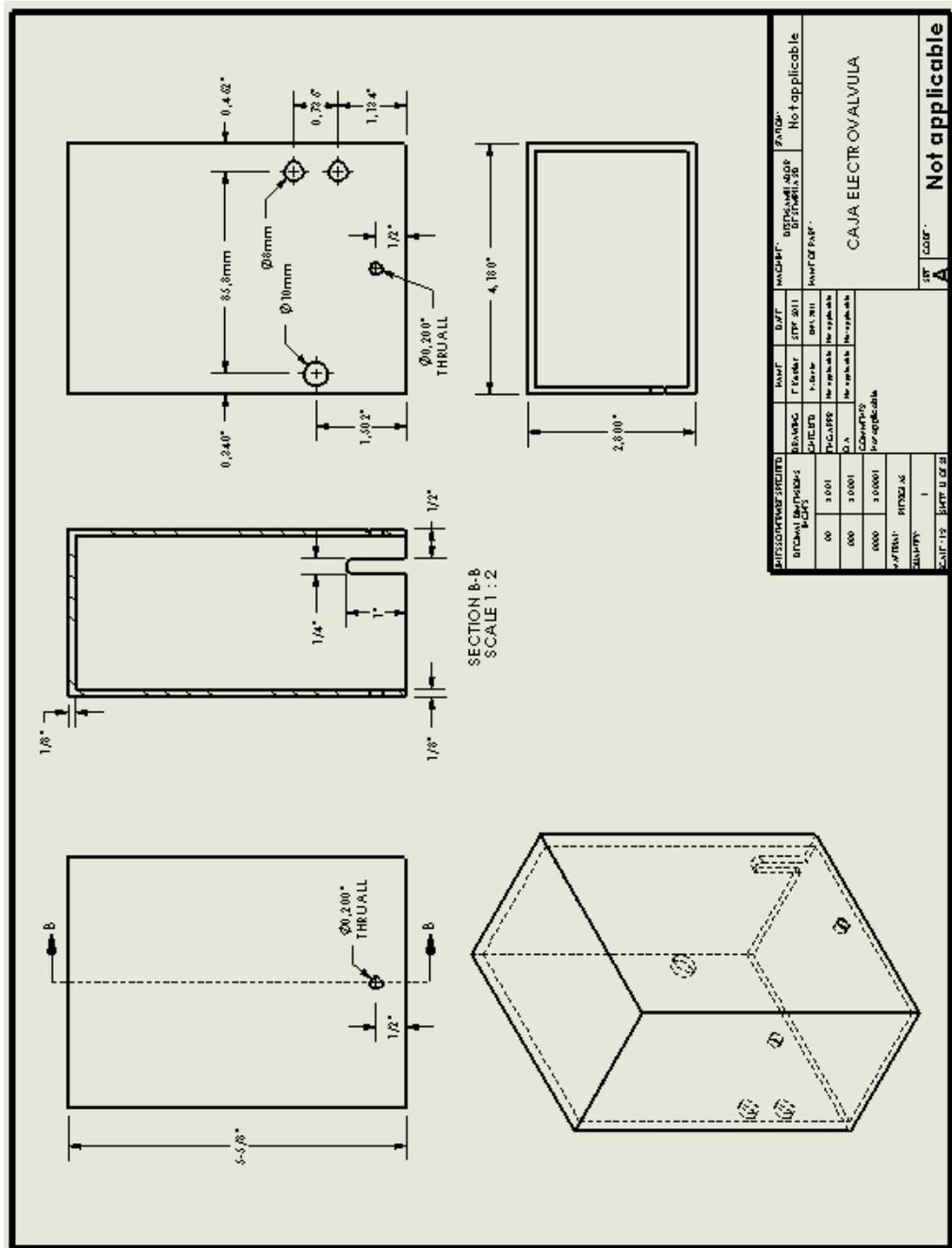
Fuente: elaboración propia.

Anexo 10. Llave castigador



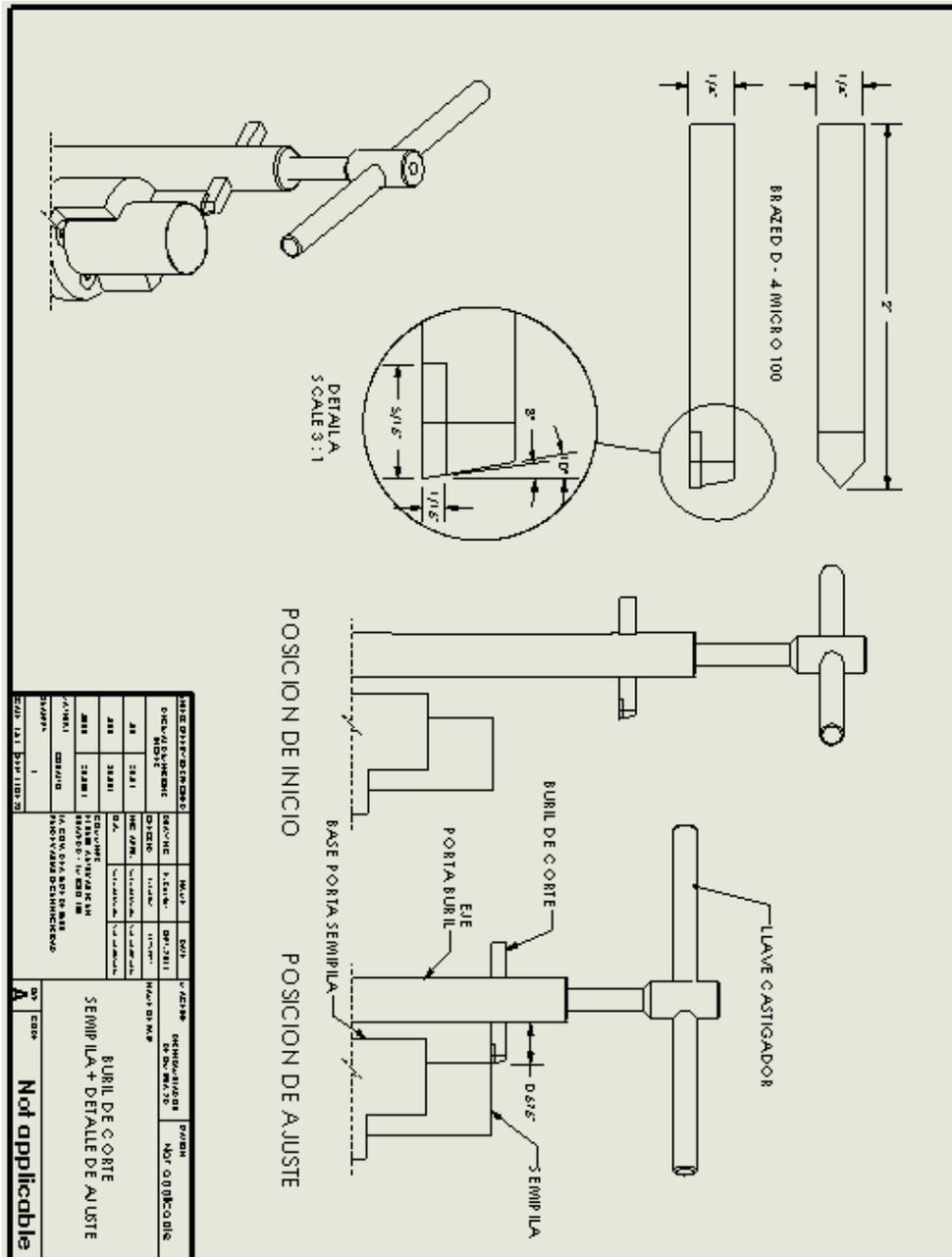
Fuente: elaboración propia.

Anexo 13. Caja electroválvula



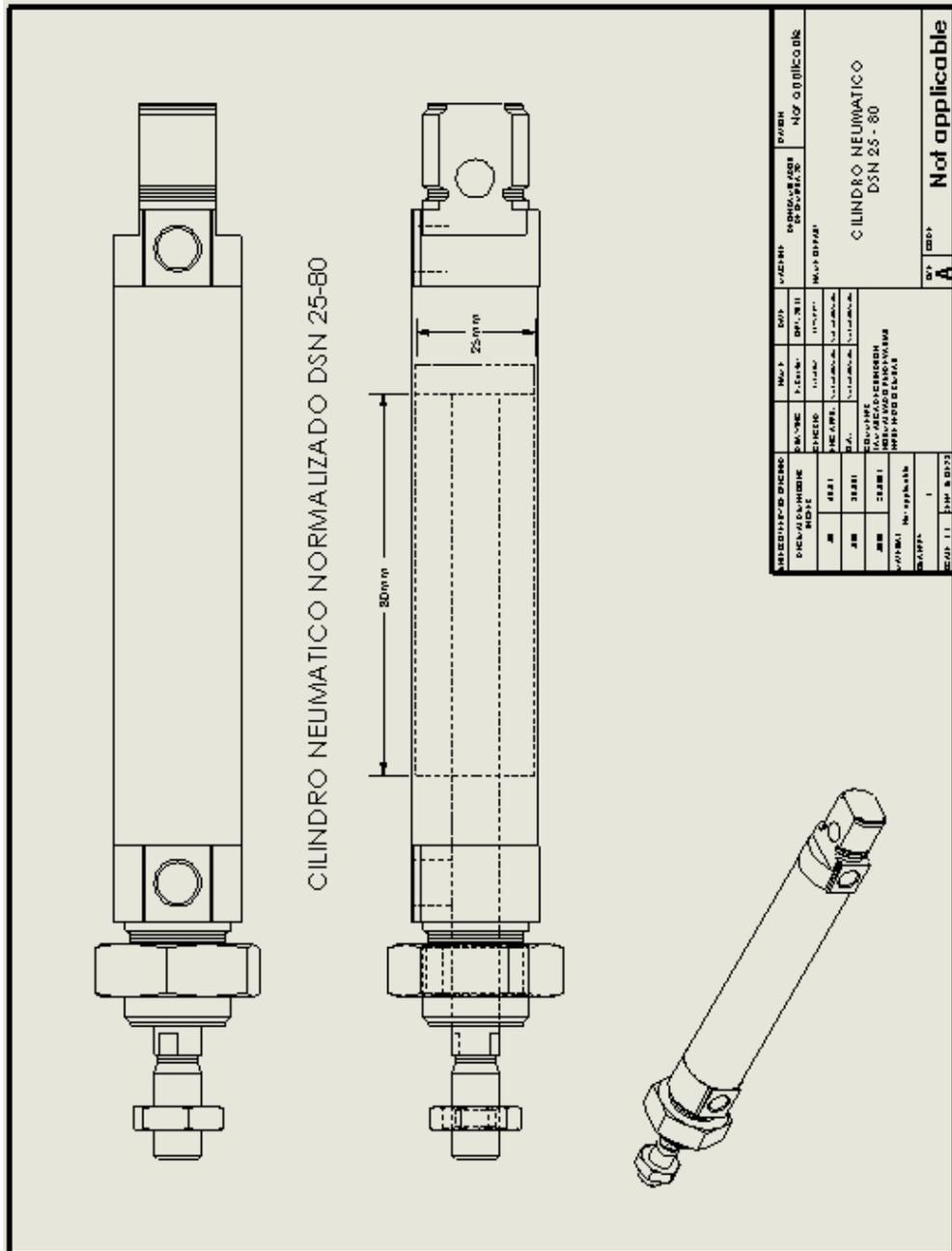
Fuente: elaboración propia.

Anexo 14. Buril de corte sempilla



Fuente: elaboración propia.

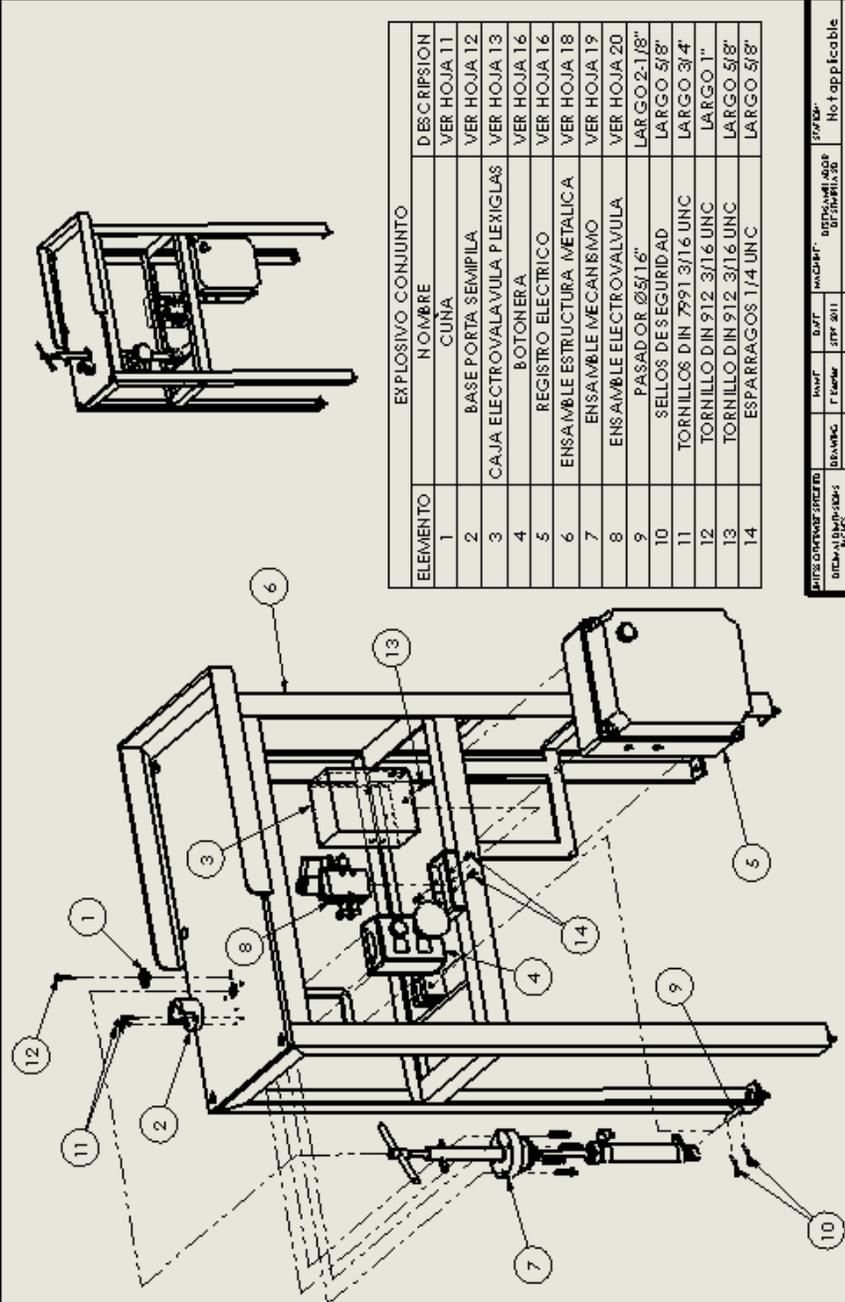
Anexo 15. Cilindro neumático



DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO
DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO					DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	
DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO						DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	
DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO						DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	
DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO						DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	
DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO						DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO DISEÑO DE DISEÑO	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 17. Explosivo conjunto



ELEMENTO	HOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	CUNA	VER HOJA 11
2	BASE PORTA SEMPILA	VER HOJA 12
3	CAJA ELECTROVALVULA PLEXIGLAS	VER HOJA 13
4	BOTONERA	VER HOJA 16
5	REGISTRO ELECTRICO	VER HOJA 16
6	ENSAMBLE ESTRUCTURA METALICA	VER HOJA 18
7	ENSAMBLE MECANISMO	VER HOJA 19
8	ENSAMBLE ELECTROVALVULA	VER HOJA 20
9	PASADOR Ø5/16"	LARGO 2-1/8"
10	SELLOS DE SEGURIDAD	LARGO 5/8"
11	TORNILLOS DIN 7991 3/16 UNC	LARGO 3/4"
12	TORNILLO DIN 912 3/16 UNC	LARGO 1"
13	TORNILLO DIN 912 3/16 UNC	LARGO 5/8"
14	ESPARRAGOS 1/4 UNC	LARGO 5/8"

PROYECTO	NO. DE DISEÑO	NO. DE REVISIÓN	FECHA	NO. DE HOJAS	TOTAL DE HOJAS
EXPLOSIÓN	1000	1	10/10/10	1	1

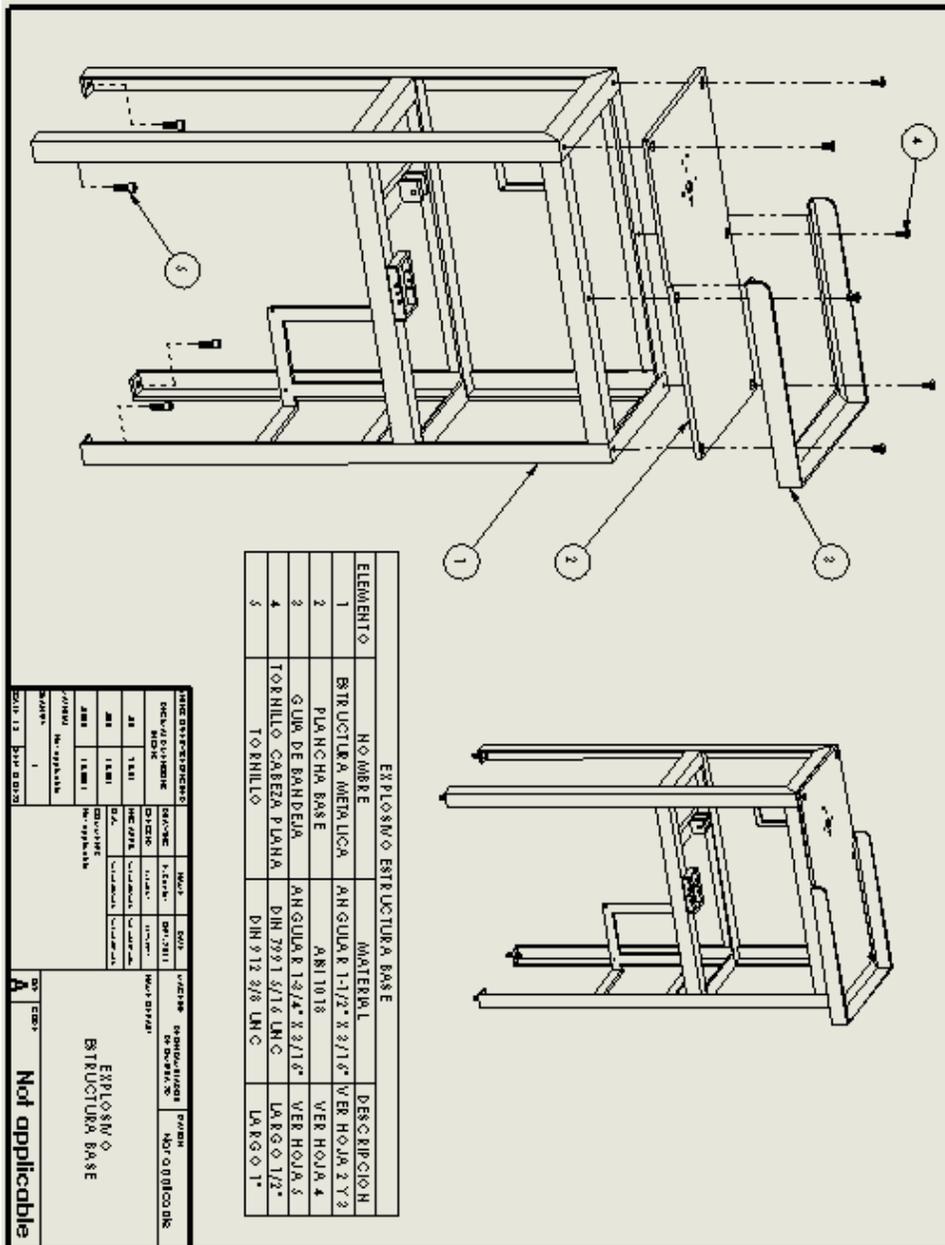
EXPLOSIVO CONJUNTO

A

Not applicable

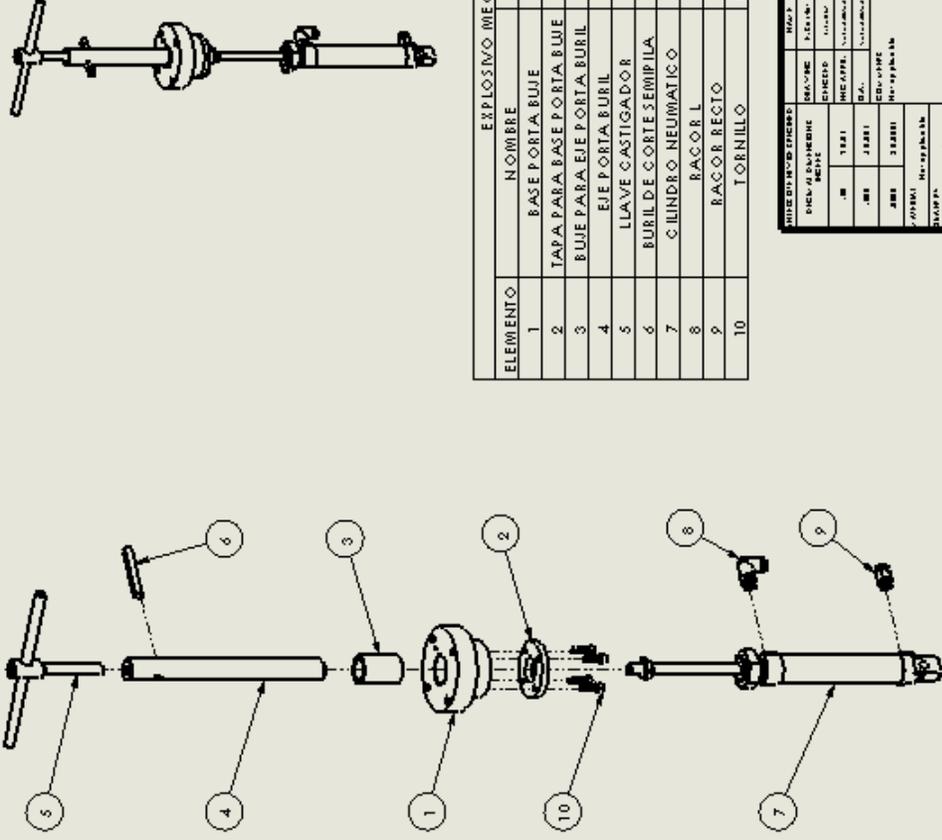
Fuente: elaboración propia.

Anexo 18. Explosivo estructura base



Fuente: elaboración propia.

Anexo 19. Explosivo mecanismo



ELEMENTO	NOMBRE	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
1	BASE PARA BUJE	AB11018	VER HOJA 6
2	TAPA PARA BASE PORTA BUJE	AB11018	VER HOJA 7
3	BUJE PARA EJE PORTA BURIL	SAE 660	VER HOJA 8
4	EJE PORTA BURIL	AB11018	VER HOJA 9
5	LLAVE CASTIGADOR	AB11018	VER HOJA 10
6	BURIL DE CORTE SEMIPILA	COBALTO	VER HOJA 14
7	CILINDRO NEUMÁTICO		VER HOJA 15
8	RACOR L		VER HOJA 20
9	RACOR RECTO		VER HOJA 20
10	TORNILLO	DIN 912 3/16 UNC	LARGO 5/8"

INDICADOR DE ESTADO	REVISIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	OTRO
1						

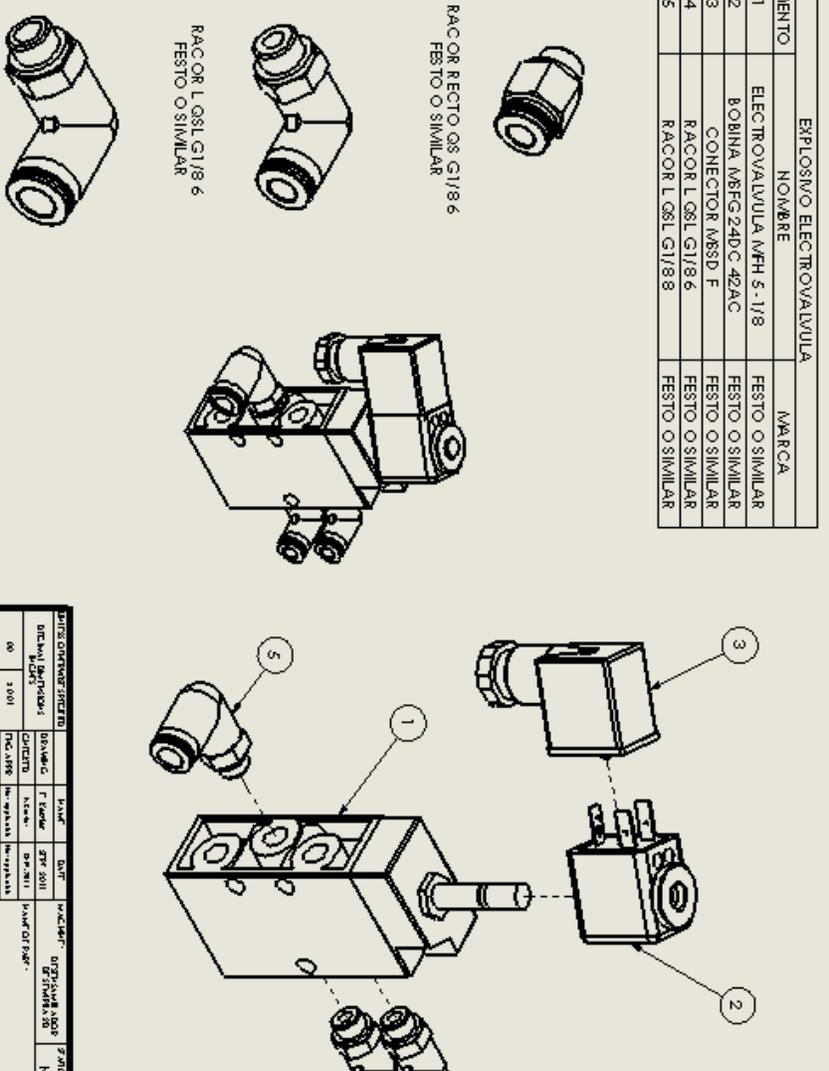
EXPLOSIVO MECANISMO

Not applicable

Fuente: elaboración propia.

Anexo 20. Explosivo aditamentos neumáticos

ELEMENTO	NOMBRE	MARCA
1	ELECTROVALVULA W/FH 5 - 1/8	FESTO O SIMILAR
2	BOBINA M8FG 24DC 42AC	FESTO O SIMILAR
3	CONECTOR M8SD F	FESTO O SIMILAR
4	RACOR L QSL G1/8 6	FESTO O SIMILAR
5	RACOR L QSL G1/8 8	FESTO O SIMILAR



RACOR RECTO QS G1/8 6
FESTO O SIMILAR

RACOR L QSL G1/8 6
FESTO O SIMILAR

RACOR L QSL G1/8 8
FESTO O SIMILAR

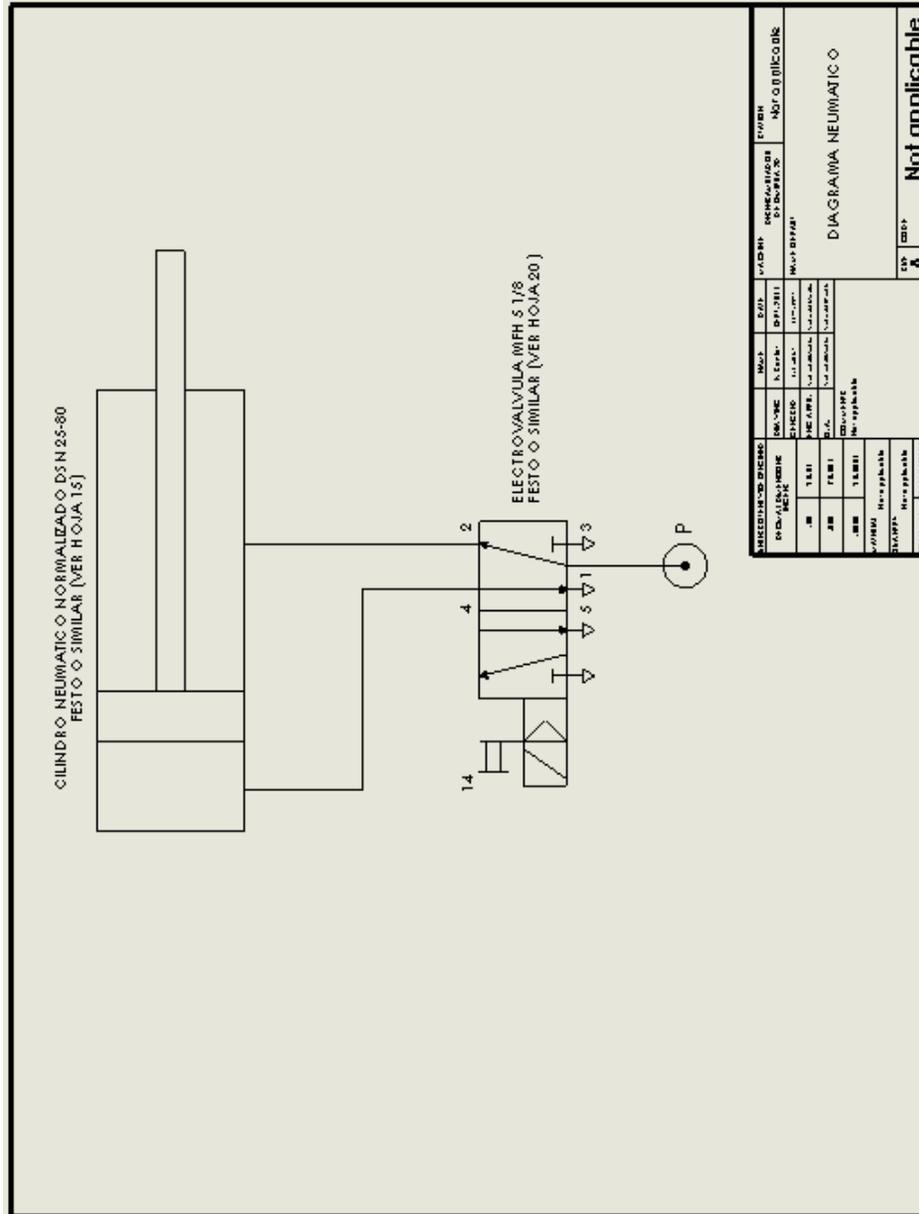
PARTES DESTACADAS/DESTACADO		TIPO	DATE	INCIDENTE	OPORTUNIDAD	STATUS
DESCRIPCIÓN DE PARTES	DESCRIPCIÓN	F. FORM.	REV. 001	Hand of part	OPORTUNIDAD	No applicable
00	1.001	INCIDENTE	INCIDENTE	Hand of part	OPORTUNIDAD	No applicable
000	1.0001	INCIDENTE	INCIDENTE	Hand of part	OPORTUNIDAD	No applicable
0000	1.00001	INCIDENTE	INCIDENTE	Hand of part	OPORTUNIDAD	No applicable

EXPLOSIVO O ELECTROVALVULA,
RACORES Y PULSADOR

Not applicable

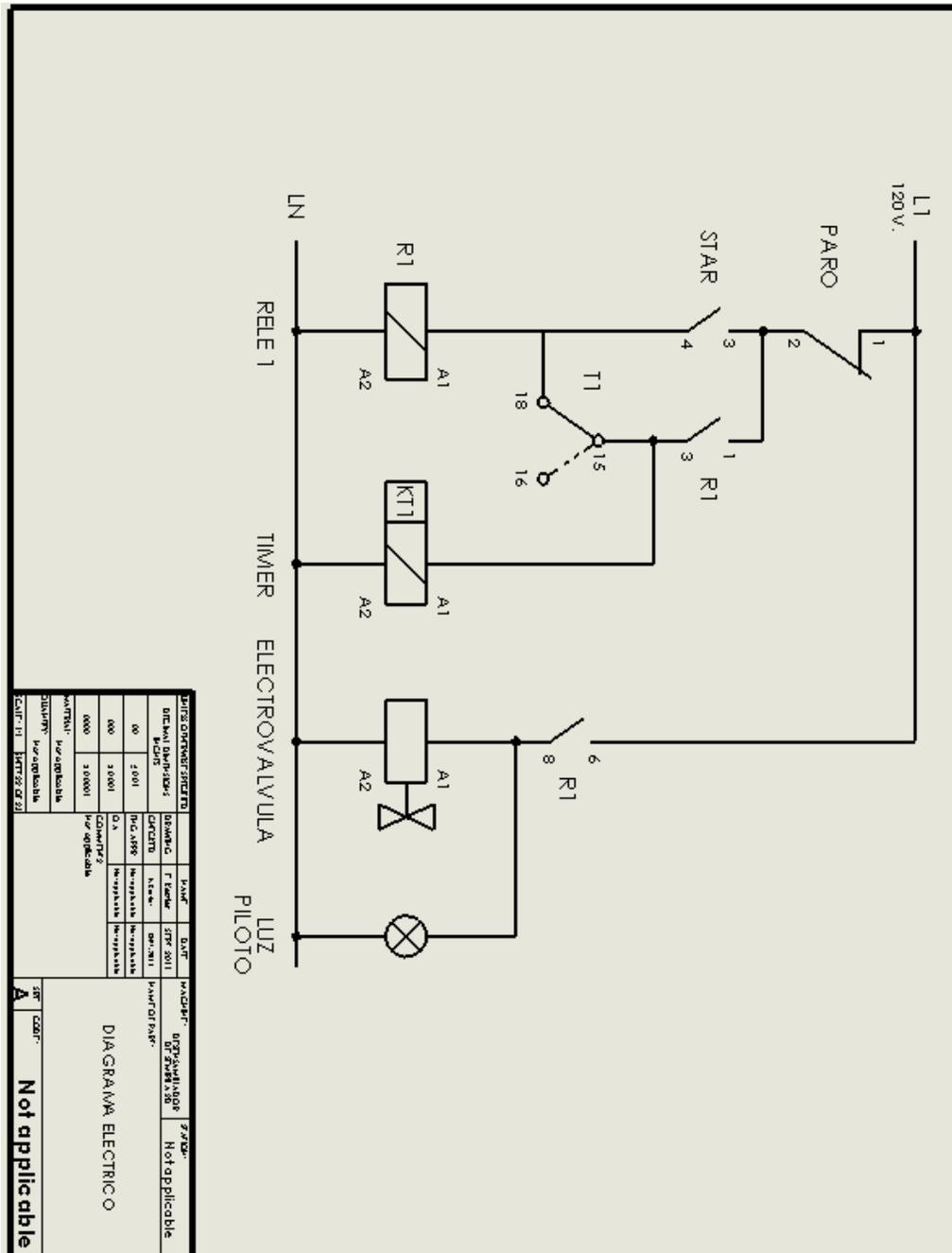
Fuente: elaboración propia.

Anexo 21. Diagrama neumático



Fuente: elaboración propia.

Anexo 22. Diagrama eléctrico



Fuente: elaboración propia.

