



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

REDISEÑO DE LA CAJITA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO DE MADERA

Rigoberto Cantoral Villatoro

Asesorado por el Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DE LA CAJITA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO
DE MADERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RIGOBERTO CANTORAL VILLATORO

ASESORADO POR EL ING. HUGO HUMBERTO RIVERA PEREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |
| EXAMINADORA | Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar |
| EXAMINADORA | Inga. Priscila Yohana Sandoval Barrios |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

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:

REDISEÑO DE LA CAJITA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO DE MADERA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 7 de febrero de 2020.

Rigoberto Cantoral Villatoro

Guatemala, mayo de 2021

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Mecánica Industrial
Su despacho


Respetable ingeniero Urquizú

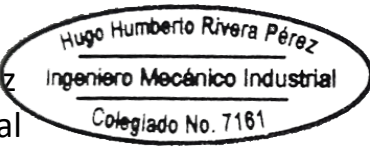
Me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he realizado la lectura y aprobación del trabajo de graduación del alumno Rigoberto Cantoral Villatoro quien se identifica con registro académico No. 201020371 y código único de identificación -CUI- 2138 45288 0101 y quien tiene como tema para proyecto de graduación:

“Rediseño de la cajita en una línea de producción de fósforo de madera”

Sin otro particular me despido

Atentamente,


Hugo Humberto Rivera Pérez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado: 7161





ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.083.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDISEÑO DE LA CAJITA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO DE MADERA**, presentado por el estudiante universitario **Rigoberto Cantoral Villatoro**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.112.021

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 **REDISEÑO DE LA CAJITA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO DE MADERA**, presentado por el estudiante universitario **Rigoberto Cantoral Villatoro**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

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

Guatemala, octubre de 2021.
/mgp



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

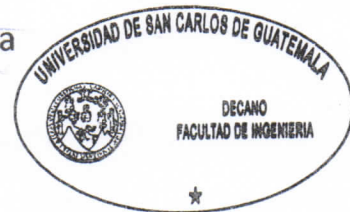
Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 - 24189102

DTG. 579.2021

La Decana 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: **REDISEÑO DE LA CAJITA EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO DE MADERA**, presentado por el estudiante universitario: **Rigoberto Cantoral Villatoro**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.



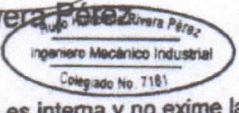
IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/cc

| | |
|---|--|
| <p>Revisor de la Escuela</p> <p>Vo.Bo. <i>[Firma]</i></p> <p>Fecha: <i>2/8/2021</i></p> | <p>Área de Protocolos</p> <p>Vo.Bo. <i>[Firma]</i></p> <p>Fecha: <i>2/8/2021</i></p> |
| <p>Revisión del encargado en lingüística</p> <p>Fecha de recepción</p> <p>Firma:</p> <p>Fecha:</p> | |
| <p>Revisión del director de escuela</p> <p>Guatemala, 26/10/2021</p> <p>Vo.Bo.</p> | <p><i>[Firma]</i></p> <p></p> <p>Firmado digitalmente por Cesar Ernesto Urquiza Rodas Motivo: Ingeniero Industrial Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC Colegiado 4.272</p> |
| <p>Fecha de entrega al señor Decano</p> <p>Firma del señor Decano</p> | <p><i>29/10/2021</i></p> <p></p> |
| <p>Comprobación del proceso de entrega de tesis impresas</p> <p>Vo.Bo. Oficina de Lingüística</p> | |
| <p>Firma de conformidad</p> <p>Firma y sello: <i>[Firma]</i></p> <p>Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez Asesor </p> <p>Firma: <i>[Firma]</i></p> <p>Rigoberto Cantoral Villatoro Estudiante</p> <p>Nota: esta ficha de seguimiento es interna y no exige la redacción de las cartas que para el efecto determine al Reglamento de Trabajo de Graduación de la Facultad de Ingeniería. Guatemala, junio de 2000. Aprobado por Junta Directiva mediante acta número 16-2000, punto décimo, inciso 10.6 del 13 de junio de 2000.</p> | |

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Rigoberto Cantoral Barrientos e Ingrid Ileana Villatoro De León por siempre estar a pesar de cualquier contratiempo, por su ejemplo de excelencia y su apoyo para cumplir cualquier meta que me proponga

Mi hija

Lucía Nicole Reyes Alvarez, por ser esa luz en mi vida que me impulsa a ser un buen ejemplo para su vida.

Mi esposa

Romina Nicole Alvarez D'Incau por apoyarme y no dejar que me rindiera, por ser mi compañera de vida que me guía a buscar siempre lo mejor en todos los ámbitos de nuestra vida.

Mis Abuelos

Arturo Magdiel Villatoro Herrera, Celma Amelia De León Valenzuela y Aura Raquel Barrientos Villagran por el amor que siempre me brindan en todos los momentos de mi vida, por el ejemplo de perseverar y enseñarme lo bonito de la vida.

Mis hermanos

Kevin Andrés, Melanie Paola y Valerie Stacy Cantoral Villatoro por ser parte importante en todas mis etapas de la vida, por ser mis primeros compañeros en el viaje de la vida que me apoyan a querer mostrarles y guiarlos al buen camino.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios y apoyarme en la etapa más importante del estudio, dándome la oportunidad de crecer en mi formación tanto académica como personal.

Facultad de Ingeniería

Por darme los conocimientos requeridos para desarrollarme en el ámbito profesional.

**Ingeniero Hugo Humberto
Rivera Pérez**

Por abrirme las puertas cuando necesite su apoyo, por la paciencia y por transmitirme sus conocimientos en todo momento.

Erick Morazán Bantes

Por su apoyo al brindar la apertura para realizar el proyecto de investigación, sus consejos y ayuda durante el tiempo que ejerció como jefe de planta.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE GENERAL..... | I |
| INDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | IX |
| GLOSARIO..... | XI |
| RESUMEN..... | XV |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN..... | XIX |
| | |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 1 |
| 1.1. Descripción de la empresa..... | 1 |
| 1.1.1. Actividad que realiza la empresa..... | 1 |
| 1.1.2. Descripción y distribución de la planta..... | 1 |
| 1.1.3. Descripción de línea de producción..... | 2 |
| 1.1.4. Organización de la empresa..... | 3 |
| 1.2. Base teórica..... | 4 |
| 1.2.1. Fabricación de fósforo..... | 4 |
| 1.2.1.1. Historia..... | 5 |
| 1.2.1.2. Partes del fósforo..... | 5 |
| 1.2.2. Rediseño..... | 5 |
| 1.2.3. Reingeniería..... | 5 |
| 1.2.4. Proyectos..... | 7 |
| 1.2.5. Valoración de proyectos..... | 8 |
| 1.2.6. Viabilidad de proyectos..... | 10 |
| 1.2.6.1. Costos..... | 10 |
| 1.2.6.1.1. Costos fijos..... | 10 |

| | | | |
|--------|------------|--|----|
| | 1.2.6.1.2. | Costos variables..... | 10 |
| | 1.2.6.1.3. | Costos semi – variables..... | 11 |
| | 1.2.6.1.4. | Costos directos | 11 |
| | 1.2.6.1.5. | Costos indirectos..... | 11 |
| | 1.2.6.1.6. | Costos según su índole | 11 |
| 1.2.7. | | Materia prima | 11 |
| 1.2.8. | | Maquinaria..... | 12 |
| 1.2.9. | | Diseño de máquinas..... | 12 |
| | 1.2.9.1. | Línea de producción de fósforos A..... | 13 |
| 2. | | PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL FÓSFORO | 15 |
| 2.1. | | Descripción del producto..... | 15 |
| 2.2. | | Materias primas..... | 15 |
| | 2.2.1. | Manejo de materiales | 15 |
| | 2.2.2. | Químicos | 16 |
| | 2.2.3. | Cartones..... | 16 |
| | 2.2.4. | Empaque..... | 16 |
| | 2.2.5. | Madera | 16 |
| | 2.2.6. | Semi - elaborados | 17 |
| 2.3. | | Descripción del equipo | 17 |
| | 2.3.1. | Diagrama de distribución de planta | 17 |
| | 2.3.2. | Maquinaria..... | 19 |
| | 2.3.2.1. | Pintadora de madera..... | 19 |
| | 2.3.2.2. | Cortadora de cartón | 19 |
| | 2.3.2.3. | Cizalla..... | 20 |
| | 2.3.2.4. | Formadora de cajita | 20 |
| | 2.3.2.5. | Formadora de exterior..... | 20 |

| | | | |
|------|-----------|---|----|
| | 2.3.2.6. | Plantado | 21 |
| | 2.3.2.7. | Encabezado..... | 21 |
| | 2.3.2.8. | Descargas..... | 21 |
| | 2.3.2.9. | Empaque | 21 |
| | 2.3.2.10. | Empaque manual..... | 22 |
| | 2.3.3. | Herramientas | 22 |
| 2.4. | | Diagrama actual de flujo de proceso | 26 |
| | 2.4.1. | Descripción de las operaciones del proceso | 29 |
| | 2.4.2. | Análisis del personal..... | 30 |
| 3. | | PROCESO DE REDISEÑO DEL TAMAÑO DE CAJITA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO | 33 |
| | 3.1. | Preparación y planeación del cambio | 33 |
| | | 3.1.1. Análisis de costos de producción..... | 33 |
| | | | |
| | | 3.1.1.1. Línea de fósforos | 33 |
| | | 3.1.1.2. Comparativa entre líneas..... | 33 |
| | | 3.1.2. Identificación de necesidades..... | 35 |
| | | | |
| | | 3.1.2.1. Mano de obra..... | 36 |
| | | 3.1.2.2. Materiales y repuestos..... | 36 |
| | | 3.1.3. Análisis de cambios necesarios..... | 36 |
| | | | |
| | | 3.1.3.1. Listado de máquinas involucradas..... | 37 |
| | | | |
| | | 3.1.3.1.1. Formadora de exterior .. | 37 |
| | | 3.1.3.1.2. Formadora de gaveta ... | 37 |
| | | 3.1.3.1.3. Descargas | 38 |
| | | 3.1.3.1.4. Transportes | 38 |
| | | 3.1.3.1.5. Empaque | 38 |
| | 3.2. | Fase de rediseño..... | 39 |
| | | 3.2.1. Evaluación de modificaciones de piezas | 39 |
| | | | |
| | | 3.2.1.1. Formación de exterior | 39 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.2.1.2. | Formación de gaveta..... | 39 |
| 3.2.1.3. | Descargas | 41 |
| 3.2.1.4. | Transportes | 42 |
| 3.2.1.5. | Empaque | 42 |
| 3.2.2. | Análisis de adquisición de piezas..... | 43 |
| 3.2.2.1. | Compra de maquinaria nueva | 43 |
| 3.2.2.2. | Modificación de piezas existentes | 44 |
| 3.2.2.3. | Comparativa Compra de maquinaria nueva vs. Modificación de piezas existentes | 44 |
| 3.2.3. | Propuesta técnica de rediseño | 45 |
| 3.2.4. | Costos asociados | 51 |
| 3.2.4.1. | Costo por paro de maquinaria | 51 |
| 3.2.4.2. | Costo por mano de obra..... | 52 |
| 3.2.4.3. | Costo por materiales e insumos | 52 |
| 3.2.4.4. | Costo por energía y suministros..... | 54 |
| 3.2.5. | Planificación estratégica de rediseño | 55 |
| 3.2.5.1. | Evaluación de viabilidad | 56 |
| 3.2.5.2. | Elaboración de presupuesto..... | 57 |
| 4. | PROPUESTA DE EJECUCIÓN DE REDISEÑO DEL TAMAÑO DE CAJITA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO | 59 |
| 4.1. | Diagrama de flechas | 59 |
| 4.2. | Identificación de responsables | 61 |
| 4.2.1. | Competencias necesarias | 64 |
| 4.3. | Materiales y repuestos | 66 |
| 4.3.1. | Solicitud de materiales/repuestos..... | 66 |
| 4.3.2. | Tiempo de compra/modificación..... | 66 |
| 4.3.3. | Control de gastos y del presupuesto | 66 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.4. | Ruta crítica de proyecto..... | 67 |
| 4.4.1. | Actividad crítica..... | 70 |
| 4.4.2. | Actividad con holgura | 71 |
| 4.5. | Periodos de mantenimiento preventivo | 73 |
| 4.6. | Costo de inversión presupuestada | 81 |
| 5. | SEGUIMIENTO DE REDISEÑO DEL TAMAÑO DE CAJITA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO..... | 83 |
| 5.1. | Capacitación y seguimiento de cronograma de rediseño de maquinaria productora de fósforo..... | 83 |
| 5.1.1. | Capacitación y seguimiento semanal al departamento de mantenimiento | 83 |
| 5.1.2. | Capacitación y seguimiento mensual al departamento técnico | 84 |
| 5.1.3. | Verificación del cumplimiento de entrega de materiales y repuestos..... | 84 |
| 5.2. | Mejora continua | 85 |
| 5.2.1. | Monitoreo de cronograma de trabajo..... | 85 |
| 5.3. | Actualización y seguimiento de presupuesto de trabajo luego de su implementación..... | 85 |
| | CONCLUSIONES | 87 |
| | RECOMENDACIONES..... | 89 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 91 |

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 1. | Organigrama administrativo | 3 |
| 2. | Organigrama producción | 4 |
| 3. | Distribución de planta..... | 18 |
| 4. | Pinzas | 23 |
| 5. | Cuchillas..... | 23 |
| 6. | Llaves Allen..... | 24 |
| 7. | Llave cola-corona..... | 25 |
| 8. | Equipo de protección personal..... | 26 |
| 9. | Diagrama de flujo de proceso | 27 |
| 10. | Comparativa entre líneas | 35 |
| 11. | Diagrama de flechas | 59 |
| 12. | Ruta crítica del proyecto..... | 68 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Distribución de puestos línea de producción A | 30 |
| II. | Costos de materia prima línea A | 34 |
| III. | Costos de materia prima línea B | 34 |
| IV. | Adquisición de maquinaria nueva | 44 |
| V. | Costo de modificación de piezas existentes..... | 44 |
| VI. | Comparativa compra de maquinaria nueva vs modificación de piezas existentes | 45 |

| | | |
|--------|--|----|
| VII. | Descripción de rediseño | 46 |
| VIII. | Cronograma de adquisición de piezas..... | 47 |
| IX. | Cronograma de puesta en marcha de rediseño..... | 49 |
| X. | Costo por paro de maquinaria | 51 |
| XI. | Costo por mano de obra | 52 |
| XII. | Costo por materiales e insumos..... | 53 |
| XIII. | Costo de materiales para estructura | 53 |
| XIV. | Costo por energía y suministros | 54 |
| XV. | Inversión | 56 |
| XVI. | Análisis de recuperación de inversión 1..... | 57 |
| XVII. | Análisis de recuperación de inversión 2..... | 57 |
| XVIII. | Presupuesto del proyecto | 58 |
| XIX. | Responsables del proyecto..... | 61 |
| XX. | Competencias necesarias..... | 64 |
| XXI. | Actividad critica..... | 70 |
| XXII. | Actividad con holgura..... | 72 |
| XXIII. | Periodo de mantenimiento preventivo de formadora de gaveta..... | 73 |
| XXIV. | Periodo de mantenimiento preventivo de formadora de exterior | 75 |
| XXV. | Periodo de mantenimiento preventivo de descargas | 77 |
| XXVI. | Periodo de mantenimiento preventivo de empaque..... | 78 |
| XXVII. | Costo de inversión presupuestado..... | 81 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|------------------------|
| Gtos | Gastos |
| MOI | Mano de obra indirecta |
| Mts | Metros |
| Mm | Milímetros |
| % | Porcentaje |
| Q | Quetzal |

GLOSARIO

| | |
|--------------------|---|
| Adherir | Pegar o unir resistentemente mediante una sustancia aglutinante. |
| Adquisición | Proceso de comprar alguna cosa que tiene cierto valor. |
| Capacitar | Entrenar a una persona para que sea apta para una situación específica. |
| Competencia | Basados en el aprendizaje son capacidades humanas que involucran conocimientos, habilidades, pensamientos, carácter y valores en las interacciones humanas. |
| Empaque | Producto diseñado para contener, proteger y preservar un bien. |
| Escenario | Lugar donde se desarrolla un suceso. |
| Estructura | Conjunto de piezas que funcionan como soporte de esta. |
| Etapas | Periodo en el cual es dividido el desarrollo de un proceso. |

| | |
|----------------------------|--|
| Gestión | Conjunto de operaciones que se realizan para dirigir y administrar un negocio. |
| Holgura | Dimensión superior a la necesaria o conveniente. |
| Inversión | Cantidad limitada de dinero que se pone a disposición de una empresa y tiene como fin generar ganancias. |
| Línea de producción | Conjunto de operaciones que se realizan según un orden establecido en las que se realiza un proceso para la fabricación de un producto. |
| Mano de obra | Esfuerzo físico y mental que realiza un trabajador para llevar a cabo una tarea. |
| Mantenimiento | Conservar un objeto en buen estado evitando su degradación. |
| Materia Prima | Todo bien que es transformado durante un proceso de producción para convertirse en un producto. |
| Organigrama | Representación de la estructura de una empresa, gráficamente se muestra cómo se relacionan cada una de sus partes, así como su función dentro de ella. |
| Panorama | Visión de un evento o una situación. |
| Pionero | Persona u organización que lidera en los trabajos de una actividad determinada. |

| | |
|-------------------------|---|
| Planeación | Proceso en el cual se define que se va a realizar. |
| Planificación | Proceso de elaborar un plan para desarrollar una actividad. |
| Preventivo | Prevenir un mal o peligro. |
| Proceso | Conjunto de fases que llevan un orden para realizar una actividad compleja. |
| Repuesto | Pieza de un mecanismo que es igual a otra y puede sustituirla en caso de necesidad. |
| Rol | Función que es desempeñada por una persona en una situación específica. |
| Semi – elaborado | Es un producto intermedio, que aún no se termina de elaborar. |

RESUMEN

La empresa de fabricación de fósforo de seguridad cuenta con más de 50 años en el mercado guatemalteco, siempre se ha distinguido por ser pionera en cada uno de sus procesos tanto en el área administrativa como en el área productiva.

El área productiva cuenta con dos líneas continuas de fabricación de fósforo de seguridad siendo esta la línea A y línea B las cuales se diferencian por el tamaño de la cajita de fósforo, esto debido a las especificaciones de los fabricantes de cada una de las maquinas.

El área de dirección técnica como búsqueda de la mejora continua se plantea formas de innovar y a su vez proyectos de mejora, siendo así este trabajo de graduación busca por medio del rediseño de la cajita de fósforo la reducción los costos de producción del fósforo por medio de la disminución de materias primas, con el fin de ser una empresa más competitiva en el mercado. Se busca obtener un empaque más sólido y de mejor calidad. Así como la capacitación necesaria sobre su participación en el rediseño al personal del departamento técnico y de mantenimiento de dicha línea de producción.

OBJETIVOS

General

Rediseñar el tamaño de cajita en una línea de producción de fósforo de madera, para reducir el costo de producción del millar de fósforo en un 5 %.

Específicos

1. Analizar las especificaciones técnicas de los componentes de equipos utilizados en la operación de la línea de producción de fósforos
2. Diseñar una propuesta técnica correspondiente a la modificación de piezas involucradas en la formación de la cajita.
3. Determinar los costos necesarios para el desarrollo del rediseño.
4. Desarrollar la planificación estratégica en la cual se incluyan todos los pasos necesarios para obtener un escenario real del rediseño.
5. Delimitar responsabilidades y roles de trabajo para los involucrados en la producción del fósforo de madera.
6. Desarrollar los lineamientos para el seguimiento a la gestión del rediseño.

INTRODUCCIÓN

Toda empresa para ser competitiva necesita generar ventajas sobre sus competidores y sobre el mercado, el rediseño es una herramienta de mejora continua que va enfocado en cambios rápidos para obtener resultados rápidos, siempre guiándose de la situación actual del proceso por medio de análisis detallados acerca de los puntos de mejora en cada uno de los componentes detallados en el diagrama de proceso. Con esto se busca la reducción de costos mediante la mitigación de los puntos muertos y procesos que no aportan a la fabricación del producto.

El presente trabajo de graduación parte en la base de la mejora continua, en la búsqueda de las oportunidades inherentes del proceso, realizando un análisis detallado de la situación actual se toma como base el aprovechamiento de los recursos, siendo esto la disminución del tamaño actual de la cajita de fósforo de madera.

Se realizó un análisis de costo-beneficio para la reducción del tamaño de cajita de fósforo de madera comparando la modificación de la maquinaria actual vs la adquisición de maquinaria nueva con el fin de realizar una planificación estratégica del rediseño.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Descripción de la empresa

La empresa de fabricación de fósforo de madera consolidada ya con más de 50 años en el mercado, se fundó en 1966, en el transcurso del tiempo ha logrado abrir su cartera de clientes como líder en Centroamérica.

1.1.1. Actividad que realiza la empresa

La empresa se dedica a la fabricación y comercialización de fósforo de madera, cuenta con más de 50 años en el mercado, siendo el pionero no solo en Guatemala sino también en Centroamérica. En la cual no se comercializa únicamente el fósforo de madera sino también introduce diferentes tipos de productos como encendedores, fósforo de carterita, fósforo de madera de diferentes tamaños y actualmente incursionan en la fabricación de utensilios de madera (mezcladores, paletas, entre otros).

1.1.2. Descripción y distribución de la planta

La empresa se encuentra posicionada en un sector industrial de fácil acceso el cual garantiza una mayor facilidad de comercialización y de adquisición de materiales, el área cuenta con la nave principal, en la cual está toda el área de producción, el área administrativa en la que se encuentran todas las oficinas y por último se tiene las áreas comunes y área verde, en las cuales están el comedor de empleados, los baños y vestidores, el parqueo y los puntos de reunión.

1.1.3. Descripción de línea de producción

En la nave principal de la empresa se tienen todas las líneas de producción, las cuales están distribuidas por proceso ya que su producción no depende de otra, entre las líneas tenemos:

- Línea de auxiliares:

Llamados así a un grupo de máquinas que trabajan independientes con el fin de dar apoyo y preparar los materiales necesarios o insumos que las líneas de producción requieran, entre ellas están la pintadora de madera, la cortadora de cartón y la cizalla, estas se encuentran al lado izquierdo de la nave cerca de las oficinas.

- Línea de producción A

Es la línea que más demanda de producción tiene, encargada de la fabricación de fósforo de madera en presentación de paquete 10 y paquete 50, fabrica producto para Nicaragua, es la máquina más antigua que se tiene en planta, se ubica en el centro de la nave.

- Línea de producción B

Es la línea de producción encargada de fabricar las marcas de publicidad en fósforo de madera, similar a la línea de producción A, pero con un tamaño de cajita menor, fabrica para mercado local, salvadoreño y costarricense.

- Línea de producción C

Es una línea de producción de carterita, es la más artesanal de toda la planta, además de ser la única línea que es trabajado por mujeres en su totalidad, siendo la única en Centroamérica que aun produce este tipo de producto.

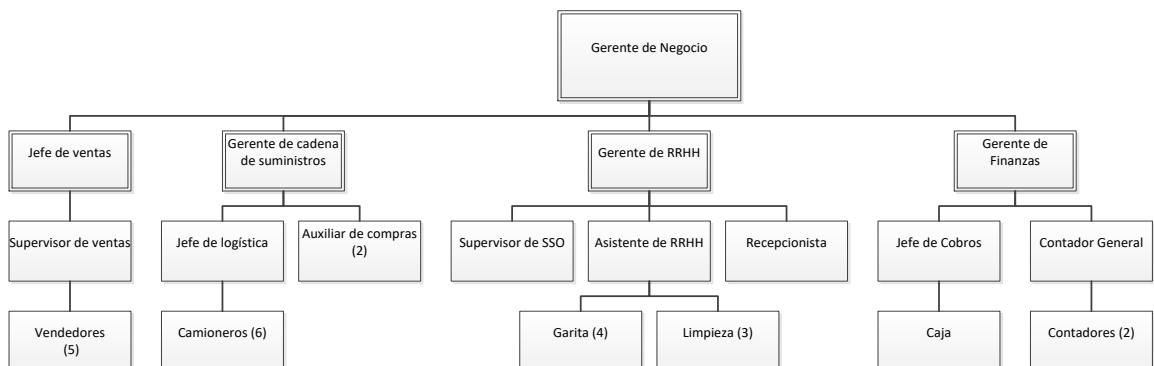
- Línea de producción D

Es la línea productora del palito de fósforo, en esta se procesa la madera, pasando por varios procesos de torno y guillotinado para darle la sección y el tamaño necesario para el correcto funcionamiento en cada una de las primeras dos líneas.

1.1.4. Organización de la empresa

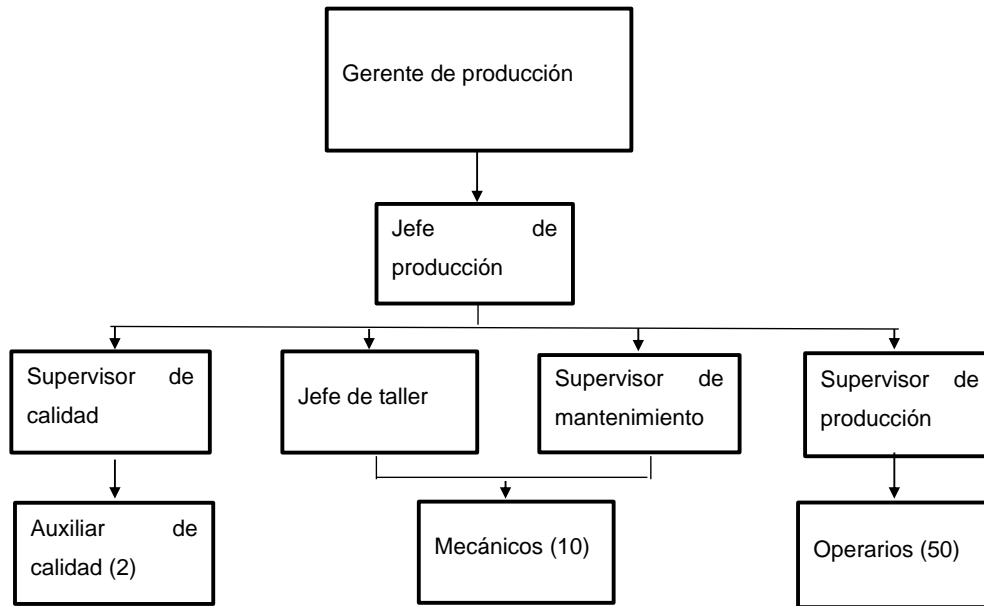
La empresa se divide sus operaciones en dos partes y a su vez en dos organigramas, el organigrama administrativo y el organigrama de planta, los cuales se muestran a continuación

Figura 1. Organigrama administrativo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

Figura 2. **Organigrama producción**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

1.2. **Base teórica**

Es de suma importancia conocer la parte teórica del proceso de la empresa ya que sobre esto se crea un análisis sólido sobre las posibilidades de rediseño del proceso, con base en esto se presenta cierta información de utilidad.

1.2.1. **Fabricación de fósforo**

Debido al rubro del negocio es importante que se conozca sobre el producto a través del tiempo, así como las partes que lo conforman y su respectiva descripción.

1.2.1.1. Historia

Es una práctica del siglo XVII que ha ido evolucionando al mismo ritmo que la tecnología, fue descubierto por el químico Henning Barnd cuando fabricó los primeros cerillos, pero, sin nunca imaginarse la magnitud y la utilidad de uno de los recursos más útiles para el hombre.

1.2.1.2. Partes del fósforo

El fósforo de madera se puede dividir en 2 partes las cuales son:

- La cabeza: es la parte del fósforo que contiene la formulación de químicos necesarios para el correcto encendido de este.
- El vástago o palito: es la parte fabricada de madera recubierta de químicos que ayudan a facilitar la transferencia de llama de la cabeza hacia la madera.
- Exterior: cubierta de la cajita que contiene la parte del rascador que se encarga de hacer fricción para el encendido de la cabeza.
- Cajita: es la parte que contiene el fósforo para su almacenamiento.

1.2.2. Rediseño

Tiene como objetivo el grado de competitividad por medio de la optimización de los procesos, no es tan radical como la reingeniería ya que parte de lo existente sin tener que iniciar de nuevo.

1.2.3. Reingeniería

La reingeniería tiene 3 fines reales que son:

- Mejorar costos.
- Lograr ser los mejores en su clase.
- Realizar una innovación radical.

En un enfoque básico la reingeniería trabaja 4 puntos principales que son:

- Preparación del cambio.

En este enfoque se van realizando los cimientos para la preparación del cambio, en los cuales se busca tanto la aprobación de la parte de dirección como la comprensión de las futuras asignaciones por parte de los empleados.

- Planeación del cambio

En este enfoque se planifica con base en los cambios necesarios que deban darse en la organización tomando como punto de partida el mercado y las variables que afectan al negocio.

- Fase de rediseño

Es donde se analiza y se diseña los cambios necesarios buscando un beneficio en la empresa. El fin del rediseño es reinventarse bajo la búsqueda de nuevos desafíos.

- Fase de ejecución

Es donde se pone en marcha el rediseño, en el cual se trata de la búsqueda de los pasos que se desperdician, buscando hacer una tarea grande de la forma más eficiente.

En este trabajo de investigación se utilizará este modelo de rediseño de procesos debido a su afinidad a los objetivos de la investigación.

1.2.4. Proyectos

- **Gestión de proyectos**

La gestión de proyectos tiene como finalidad el dirigir de forma ordenada y bajo ciertas metodologías el proyecto, evaluando todas las necesidades desde la evaluación de recursos y el buen desarrollo del proyecto.

Un proyecto es una asignación especial, que no tiene un inicio establecido el cual es elaborado para presentar una mejora sustancial en algún ámbito laboral. Existe un triángulo de gestión de proyectos en el cual se engloba los datos más importantes para una óptima realización. Con el alcance se especifican todos los pasos del proyecto, el tiempo como uno de los recursos más valiosos se busca lograr mantener el tiempo estipulado para no generar sobre costos y el costo el cual lo incluye todos aquellos gastos que puedan relacionarse con la puesta en marcha y realización del proyecto, los cuales son plasmados en un presupuesto el cual rige todo el proceso.

- La gestión de proyectos cumple con 5 fases:
 - Análisis de viabilidad del proyecto

Este análisis nos sirve para hacer una proyección del alcance del proyecto, una vista a los beneficios o resultados que el proyecto pueda generar si se cumplen todos los puntos asociados a su planificación, así como los riesgos asociados al proyecto.

- Planificación detallada

Este punto se verifican todos las tareas y recursos necesarios para realizar el proyecto, es de suma importancia el detallar cada una de las partes identificadas que influyen en el proyecto.

- Ejecución del proyecto

En esta fase es donde se inicia el proyecto, donde se debe de ver problemas que no fueron presupuestados ya que en esta fase se realizan todas las tareas asignadas y se lleva el control de los recursos.

- Seguimiento y control

En este punto se debe de verificar que el proyecto se esté ejecutando según lo planeado para responder de manera eficiente ante alguna adversidad, además sirve para poder ajustar el presupuesto según lo realizado.

- Cierre de proyecto

En este punto se realiza una evaluación final del proyecto, se debe de realizar una retroalimentación de los puntos importantes para utilizarlos en un futuro como experiencia en la toma de decisiones.

1.2.5. Valoración de proyectos

También conocida como evaluación de proyectos, es una herramienta que ayuda a identificar y cuantificar los costos y beneficios de la realización del proyecto en curso. Existen diferentes tipos de evaluación de proyectos los cuales

principalmente se pueden separar en la base de su financiamiento, se diferencian en privados y públicos.

- Evaluación privada de proyectos

Son todos aquellos proyectos con un fin individual en los cuales como punto principal a evaluar son las expectativas del financiador.

- Evaluación social de proyectos

Son todos aquellos proyectos con finalidad social, que buscan el desarrollo del pueblo o ciudad, se debe tomar en cuenta que dependiendo de los costos extras (impuestos, subsidios, aranceles) se valora el precio para tener una valoración correcta de cada proyecto.

- Diferencias entre proyectos sociales y privados

Esta diferencia radica en la diferencia de precios utilizados para valorar los proyectos, ya que los proyectos privados toman como base el movimiento del mercado y sus precios, mientras que los sociales toman en consideración los precios sociales y el movimiento dentro de la comunidad.

- Identificación de costos y beneficios

El fin de todo proyecto es el generar un beneficio ya sea económico o de desarrollo pero también es importante hacer mención que toda actividad concerniente al uso de materiales o cualquier tipo de insumos genera un costo asociado al proyecto ya que son materiales que no pueden ser utilizados en ninguna otra actividad generando así un valor para el desarrollo del mismo, por

lo que es importante garantizar que la realización del proyecto cumpla con los excedentes económicos necesarios para ser sustentable.

1.2.6. Viabilidad de proyectos

Es una medida que se le da a un proyecto, en la cual se puede cuantificar si el proyecto puede llegar a fracasar o a triunfar según diferentes factores, los cuales se presentan a continuación:

1.2.6.1. Costos

Es un valor que se atribuye a un producto o servicio en el cual se incluyen factores o insumos que se utilizaron para la brindar el producto o servicio, los cuales pueden ser desde pago de servicios generales de la empresa hasta el pago de sus trabajadores y las ganancias esperadas.

Depende su naturaleza los costos se pueden agrupar en:

1.2.6.1.1. Costos fijos

Tipo de costo que no depende de la producción, son los costos que no varían según el volumen de producción que exista, regularmente están asociados a pagos de bienes o servicios básicos.

1.2.6.1.2. Costos variables

A diferencia de los costos fijos estos costos si dependen directamente del volumen de producción, regularmente asociados a los materiales o insumos necesarios para realizar la producción.

1.2.6.1.3. Costos semi – variables

Son costos que no pueden ser catalogados como costos fijos ni costos variables ya que presentan una mezcla de ambos.

1.2.6.1.4. Costos directos

Son todos aquellos costos que pueden ser asociados a un área específica, como por ejemplo la mano de obra.

1.2.6.1.5. Costos indirectos

Son todos aquellos costos que a diferencia de los directos pueden ser asociados a varios rubros de la empresa, como por ejemplo los gastos de oficina.

1.2.6.1.6. Costos según su índole

Son todas aquellas inversiones que no fueron realizadas por falta de capacidad o por subcontrataciones, como por ejemplo la contratación de otras empresas que ofrezcan el servicio de transporte.

1.2.7. Materia prima

Es todo material que fue sometido a transformación para ser utilizado como consumo, normalmente son extraídos de la naturaleza y son el principal medio para todo tipo de producción.

Entre los tipos de materias primas podemos obtener:

- Vegetal: son todas aquellas materias primas que son extraídas de la naturaleza como por ejemplo la madera.
- Animal: son todas aquellas materias primas que tienen de origen un animal como por ejemplo las pieles.
- Mineral: son todas aquellas materias primas que se originan en la tierra como por ejemplo el hierro.

1.2.8. Maquinaria

Es un conjunto de mecanismos que tienen como fin la transmisión de potencia y proporcionar fuerza.

1.2.9. Diseño de máquinas

El diseño de máquinas se inicia cuando se tiene una necesidad, en la cual empieza todo su proceso de diseño con el fin de satisfacer esa necesidad, en el proceso de diseño se tienen los siguientes pasos:

- Especificación del diseño.
- Definición de necesidades estructurales.
- Definición de necesidades cinemáticas.
- Diseño y cálculo de componentes.
- Sistema de lubricación.
- Control y mantenimiento.
- Ensamblaje de maquinaria.

1.2.9.1. Línea de producción de fósforos A

La línea de producción A es una máquina fabricada en los años 1950 de origen sueco, tiene como función la producción de fósforo de madera. La línea de producción A ha sufrido diversas modificaciones con el pasar de los años con el fin de la mejora no solo de la calidad sino también la producción de fósforo de madera. Entre las modificaciones más relevantes se encuentran:

- Eliminación de robot empacador

Esto surge debido a que el empaque manual no se tenía como tal ya que se tenía un robot empacador, el cual por medio de sensores capacitivos detectaba la proximidad de los paquetes para ordenarlos y así introducirlos en el empaque terciario (bolsa o caja), esto fue eliminado debido a que el robot no realizaba una inspección visual, ya que no detectaba si en la producción iba producto con defectos de calidad.

- Estandarización de palito de 40 milímetros

Esto surgió debido al traslado de una marca de producto a otra planta de la corporación, ya que esta marca entre sus parámetros de calidad requería un palito de mayor largo, por lo que se vio la necesidad de modificar los peines del plantado con el fin de estandarizar el tamaño para garantizar un mejor funcionamiento de la línea de producción A.

- Automatización de dosificador de pegamento en formadora de cajita

Esto surgió de un proyecto que buscaba eliminar tiempos y movimientos innecesarios en el proceso de producción, en la cual se eliminó un puesto de

trabajo con la repartición de responsabilidades de cada uno de los puestos y la automatización de la dosificación de pegamento.

2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL FÓSFORO

2.1. Descripción del producto

El fósforo de madera es un producto de consumo masivo, el cual lleva un amplio proceso de producción para cumplir con los más altos estándares de calidad, entre sus características se encuentra una cajita que contiene 40 fósforos con tamaño promedio de 40 milímetros y el exterior o cobertor de la cajita con dos líneas de rascador en cada lateral, para encender los fósforos.

2.2. Materias primas

En todo proceso de transformación de productos es de vital importancia la calidad de los materiales que se utilizan, algo que en la fabricación de fósforo de madera no es excepción, por lo que antes de la fabricación se tiene un listado de materias primas que deben de cumplir con los estándares dictados para ser optimas en el proceso, entre los más importantes tenemos:

- Químicos
- Cartones
- Madera

2.2.1. Manejo de materiales

Es importante tener identificados los materiales que forman parte del proceso de producción a continuación, se enlistan los concernientes a la fabricación de fósforo de madera.

2.2.2. Químicos

En la fabricación de fósforo de madera se utilizan diferentes químicos los que se encuentran involucrados en el área de máquinas “Auxiliares” por lo que se puede aducir que se presentan en todo el proceso de fabricación del fósforo, siendo estos vitales para su proceso.

2.2.3. Cartones

El cartón es utilizado en diferentes presentaciones, siendo parte directa en el empaque, en el exterior y en la cajita, está es una de las materias primas críticas en el proceso. Según el tipo de proceso se requiere un cartón especial cumpliendo con los requisitos de gramaje específico.

2.2.4. Empaque

En el empaque se pueden evidenciar los tres tipos de embalaje, como empaque primario se utiliza un tipo de polipropileno, como empaque secundario se utiliza un tipo de termo encogible y como empaque terciario se usa una bolsa o caja. El empaque primario y terciario es el mismo para las diversas presentaciones y marcas, variando la presencia del empaque secundario según la presentación y marca.

2.2.5. Madera

Esta materia prima se transforma en palito, se utilizan variaciones de madera pino la cual es una madera local que se adapta a los requerimientos para el proceso productivo del fósforo de madera, esta se transforma para ser utilizada en palito de 40 milímetros con una sección de 2 x 2 milímetros.

2.2.6. Semi - elaborados

Los semi elaborados son productos que se ensamblan previamente en el área llamada “Auxiliares” en la cual se procesan algunas materias primas con el fin de contar con producto para alimentar a las máquinas continuas, debido a que se requiere de previa manipulación para ser utilizadas en el proceso de producción.

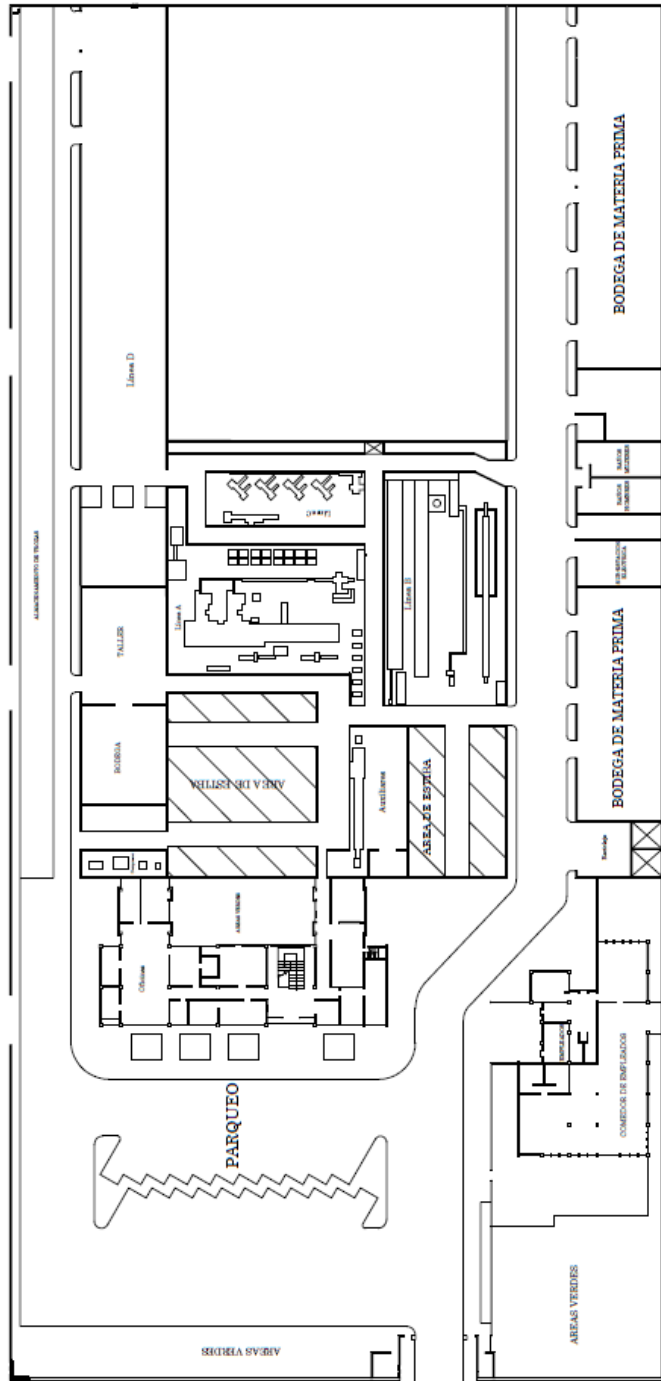
2.3. Descripción del equipo

En la planta de producción de fósforo de madera se utiliza una distribución de planta por proceso, con el fin de tener una mejor respuesta a los cambios en la producción además de tener personal calificado para suplirse en caso se tengan ausencias. La línea de producción A se encuentra en el centro de la nave.

2.3.1. Diagrama de distribución de planta

A continuación, se presenta un diagrama en el cual se puede visualizar los ambientes que se encuentran dentro de la empresa, también se incluyen los ambientes donde se realiza el proceso productivo:

Figura 3. Distribución de planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.3.2. Maquinaria

La línea de producción A es una línea de producción continua que está conformada de pequeñas máquinas complementarias que trabajan conjuntamente para la fabricación de fósforo de madera. Asimismo, se auxilian de otras que son llamadas “Auxiliares” las cuales ayudan y preparan los materiales para la correcta operación.

Toda la maquinaria involucrada en el proceso se presenta a continuación:

2.3.2.1. Pintadora de madera

Máquina agrupada entre las “Auxiliares” en esta, se procesan pliegos de cartón en los cuales se tiene impreso diferentes marcas, las cuales se procesan según requerimiento de producción, la pintadora de madera es la máquina encargada de colocar el “rascador” a los pliegos de exterior, luego de realizar su proceso de secado y posteriormente se realiza el corte en tiras para una mejora manipulación de la máquina “cizalla” y el hendido necesario para realizar la formación del exterior de la cajita.

2.3.2.2. Cortadora de cartón

Máquina agrupada entre las “Auxiliares” la cual es la encargada de procesar las bobinas de cartón, se encarga de cortar las denominadas bobinas madre (bobinas que exceden los 900 mm. de largo) en bobinas no mayores a 50 mm de largo (bobinas hijas), esto con el fin de que pueden ser utilizadas por la formadora de cajita.

2.3.2.3. Cizalla

Máquina agrupada entre las “Auxiliares” la cual se alimenta de las tiras de pliego previamente procesadas por la pintadora de madera, la cizalla se encargada de transformar las tiras de pliegos en unidades esto con el fin de alimentar a la máquina formadora de exterior de la línea de producción A.

2.3.2.4. Formadora de cajita

Máquina encargada de la transformación de cartón en una cajita portadora de fósforo, esta máquina se alimenta del cartón previamente procesado por la cortadora de cartón en la cual se ingresa la bobina hija y pasa por el sistema de troquelado en la cual se realizan los cortes necesarios para darle el cuerpo a la cajita, posteriormente pasa por el hendido el cual garantiza el dobléz de cada una de las partes de la cajita, luego a la parte de adherencia de pegamento y la respectiva formación de la cajita y por último el proceso de secado, con lo que envía la cajita formada por los transportes para alimentar a la máquina continua.

2.3.2.5. Formadora de exterior

Máquina encargada de la transformación de las unidades de cartón, la formación de exterior consiste en alimentar la torre de unidades con cartón previamente manipulado por la cizalla, para pasar a la adherencia de pegamento y posteriormente a la formación del exterior de la cajita, para ser enviada por los carriles de transporte para alimentar a la línea de producción A.

2.3.2.6. Plantado

Sección de la línea de producción A la cual se encarga de ordenar (por medio de una zaranda) y colocar los palitos en las reglas (por medio de un proceso de peines) que viajan a través de la línea de producción A para iniciar con el proceso de fabricación de fósforo.

2.3.2.7. Encabezado

Sección de la línea de producción A que es la encargada de impregnar la pasta (mezcla de químicos encargados de garantizar la llama del fósforo) por medio de una mesa hidráulica, la cual se eleva con el fin de alcanzar la medida necesaria de adherencia en el palito de fósforo, para posteriormente pasar por un proceso de secado.

2.3.2.8. Descargas

Sección de la línea de producción A en la cual el fósforo es colocado en las cajitas formadas por la formadora de cajita, este proceso inicia luego de que el fósforo cumpla con su proceso de secado, al llegar al área de las descargas, la máquina utiliza un bloque de agujas las cuales expulsan al palito para llenar las cajitas y luego llegar al cierre donde se une tanto la cajita llena de fósforo como el exterior de esta, al cerrar las cajitas es enviado por el transporte hacia el empaque.

2.3.2.9. Empaque

Sección de la línea de producción A encargada de la formación del empaque primario del producto terminado, en esta se verifica que las cajitas

previamente a ser empacadas cumplan con los estándares de calidad para luego proceder a formar paquetes de diez cajitas de fósforo, las cuales son agrupadas por un empaque de polipropileno y selladas por un sistema de resistencias para evitar que sean afectadas por el clima o la humedad.

2.3.2.10. Empaque manual

Sección de la línea de producción A que se encarga del empaque secundario y terciario del producto, en esta se da una última revisión visual del empaque (el cual depende de la presentación) y se procede a sellarlo y entarimarlo para dar por finalizado el proceso de producción de fósforo de madera.

2.3.3. Herramientas

Durante el proceso de producción se tienen diferentes herramientas que ayudan a facilitar el proceso de producción, además facilitan la limpieza de cada uno de los componentes de las máquinas que necesitan de la misma para garantizar el buen funcionamiento durante el proceso productivo.

Entre las herramientas que se utilizan están:

- Pinzas

Las pinzas son utilizadas para diferentes trabajos, mayormente utilizada en la formación de cajitas y la formación de exterior, se utilizan para acceder a lugares que la mano no logra acceder o donde se pone el riesgo la integridad del operador, asimismo para liberar a las máquinas de materiales que se encuentran atascados.

Figura 4. **Pinzas**



Fuente: elaboración propia, empresa productora de Fósforo de madera.

- **Cuchillas**

Las cuchillas son herramientas fabricadas a partir de sierras cuya principal función consiste en la limpieza, se utiliza en cada uno de los puestos de trabajo de la línea de producción A, se utiliza para remover las partículas de suciedad que se adhieren en las piezas de la maquinaria.

Figura 5. **Cuchillas**



Fuente: elaboración propia, empresa productora de fósforo de madera.

- **Llaves Allen**

Son herramientas utilizadas para dar ajustes tanto mecánicos como operativos en cada uno de los puestos de trabajo, según el puesto de trabajo se utiliza una medida diferente, estas se utilizan principalmente por el área de mantenimiento, para ajustes o afinado de cada una de las máquinas.

Figura 6. Llaves Allen



Fuente: elaboración propia, empresa productora de fósforo de madera.

- **Llave Cola-Corona**

Al igual que las llaves Allen son utilizadas para ajustes en cada uno de los puestos de trabajo, a diferencias de las Allen estas también son utilizadas por los operadores, se utilizan principalmente en la formadora de exterior cuyo propósito es la dosificación de pegamento ya que con esta llave se puede abrir o cerrar el limitador de pegamento.

Figura 7. **Llave cola-corona**



Fuente: elaboración propia, empresa productora de fósforo de madera.

- **Equipo de protección personal**

Son herramientas utilizadas para disminuir el riesgo o daño por algún accidente. Entre los más utilizados son:

- Guantes anticorte
- Mascarilla
- Guantes de látex
- Cinturón lumbar
- Tapones auditivos
- Botas punta de acero
- Uniforme de trabajo

Figura 8. **Equipo de protección personal**

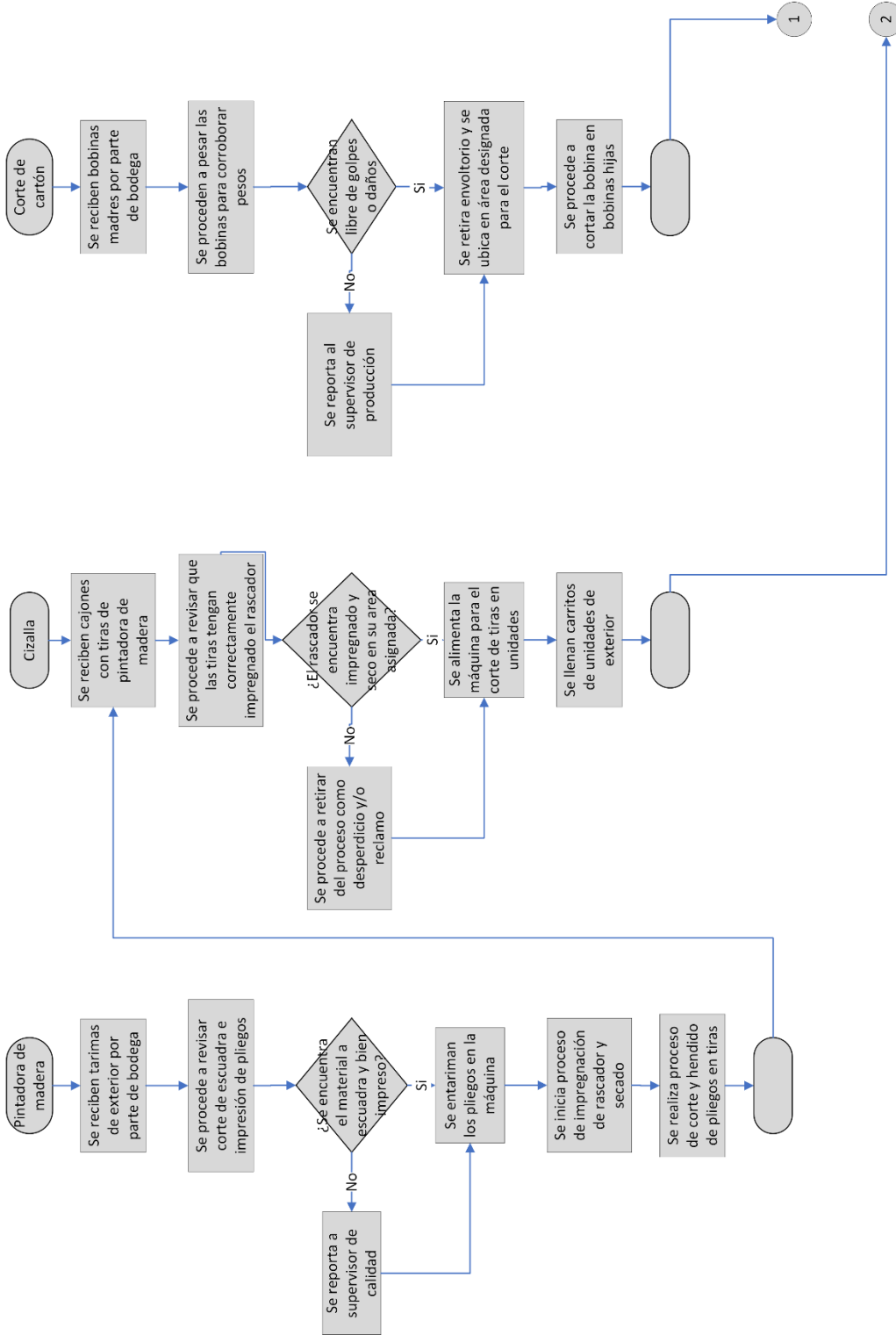


Fuente: elaboración propia, empresa productora de fósforo de madera.

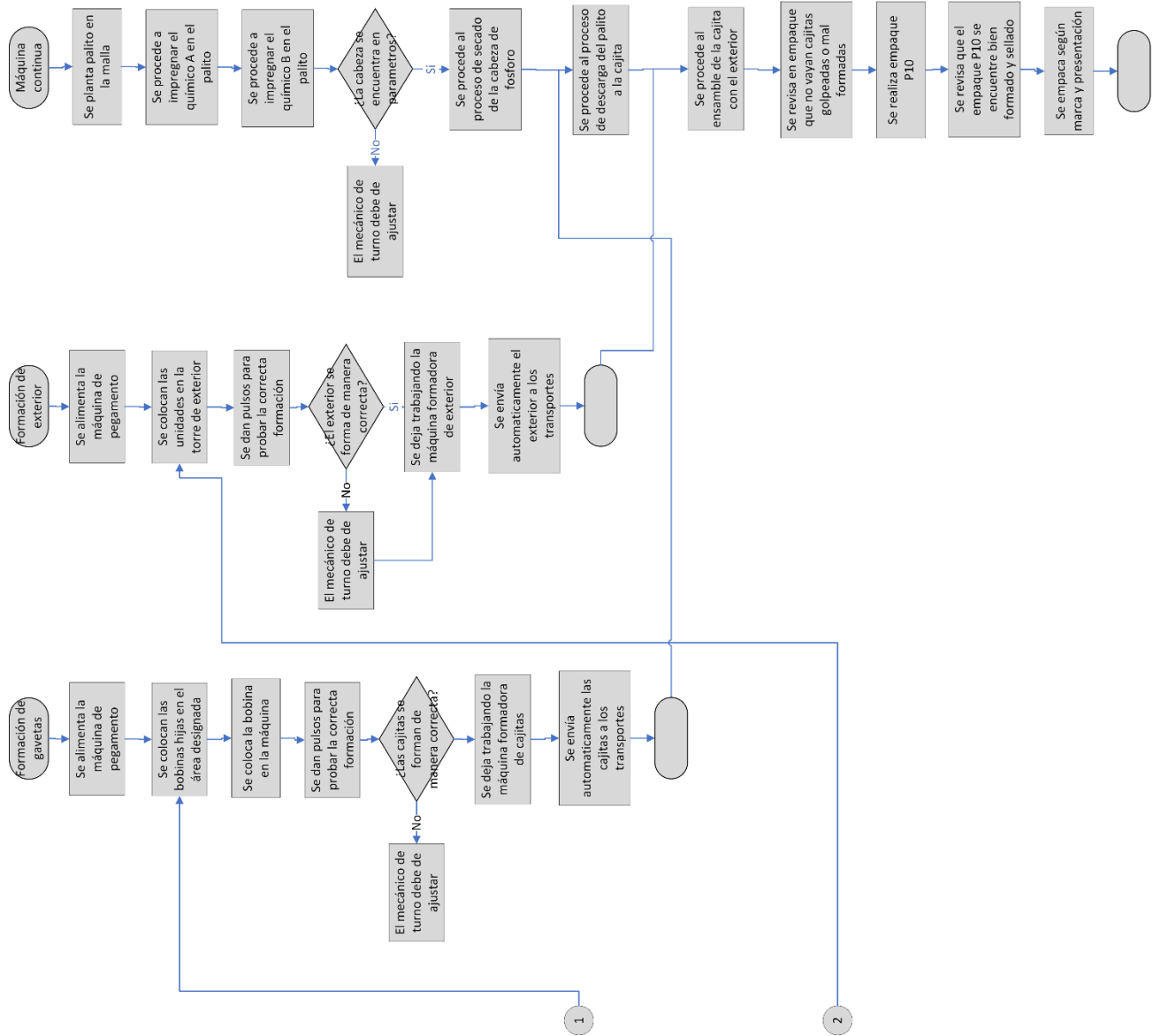
2.4. **Diagrama actual de flujo de proceso**

Se presentan las actividades necesarias para realizar el proceso de fabricación de fósforo de madera en la línea de producción A, desde las áreas auxiliares hasta la finalización del producto terminado.

Figura 9. Diagrama de flujo de proceso



Continuación de la figura 9.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010

2.4.1. Descripción de las operaciones del proceso

El proceso productivo de la línea de fósforo de madera se divide en 6 áreas principales las cuales son:

- Plantado/Descargas
- Encabezado
- Formadora de cajita
- Formadora de exteriores
- Empaque
- Empaque manual

Tenemos como parte inicial del proceso productivo el ingreso del palito al depósito llamado “zaranda” en la cual se tiene como objetivo el ordenar y posicionar el palito preparándolo para el plantado en el cual por medio de peines inserta los palitos en la malla para iniciar el proceso, pasando primero por un precalentado para preparar al palito para la impregnación tanto del químico A como del químico B durante esta impregnación es necesario verificar que el tamaño y la forma de la cabeza del fósforo cumpla con las especificaciones técnicas, de no ser así debe de realizarse un ajuste para garantizar la calidad del producto, luego de esto el fósforo inicia con su proceso de secado, en el cual por medio de uso de vapor se somete el palito a una temperatura para un secado correcto del palito, al finalizar el secado se llega a las descargas en la cual se utiliza un bloque de agujas encargado de retirar el palito de la malla para depositarlo por medio de unas palas a las cajitas, con las cajitas llenas se ingresa a los vibradores los cuales se encargan de ordenar los palitos dentro de la cajita de fósforos preparándolos para el ensamblaje de la cajita con su exterior, luego de tener la cajita formada se envía por medio de transportes al empaque, en este se verifica su formación y que no exista ningún golpe en las cajitas para luego

ser empacadas y sellados en su unidad básica el Paquete 10 o P10, para que luego el empaque manual se encarga de la última inspección visual de los paquetes y depende de la presentación y marca darles su empaque final.

2.4.2. Análisis del personal

La línea de producción A esta comprendida por 5 operadores de turno, 1 auxiliar de calidad, 1 mecánico de turno y 1 electricista de turno, se trabajan 2 turnos

Se tiene distribuido los puestos de la siguiente forma:

Tabla I. **Distribución de puestos línea de producción A**

| | Plantado / Descarga | Encabezado / Formadora de cajita | Formadora de exterior | Empaque | Empaque manual | Mantenimiento |
|-------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------|---------|----------------|---------------|
| Operador 1 | X | | | | | |
| Operador 2 | X | | | | | |
| Operador 3 | | X | | | | |
| Operador 4 | | X | | | | |
| Operador 5 | | | X | | | |
| Operador 6 | | | X | | | |
| Operador 7 | | | | X | | |
| Operador 8 | | | | X | | |
| Operador 9 | | | | | X | |
| Operador 10 | | | | | X | |

Continuación de la tabla I.

| | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|---|
| Mecánico 1 | | | | | | X |
| Mecánico 2 | | | | | | X |
| Electricista 1 | | | | | | X |
| Electricista 2 | | | | | | X |

Fuente: elaboración propia, empleando Word.

3. PROCESO DE REDISEÑO DEL TAMAÑO DE CAJITA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO

3.1. Preparación y planeación del cambio

Como parte de preparación y planeación del proyecto es necesario los análisis que se pueden revisar a continuación:

3.1.1. Análisis de costos de producción

Es importante tener un escenario base de la situación actual del proceso productivo ya que con esto se puede tener información valiosa para la toma de decisiones.

3.1.1.1. Línea de fósforos

En la empresa de fabricación de fósforo de madera se tienen dos principales líneas de producción en las cuales nos basamos para hacer el análisis del cambio, las cuales son: línea de producción A y línea de producción B.

3.1.1.2. Comparativa entre líneas

- Línea de producción A

En la tabla a continuación se tiene los valores representativos de costos de la cajita de fósforo y como se desglosa en sus componentes:

Tabla II. **Costos de materia prima línea A**

| | |
|-----------------|------|
| ENVASE CAJITA | 3,55 |
| CARTON GAVETAS | 1,03 |
| CARTON EXTERIOR | 2,34 |
| PEGAMENTO | 0,05 |
| RASCADOR | 0,13 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Teniendo un costo de mensual promedio de Q3,55, se puede evidenciar que el costo de la cajita equivale a un 30 % del costo total de un millar de fósforos.

- Línea de producción B

En la tabla a continuación se tiene los valores representativos de costos de la cajita de fósforo y como se desglosa en sus componentes:

Tabla III. **Costos de materia prima línea B**

| | |
|-----------------|------|
| ENVASE CAJITA | 3,37 |
| CARTON GAVETAS | 1,00 |
| CARTON EXTERIOR | 2,22 |
| PEGAMENTO | 0,04 |
| RASCADOR | 0,11 |

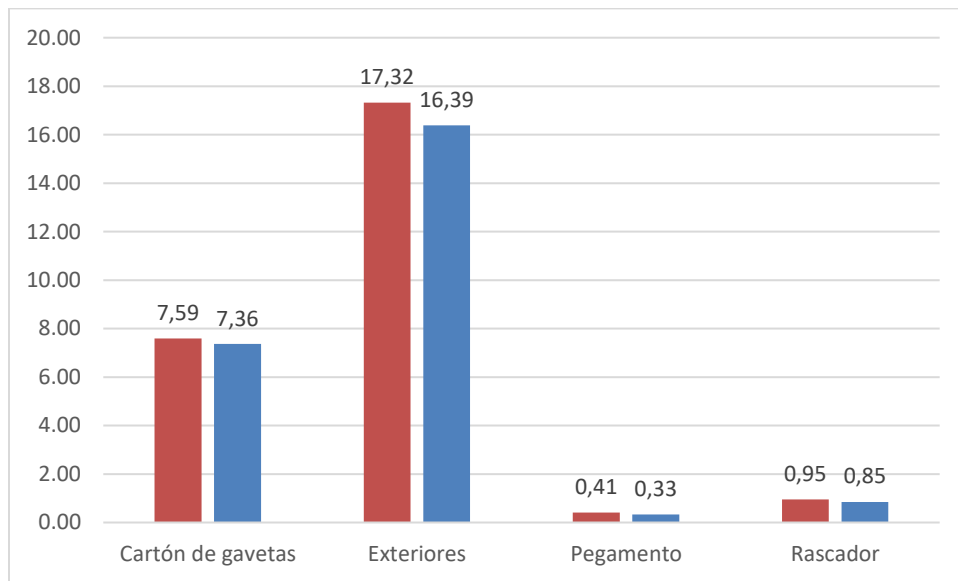
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Teniendo un costo de mensual promedio de Q3,37, se puede evidenciar que el costo de la cajita equivale a un 28 % del costo total de un millar de fósforos.

Al tener una comparación directa de los costos entre líneas podemos ver que la diferencia radica en un 5 % entre producir con un tamaño de cajita diferente

derivado a la cantidad de materia prima necesaria para su producción (línea A vs línea B).

Figura 10. **Comparativa entre líneas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.1.2. **Identificación de necesidades**

Para garantizar el resultado del proyecto, así como su efectiva ejecución el analizar y evaluar el punto de partida, se debe de identificar los puntos clave para garantizar su resultado.

3.1.2.1. Mano de obra

El departamento de mantenimiento cuenta con 7 mecánicos de línea, 2 torneros y 3 electricistas, en los cuales se apoya para realizar los proyectos que son asignados para la mejora de la empresa. Para el desarrollo de la modificación sería necesario el equipo completo de mantenimiento distribuido en equipos de trabajo.

3.1.2.2. Materiales y repuestos

Se debe realizar un extenso análisis sobre las piezas involucradas para realizar el rediseño, los puntos críticos en los cuales se realizan los cambios, como puntos primordiales se encuentran la modificación de la maquina formadora de cajita por lo cual los repuestos deben ser solicitados con las modificaciones ya realizadas.

Los materiales involucrados deben de salir de análisis para cubrir las necesidades en caso los repuestos solicitados no puedan ser realizados o en su defecto que se verifiquen piezas las cuales se puedan ajustar por medio de trabajos previos.

3.1.3. Análisis de cambios necesarios

Partiendo del plan del rediseño, se realizó un análisis en el cual se involucran todos los procesos de la fabricación del fósforo de madera, teniendo en cuenta las partes de la maquinaria que presentarían cambios, los cuales son:

3.1.3.1. Listado de máquinas involucradas

A continuación, podemos enumerar los cambios requeridos para la ejecución del proyecto.

3.1.3.1.1. Formadora de exterior

Es la máquina que debido a su funcionamiento no será necesario un cambio radical en su funcionamiento.

- Listado de piezas
 - Torre de alimentación
 - Cadena de transmisión

3.1.3.1.2. Formadora de gaveta

En esta máquina se encuentra el punto principal en la modificación, se debe de tener en cuenta que en ella se realiza la formación de la cajita, por lo que según su funcionamiento es un cambio completo en todos sus sistemas.

- Listado de piezas
 - Troquel
 - Hendedor
 - Cuchillas
 - Rueda de moldes
 - Sistema de pegado
 - Sistema de embutidores
 - Rueda de secado

3.1.3.1.3. Descargas

En esta sección de la máquina tenemos la parte donde se realiza el ensamble de la cajita luego de contener el fósforo, por lo que el principal reto es mantener los tiempos de la máquina.

- Listado de piezas
 - Cadena de arrastre de gaveta
 - Cambio de ventanas de ensamble
 - Guía anterior de ensamble

3.1.3.1.4. Transportes

Con el tema de los transportes es necesario determinar un punto de partida con el cual se pueda iniciar la reducción de los carriles, con el fin de no perder la simetría y garantizar el correcto desplazamiento de los materiales.

- Listado de piezas
 - Sección de exterior
 - Sección de gaveta
 - Distribuidores

3.1.3.1.5. Empaque

Es la parte de la máquina que se encarga de la formación del paquete, en él se encuentra a su vez el sellado del empaque principal, tomando en cuenta esta situación es necesario acoplar el sistema a un tamaño de cajita menor a la actual, todo esto sin perder la armonía de los movimientos de la máquina.

- Listado de piezas
 - Sistema de pizante
 - Sistema de alimentación de polipropileno
 - Sistema de sellado.

3.2. Fase de rediseño

Como parte del rediseño podemos visualizar los diferentes escenarios que se presentan con el fin de identificar el punto de partida óptimo para realizar una modificación.

3.2.1. Evaluación de modificaciones de piezas

Con base en el análisis realizado tenemos los siguientes puntos fundamentales requeridos para la correcta modificación.

3.2.1.1. Formación de exterior

Tenemos dos puntos esenciales los cuales se describen a continuación:

- Reducción de suplemento de torre de alimentación de exterior en 5mm. Para garantizar el posicionamiento correcto de los elementos.
- Ajuste de tamaño de cadena de transmisión (eliminación de siete eslabones de cadena paso 40).

3.2.1.2. Formación de gaveta

Tomando en consideración que es la máquina con más modificaciones necesarias se debe realizar las siguientes modificaciones:

- Modificación de troquel: este se compone en dos piezas, troquel macho y troquel hembra.
- El troquel macho al ser un eje con pequeños anillos o cuchillas necesita la reducción del eje en su centro por 1/8 de pulgada en el grosor.
- El troquel hembra, debido a ser una masa sólida no se puede modificar el existente por lo que se fabricara en torno tomando en consideración de disminuir 1/8" de pulgada en el centro, con el fin de mantener en sus extremos las medidas dadas para que se acople el troquel macho.
- Hendedores, al igual que el troquel consta de dos piezas, hendedor macho y hendedor hembra, en ellos es necesario la reducción de 1/8 de pulgada hacia su centro, tomando como apoyo que son dos ejes con anillos.
- Cuchillas, este sistema consta de las cuchillas y contra cuchillas.
- En la parte de las cuchillas se correrán 4 mm. Tomando como base la estructura de la máquina.
- En las contra cuchillas se reducirá 4 mm. Al extremo contrario de la base de la estructura de la máquina.
- Rueda de moldes, debido a que se debe disminuir su diámetro es necesario fabricarlo en taller, con una masa de acero 1045 con 3/8 de pulgada de disminución en el diámetro, realizando sus ajustes necesarios con respecto a las aperturas de sus ranuras.

- Sistema de pegado, fabricación en taller de rodillo almenado con 4 mm de reducción en su centro y eliminación de una de sus cuatro ranuras de dosificación de pegamento.
- Sistema de embutidores, se debe fabricar en taller veinte unidades con una reducción en su cara plana de 2 mm. Fabricado en acero 1045.
- Rueda de secado, es necesario disminuir 3/8 de pulgada en cada una de las caras de la rueda realizando un chaflan debido a que es necesario conservar 10 cm. De la ruada con sus caras originales para garantizar su posicionamiento en la máquina.

3.2.1.3. Descargas

- Cadena de arrastre de gaveta, se debe reducir los canales de la cadena por 4 mm. Para evitar que se presente un atasco en la guía anterior de ensamble.
- Cambio de ventanas de ensamble, se deben fabricar de acero templado, debido a que las existentes no pueden ser cortadas por el material que fueron fabricadas (tungsteno), a la cual se debe de hacer un corte de una sección de 1 milímetro de largo y 3 milímetros de ancho para garantizar que se realice el ensamble de manera correcta bajo la guía anterior de ensamble.
- Guía anterior de ensamble, se debe de colocar un suplemento de 2,5 milímetros en la superficie paralela al movimiento de la cadena de arrastre.

3.2.1.4. Transportes

Los transportes son un trabajo sencillo, pero se requiere de personal altamente calificado para realizar el trabajo de soldadura necesario.

Se divide el trabajo en los transportes de gaveta, transportes de exterior y distribuidores.

En los transportes de gaveta se debe realizar cortes por tramos, se desmonta la sección para realizar un corte en la guía derecha del transporte para luego por medio de una matriz que emula el tamaño de la gaveta se realice la soldadura de la guía en el área adecuada.

En los transportes de exterior se realiza una operación similar, en este caso las guías son ejes de 1/8 de diámetro de pulgada, de igual forma se realiza un corte de las secciones para proceder a una nueva soldadura tomando como referencia una matriz que emula el tamaño del exterior.

3.2.1.5. Empaque

Con respecto al empaque se tienen definido los siguientes trabajos:

- El sistema de pizante es necesario realizar un ajuste de su tamaño, esta calibrado para sostener cajitas de mayor altura por lo que se debe disminuir la altura 4 milímetros. Para garantizar que la cajita se sostenga sin ser deformada.
- El sistema de alimentación de polipropileno debe de modificar la forma del empaque debido a que el cambio en el tamaño de la cajita significa una

disminución en la materia prima necesaria, cambiando así la bobina de empaque en 10 cm de largo.

- En el sistema de resistencias, es necesario cambiar los bloques de resistencias, así como el carril en el cual se desliza el paquete debido a que con la modificación de tamaño es necesario garantizar el correcto sellado del paquete. Reduciendo los bloques de resistencias en 2 mm menos de altura y modificando las guías de formado de paquete disminuyendo la curvatura de 45 grados a 30 grados.

3.2.2. Análisis de adquisición de piezas

Es importante que se evalúen todos los escenarios posibles para garantizar que el proyecto sea eficiente en todos los ámbitos de este, por lo que el tema económico cumple un punto importante al momento de evaluar su realización, se tiene como base la opción de comprar la maquinaria nueva, la cual se adapta directamente al tamaño de cajita deseada y la opción de modificar la maquinaria existente con el fin de minimizar costos.

3.2.2.1. Compra de maquinaria nueva

Tomando en consideración que la línea de producción B cuenta con un formador de cajita con las medidas necesarias se optó por comparar el costo de adquisición del mismo modelo:

Tabla IV. **Adquisición de maquinaria nueva**

| TIPO | MÁQUINA | CANT. | Q UNIT. | Q TOTAL |
|-------------|-------------------------------|-------|----------|----------|
| Adquisición | Formadora de cajita (línea B) | 1 | Q420 000 | Q420 000 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.2.2.2. **Modificación de piezas existentes**

Tomando en consideración la maquinaria existente en la línea A se optó por la modificación de las piezas existentes con el fin de garantizar la nueva medida con el equipo ya adquirido:

Tabla V. **Costo de modificación de piezas existentes**

| TIPO | MÁQUINA | CANT. | Q UNIT. | Q TOTAL |
|---------|-------------------------------|-------|----------|----------|
| Reforma | Formadora de gaveta (línea A) | 2 | Q190 661 | Q381 323 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.2.2.3. **Comparativa Compra de maquinaria nueva vs. Modificación de piezas existentes**

Al comparar ambas posibilidades tenemos una diferencia de casi 4 sobre 1 en referencia a los valores (3,86 veces reformar la maquinaria existente sobre la compra de la maquinaria nueva).

Tabla VI. **Comparativa compra de maquinaria nueva vs modificación de piezas existentes**

| TIPO | MÁQUINA | CANT. | Q UNIT. | Q TOTAL |
|-------------|-------------------------------|-------|----------|----------|
| Adquisición | Formadora de gaveta (línea B) | 1 | Q420 000 | Q420 000 |
| Reforma | Formadora de gaveta (línea A) | 2 | Q190 661 | Q381 323 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Debido a la diferencia que asciende a Q311 051,00 se recomienda la reforma de la maquinaria existente.

3.2.3. Propuesta técnica de rediseño

Se tiene previsto la modificación del tamaño de cajita de fósforo en la línea de producción A, con el objetivo de minimizar los costos de materias primas y tener un ahorro de Q0,24 por millar de fósforo producido.

- Descripción de rediseño

Tomando en consideración los costos asociados a la adquisición de maquinaria nueva se opta por la reforma de la maquinaria existente, dichos cambios se presentan a continuación:

Tabla VII. **Descripción de rediseño**

| | | |
|-----------------------|--|---|
| Formadora de exterior | Alimentación de tapas | Ajuste de eje de alimentación |
| | Transmisión | Ajuste de cadena de transmisión |
| Transportes | transporte hacia cierres | Toma de medidas y levantamiento de materiales |
| | Distribuidor 1-4 | Ajustar centrado |
| Formadora de gaveta | Troquel | Modificación de pieza |
| | Hendedor Hembra | Fabricación de piezas |
| | Hendedor Macho | Modificación de pieza |
| | Cuchillas | Modificación de pieza |
| | Contra cuchilla | Modificación de pieza |
| | Rueda de moldes | Fabricación de piezas |
| | Sistema de pegado (Almenado) | Fabricación de piezas |
| | Sistema de embutidores | Modificación de pieza |
| | Placas de rueda de secado y tornillos especiales | Fabricación de piezas |
| | Rueda de secado | Fabricación de piezas |
| | Transportes | Transporte hacia cierres |
| Distribuidor 1-4 | | Ajustar centrado |
| Descargas | Cadena de arrastre de gavetas | Fabricación de piezas |
| | Ventanas de gaveta | Fabricación de piezas |
| | Transporte de salida de cierres | Toma de medidas y levantamiento de materiales |

Fuente: elaboración propia, Empleando Microsoft Excel.

Para la preparación de los materiales y repuestos se propone un cronograma en el cual se trabaje previamente por 6 meses los materiales y piezas para garantizar la eficiencia del proyecto.

El cronograma se presenta a continuación:

Tabla VIII. Cronograma de adquisición de piezas

| Maquina | Sistema | Pasos | Mes 1 | | Mes 2 | | Mes 3 | | | Mes 4 | | | Mes 5 | | | | Mes 6 | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|--|-------|---|-------|---|-------|---|---|-------|---|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Formadora de exterior | Alimentación de tapas | 1 ajuste de eje de alimentación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Transmisión | 2. Ajuste de cadena de transmisión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transportes | transporte hacia cierres | 1. Toma de medidas y levantamiento de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Pedida de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Distribuidor 1-4 | 1. Ajustar centrado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| formadora de gaveta | Troquel | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Modificación de pieza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hendedor Hembra | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Fabricación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hendedor Macho | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Modificación de pieza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cuchillas | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Modificación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación de la tabla VIII.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Contra cuchilla | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Modificación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rueda de moldes | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Fabricación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sistema de pegado (Almenado) | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Fabricación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sistema de embudidores | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Modificación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Placas de rueda de secado y tornillos especiales | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3. Fabricación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rueda de secado | 1. Toma de medidas y recolección de información | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3. Fabricación de piezas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transportes | Transporte hacia cierres | 1. Toma de medidas y levantamiento de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Pedida de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Distribuidor 1-4 | 1. Ajustar centrado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Descargas | Cadena de arrastre de gavetas | 1. Revisión de flejes para garantizar el posicionamiento de gaveta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Fabricación de separadores para soporte de gaveta a nueva medida. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación de la tabla VIII.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|---|---|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | Ventanas de gaveta | 1. Toma de medidas y recolección de información | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Elaboración de plano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3. Fabricación de piezas | | | | | | | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Transporte de salida de cierres | 1. Toma de medidas y levantamiento de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2. Pedida de materiales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Luego de cumplir con los tiempos y de adquirir todos los materiales y repuestos está el plan final para trabajar el proyecto, tomando como base los 25 días disponibles para realizar la modificación. El cual se presenta a continuación:

Tabla IX. **Cronograma de puesta en marcha de rediseño**

| Tareas | Mes X | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | | | |
| Modificación de troquel de formadora de gaveta | █ | | | | | | | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Modificación de carriles de exterior (rectos) | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| Modificación de carriles de gaveta (rectos) | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| Modificación de carriles de exterior (curvos) | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| Modificación de carriles de gaveta (curvos) | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| Desmontaje y maquinado de ruedas de moldes | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |

Continuación de la tabla IX.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Instalación y pruebas de troquel formadora de gaveta | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y pruebas de hendido | ■ | | | | ■ | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| Instalación y pruebas de rodillo de cuchilla y contra cuchilla | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fabricación de media luna (reducción) | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y pruebas de rodillo almenado | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y prueba de rueda de moldes | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fabricación de separadores de uñas de extracción de gaveta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y prueba de rueda de embutidores | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación y prueba de rueda de secado | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reducción de canal de rampa de salida de formadora de gaveta | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cromado de ruedas de secado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajuste de equilibradores y transporte hacia empaque | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Instalación de bujes separadores alimentación de gaveta hacia cierres | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación de la tabla IX.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Instalación de guías tope de gaveta para cierres | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajuste y calibración de formadora de exterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajuste y calibración de empaque | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajuste de carriles de salida de paquete (empaque) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia, Empleando Microsoft Excel.

3.2.4. Costos asociados

Se identifican a continuación cuales son los costos envueltos dentro del proyecto de rediseño.

3.2.4.1. Costo por paro de maquinaria

El costo por paro de maquinaria se puede absorber durante los seis meses de preparación del proyecto ya que el fósforo de seguridad no es un producto perecedero por lo que se planifica almacenar para cubrir los 25 días de paro de producción y no tener pérdidas en este rubro.

Tabla X. **Costo por paro de maquinaria**

| | |
|---------------|-------------|
| Costo diario | Q22 210,27 |
| Costo 25 días | Q555 256,80 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.2.4.2. Costo por mano de obra

Para la ejecución de la modificación del tamaño de la cajita en su rediseño se estableció como costos directos de mano de obra los siguientes:

Tabla XI. Costo por mano de obra

| Costo de mano de Obra | |
|------------------------------|------------|
| jefe de taller | Q18 790,00 |
| supervisor de mantenimiento | Q5 921,00 |
| mecánicos expertos | Q21 317,00 |
| mecánicos auxiliares | Q9 474,00 |
| eléctricos | Q2 369,00 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Teniendo un total de Q54 871,00 de mano de obra.

3.2.4.3. Costo por materiales e insumos

Los costos por materiales e insumos los dividimos en dos rubros que son, costos por maquinaria y los costos por estructura.

Tabla XII. **Costo por materiales e insumos**

| Tipo | Cantidad | Descripción | Q unitario | Q total |
|------------|----------|-------------------------------------|------------|------------|
| Maquinaria | 1 | Sistema de pegado (ambos rodillos) | Q8 245,27 | Q8 425,27 |
| | 1 | Sistema de troquel (macho y hembra) | Q16 620,20 | Q16 620,20 |
| | 1 | Sistema hendedor | Q23 685,14 | Q23 685,14 |
| | 1 | Cilindro de contra cuchilla | Q3 315,92 | Q3 315,92 |
| | 1 | Rueda de moldes | Q18 948,11 | Q18 948,11 |
| | 1 | Rueda de secado | Q37 896,22 | Q37 896,22 |
| | 24 | Embutidores | Q236,85 | Q5 684,43 |
| | 176 | Ventanas (Peine Variante, Cierres) | Q331,59 | Q58 360,18 |
| | 13 | Separador de cuchillas | Q284,22 | Q3 694,88 |
| | 50 | Bandejas | Q284,22 | Q14 211,08 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Obteniendo una suma de Q190 661,43 por compra de maquinaria.

Tabla XIII. **Costo de materiales para estructura**

| Tipo | Cantidad | Descripción | Q unitario | Q total |
|----------------------------|----------|-----------------------------|------------|-----------|
| Materiales para estructura | 45 | Varilla de inoxidable 6 mts | Q142,11 | Q6 394,99 |
| | 20 | Marcos para alimentación | Q94,74 | Q1 894,81 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Obteniendo una suma de Q8 289,80 por compra de materiales para estructura.

3.2.4.4. Costo por energía y suministros

Los costos de energía y suministros se pueden desglosar de la siguiente forma:

Tabla XIV. Costo por energía y suministros

| Nombre | Descripción | Costo |
|--------------------------|---|-----------|
| Energía eléctrica | Energía necesaria para el funcionamiento de los equipos | Q2 700,00 |
| Aire comprimido | Energía utilizada para activar ciertos mecanismos de la maquinaria | N/A |
| Torno industrial | Máquina necesaria para el maquinado de piezas | N/A |
| Fresa industrial | Máquina necesaria para el maquinado de piezas | N/A |
| Rectificadora industrial | Máquina necesaria para el maquinado de piezas | N/A |
| Soldadora eléctrica | Máquina necesaria para realizar soldadura | N/A |
| Pulidora industrial | Máquina necesaria para el maquinado de piezas | N/A |
| Caja de herramientas | Herramienta necesaria para los ajustes necesarios en la maquinaria | N/A |
| Equipo de protección | Equipo utilizado para la protección y cuidado del personal según el trabajo requerido | N/A |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Todo el equipo de energía y suministros que se identifican con un N/A es debido a que son equipos que ya se encuentran en planta y no generan un costo

añadido debido a que son utilizados diariamente en los procesos normales de la empresa.

Teniendo un costo total por energía y suministros de Q2 700,00.

3.2.5. Planificación estratégica de rediseño

Es crucial tener a la vista los panoramas que envuelven al proyecto por lo que se decide realizar un reporte gerencial del plan estratégico acerca de cómo se abarca cada punto del proyecto.

Como objetivos del proyecto se tiene realizar un ahorro en el rubro de materias primas sobre la actual presentación de tamaño de cajita.

El proyecto será realizado directamente por el departamento de mantenimiento, será liderado por el jefe de planta el cual delega la planificación y ejecución al jefe de taller y al supervisor de mantenimiento, luego de evaluar las necesidades se opta por utilizar todo el equipo de mantenimiento para realizarlo. El equipo consta de siete mecánicos, los cuales se distribuyen de la siguiente forma: dos mecánicos expertos en la línea de producción A, cuatro mecánicos auxiliares que son los mecánicos que apoyan en el área del taller y el electricista de turno en la planta.

Debido a la complejidad del proyecto se planificó realizarlo en dos etapas, la primera etapa es por medio de la adquisición de materiales e insumos, se realiza un cronograma que dura aproximadamente seis meses en el cual consiste en que el departamento de mantenimiento coordina y cotiza los materiales necesarios para reformar las diferentes piezas de la maquinaria esto con el fin de

tener todo a punto para cuando empiece la segunda etapa, la cual consiste en un plan de 25 días, en los cuales se realiza la reforma de la línea A.

Luego de realizar un análisis previo sobre las necesidades del proyecto, las partes involucradas y las modificaciones necesarias se realizó la propuesta técnica del proyecto, en ella se identifica y se expone todas las modificaciones necesarias para el éxito del proyecto, con base a esto se logra realizar un presupuesto que satisfaga estas necesidades dando con ello un valor para la inversión de Q447 231,00, luego de la evaluación de los resultados esperados tenemos que esta inversión debe de retornar en no más de 1,3 años considerando tener un Q0,24 de ahorro por millar de fósforo producido.

3.2.5.1. Evaluación de viabilidad

Es importante tener un escenario real sobre la propuesta de rediseño ya que con esta información se puede verificar el impacto que puede surgir en base a la propuesta presentada, a continuación, se presenta la viabilidad del rediseño:

Tabla XV. **Inversión**

| TIPO | MÁQUINA | CANT. | Q UNIT. | Q TOTAL |
|---------|-----------------------|-------|--------------|-----------------|
| Reforma | Maquinaria | 2 | Q190 661 | Q381 323 |
| Reforma | Materiales e insumos | 1 | Q8 337 | Q8 337 |
| Reforma | Energía y suministros | 1 | Q2 700 | Q2 700 |
| Reforma | MOI | | | Q54 871 |
| | | | | |
| | | | TOTAL | Q447 231 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVI. **Análisis de recuperación de inversión 1**

| TOTAL, LINEA A | COSTO ACTUAL | COSTO PROY. | Observaciones: |
|-----------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|
| Materias primas | Q9,49 | Q9,26 | |
| Mano de obra directa | Q0,67 | Q0,67 | |
| Mano de obra indirecta | Q0,00 | Q0,00 | |
| Gtos. Generales. Indirectos | Q1,77 | Q1,77 | |
| Gastos de fabricación | Q0,00 | Q0,00 | |
| Depreciaciones | Q0,06 | Q0,06 | |
| Costo total x millar | Q11,99 | Q11,76 | Ahorro de 2 % |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVII. **Análisis de recuperación de inversión 2**

| | | |
|--|-----------------|-------------|
| Ahorro por millar | Q0,24 | |
| Producción presupuesto 2018 (millar) | 1,445,095 | |
| Ahorro anual | Q343,681 | |
| Recuperación de la inversión | 1.3 | años |
| Tiempo Aproximado para modificación | | 25 días |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Al realizar el análisis de retorno del capital invertido se puede concluir que el ahorro por millar es de Q0,24, se utilizó el presupuesto del año 2018 como base para el cálculo del ahorro anual, obteniendo con esto un cálculo de 1,3 años cabe considerar que luego de la recuperación del capital el ahorro continúa con un promedio de Q343 681,00 de ahorro anual.

3.2.5.2. **Elaboración de presupuesto**

El presupuesto del rediseño se puede simplificarse en cuatro rubros, siendo el costo de reforma de las dos formadoras de gaveta, el costo de materiales e insumos, los gastos de energía y suministros y la mano de obra indirecta del

departamento de mantenimiento encargado del proyecto, quedando de la siguiente forma:

Tabla XVIII. **Presupuesto del proyecto**

| TIPO | MAQUINA | CANT. | Q UNIT. | Q TOTAL |
|---------|-----------------------|-------|----------|----------|
| Reforma | Maquinaria | 2 | Q190 661 | Q381 323 |
| Reforma | Materiales e insumos | 1 | Q8 337 | Q8 337 |
| Reforma | Energía y suministros | 1 | Q2 700 | Q2 700 |
| Reforma | MOI | | | Q54 871 |

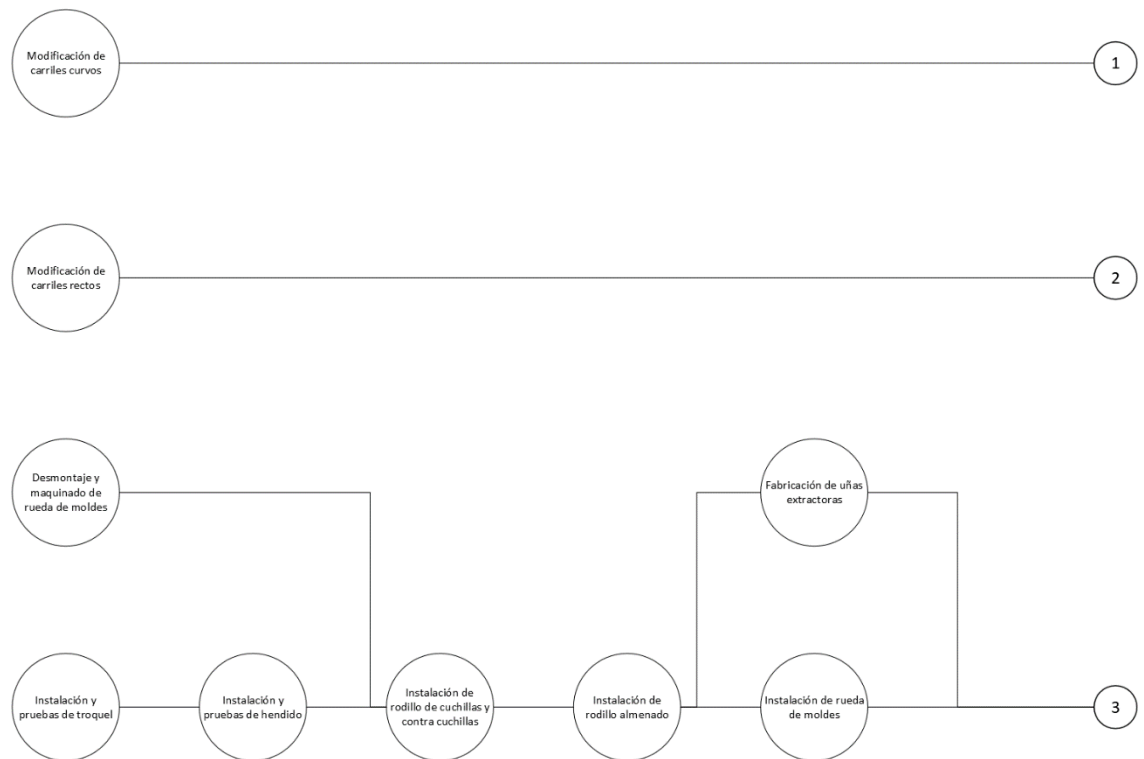
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4. PROPUESTA DE EJECUCIÓN DE REDISEÑO DEL TAMAÑO DE CAJITA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO

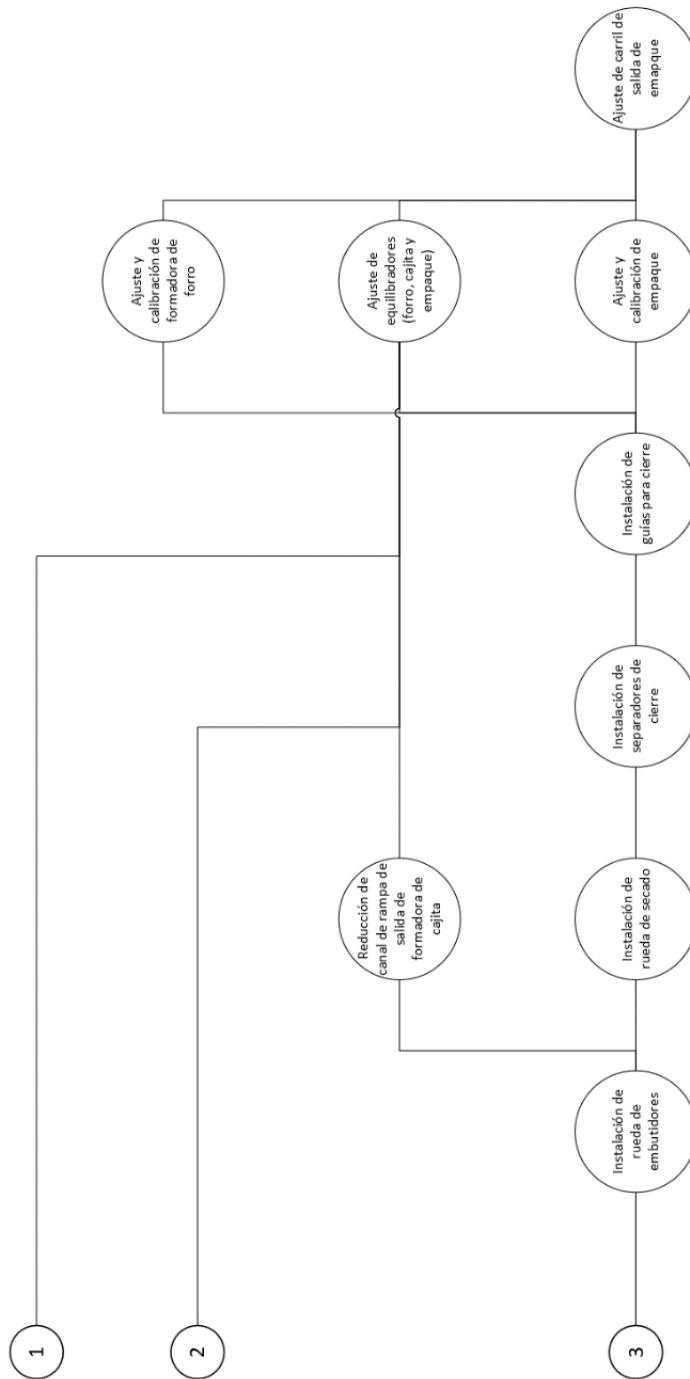
4.1. Diagrama de flechas

Es importante que todos los puntos del proyecto sean tomados en cuenta por lo que se elabora un diagrama de flechas en la cual se puede visualizar paso a paso el proceso que debe de llevar la ejecución del rediseño

Figura 11. Diagrama de flechas



Continuación de la figura 11.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.2. Identificación de responsables

En la siguiente tabla se identifica el personal que es involucrado en el proyecto, así como los roles de cada uno de ellos para garantizar su óptima ejecución.

Tabla XIX. **Responsables del proyecto**

| Puesto | Autoridades | Responsabilidades |
|----------------|--|--|
| Jefe de planta | Líder de proyecto. Tiene la autoridad de adelantar o atrasar el proyecto Autoriza la adquisición de materiales y repuestos. Puede solicitar avances en cualquier punto del proyecto. Controla presupuesto del proyecto. | Aprobar la adquisición de materiales o repuestos. Monitoreo de reuniones mensuales del equipo técnico. Encargado de velar por el cumplimiento del presupuesto del proyecto. Encargado de garantizar el tiempo de realización del proyecto. |
| Jefe de taller | Segundo al mando del proyecto con el supervisor de mantenimiento, Encargado de seleccionar proveedores para materiales o repuestos Encargado de liderar la ejecución del proyecto en sitio Encargado de liderar reuniones con el departamento de mantenimiento. | Presionar al departamento de compras para garantizar los tiempos de entrega de materiales y repuestos Transmitir e identificar las mejoras que salgan en las reuniones con el departamento de mantenimiento. Seguimiento al cronograma para la entrega del proyecto en tiempo Encargado de realizar los diseños de las piezas y selección de materiales |

Continuación de la tabla XIX.

| | | |
|------------------------------------|--|---|
| <p>Supervisor de mantenimiento</p> | <p>Segundo al mando del proyecto con el jefe de taller Encargado de liderar reuniones con el departamento de mantenimiento. Monitorear los avances del departamento de mantenimiento</p> | <p>Encargado de realizar las solicitudes de materiales y repuestos Encargado de darle seguimiento al presupuesto del proyecto Darle seguimiento al cronograma para la entrega a tiempo del proyecto Ser la conexión entre el departamento de mantenimiento y el jefe de planta.</p> |
| <p>Mecánico Experto 1</p> | <p>Liderar al grupo de mecánicos auxiliares que lo apoyan</p> | <p>Culminar de forma eficiente los pasos que sean asignados del proyecto Delegar trabajo para el equipo de mecánicos de apoyo para agilizar la operación Ser eficientes en el uso de suministros para la ejecución del proyecto</p> |
| <p>Mecánico Experto 2</p> | <p>Liderar al grupo de mecánicos auxiliares que lo apoyan</p> | <p>Culminar de forma eficiente los pasos que sean asignados del proyecto Delegar trabajo para el equipo de mecánicos de apoyo para agilizar la operación Ser eficiente en el uso de suministros para la ejecución del proyecto</p> |

Continuación de la tabla XIX.

| | | |
|---------------------|-----|--|
| Mecánico Auxiliar 1 | N/A | Apoyar directamente al mecánico experto 1 Ser eficiente en el uso de suministros para la ejecución del proyecto |
| Mecánico Auxiliar 2 | N/A | Apoyar directamente al mecánico experto 1 Ser eficiente en el uso de suministros para la ejecución del proyecto |
| Mecánico Auxiliar 3 | N/A | Apoyar directamente al mecánico experto 2 Ser eficiente en el uso de suministros para la ejecución del proyecto |
| Mecánico Auxiliar 4 | N/A | Apoyar directamente al mecánico experto 2 Ser eficiente en el uso de suministros para la ejecución del proyecto |
| Electricista | N/A | Garantizar que todo el sistema eléctrico de la maquinaria no sea afectado durante el proyecto Brindar apoyo en lo que requiera modificación en los sistemas eléctricos según se presente en el proyecto Monitorear los requerimientos que surjan durante el proyecto |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.2.1. Competencias necesarias

Para el personal involucrado se identificaron las siguientes competencias:

Tabla XX. Competencias necesarias

| Puesto | Competencias mínimas |
|----------------|---|
| Jefe de planta | <ul style="list-style-type: none">• Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial o Licenciatura en Administración de empresas• 10 años de experiencia en la empresa• Liderazgo• Trabajo en equipo• Toma de decisiones• Adaptación al cambio• Comunicación efectiva• Capacidad de análisis |
| Jefe de taller | <ul style="list-style-type: none">• Ingeniería Mecánica, Mecánica Industrial o en su defecto 10 años de experiencia en mantenimiento de la empresa o corporación• Liderazgo• Toma de decisiones• Conocimientos en materiales e insumos• Conocimientos de torno y fresadora• Conocimientos de electricidad• Experiencia como supervisor de mantenimiento• Planificación y desarrollo de proyectos• Trabajo en equipo• Comunicación efectiva |

Continuación de la tabla XX.

| | |
|-----------------------------|---|
| Supervisor de mantenimiento | <ul style="list-style-type: none"> • Pensum cerrado en Ingeniería Mecánica o Mecánica Industrial • Liderazgo • Toma de decisiones • Conocimientos en materiales e insumos • Comunicación efectiva • Trabajo en equipo • Capacidad de análisis y generación de reportes |
| Mecánico experto 1 y 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Mecánico tornero • Mecánico de ajustes • Conocimientos en materiales e insumos • 10 años de experiencia en mantenimiento de la línea A • Toma de decisiones • Conocimientos de electricidad • Conocimientos de neumática básica • Trabajo en equipo • Conocimientos de soldadura industrial |
| Mecánico auxiliar 1 – 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Mecánico tornero • Conocimientos en materiales e insumos • Conocimientos de soldadura industrial • Trabajo en equipo |
| Electricista | <ul style="list-style-type: none"> • Electricista Industrial o Electrónico Industrial • Conocimientos en neumática • Conocimientos en PLC • Aprobar con 95 puntos el examen de aprobación de electricistas • Trabajo en equipo • Toma de decisiones |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.3. Materiales y repuestos

Siendo de vital importancia, los materiales y repuestos deben de ser gestionados de la forma óptima, garantizando que se tendrá todo el material a tiempo siempre respetando el presupuesto de estos.

4.3.1. Solicitud de materiales/repuestos

El proceso de solicitud de materiales y repuestos se realiza bajo el departamento de compras, el departamento de mantenimiento es responsable de realizar el listado de los materiales necesarios en la modificación para proceder con la solicitud, el departamento de compras maneja tiempos de entre quince días y un mes para materiales o repuestos locales, mientras que se manejan entre dos a tres meses para repuestos de importación, es importante tomar en cuenta estos tiempos para no entorpecer los tiempos de trabajo y garantizar así los 25 días presupuestados para la realización del proyecto.

4.3.2. Tiempo de compra/modificación

Tomando en consideración la magnitud de los trabajos y los materiales se tiene planificado trabajar con 6 meses de anticipación, esto buscando que todo los materiales, repuestos y piezas que sean requeridas para el rediseño estén disponibles al momento de iniciar los 25 días de paro.

4.3.3. Control de gastos y del presupuesto

Para garantizar un mejor control de la inversión y que el presupuesto se cumpla, se asigna al supervisor de mantenimiento, el cual semanalmente realiza

la rendición de cuentas con respecto al proyecto. Se deben seguir los siguientes lineamientos para garantizar el control de gastos:

- Se debe contar con 3 cotizaciones de diferentes proveedores para la toma de decisión de contrataciones.
- Para la elección de uno de los proveedores se realiza una verificación de costos, calidad y tiempo de entrega en conjunto con el jefe de taller.
- Posterior a la selección del proveedor se verificará el costo real contra el costo presupuestado para garantizar estar dentro de los márgenes de gastos establecidos.

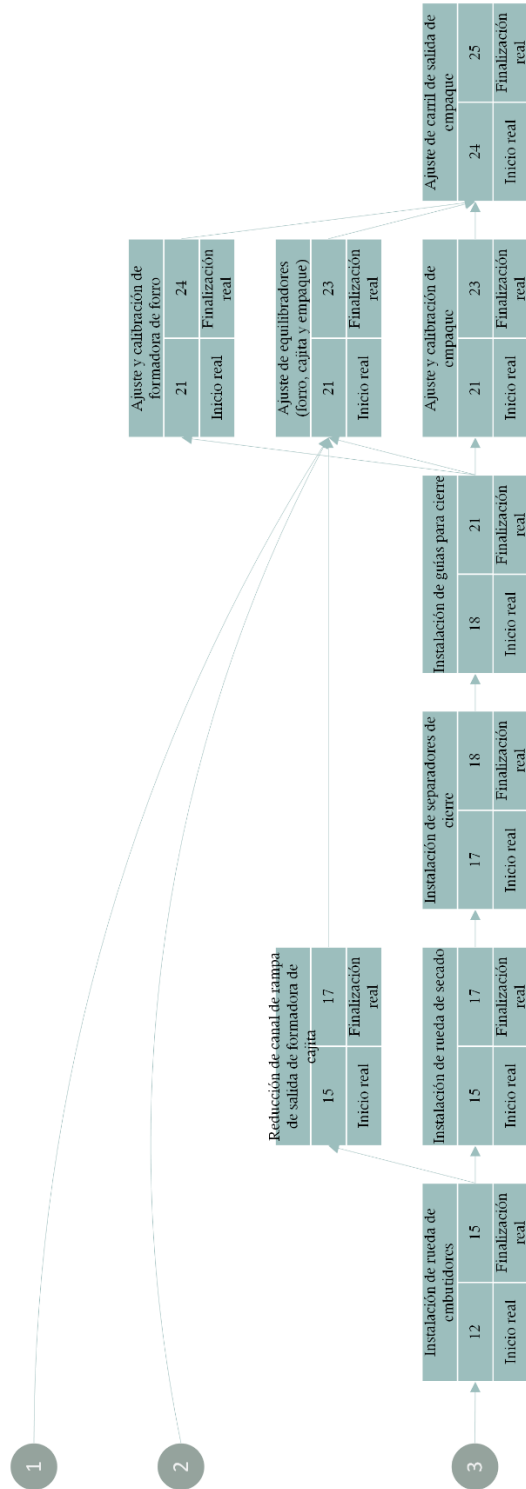
4.4. Ruta crítica de proyecto

Luego de conocer los requerimientos y los pasos a seguir de cada una de las actividades del proyecto se realizó el análisis correspondiente para calcular la ruta crítica, el diagrama se muestra a continuación:

Figura 12. Ruta crítica del proyecto



Continuación de la figura 12.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.4.1. Actividad crítica

Según el diagrama realizado podemos observar lo siguiente:

Tabla XXI. Actividad crítica

| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN | PREDECESORA | DURACIÓN (DÍAS) |
|-----------|--|-------------|-----------------|
| A | Modificación de carriles curvos | | 15 |
| B | Modificación de carriles rectos | | 21 |
| C | Desmontaje y maquinado de rueda de moldes | | 5 |
| D | Instalación y prueba de troquel | | 3 |
| E | Instalación y prueba de hendido | D | 2 |
| F | Instalación de rodillo de cuchillas y contra cuchillas | C, E | 4 |
| G | Instalación de rodillo almenado | F | 1 |
| H | Fabricación de uñas extractoras | G | 1 |
| I | Instalación de rueda de moldes | G | 2 |
| J | Instalación de rueda de embutidores | H, I | 3 |
| K | Reducción de canal de rampa de salida de formadora de cajita | J | 2 |
| L | Instalación de rueda de secado | J | 2 |
| M | Instalación de separadores de cierre | L | 1 |

Continuación de la tabla XXI.

| | | | |
|---|--|------------|---|
| N | Instalación de guías para cierre | M | 3 |
| O | Ajuste y calibración de formadora de forro | N | 3 |
| P | Ajuste de equilibradores (forro, cajita y empaque) | A, B, K, N | 2 |
| Q | Ajuste y calibración de empaque | N | 2 |
| R | Ajuste de carril de salida de empaque | O, P, Q | 1 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Teniendo como ruta crítica la siguiente:

D – E – F – G – I – J – L – M – N – O – R

Con una duración de 25 días.

4.4.2. Actividad con holgura

Es de vital importancia el identificar la holgura que presenta cada una de las actividades relacionadas al proyecto, ya que con ellos se ve donde se debe de prestar un mejor enfoque para garantizar los tiempos y presupuestos.

Tabla XXII. **Actividad con holgura**

| ACTIVIDAD | DESCRIPCIÓN | PREDECESORA | HOLGURA (DÍAS) |
|------------------|--|--------------------|-----------------------|
| A | Modificación de carriles curvos | | 6 |
| B | Modificación de carriles rectos | | 0 |
| C | Desmontaje y maquinado de rueda de moldes | | 0 |
| D | Instalación y prueba de troquel | | 0 |
| E | Instalación y prueba de hendido | D | 0 |
| F | Instalación de rodillo de cuchillas y contra cuchillas | C, E | 0 |
| G | Instalación de rodillo almenado | F | 0 |
| H | Fabricación de uñas extractoras | G | 1 |
| I | Instalación de rueda de moldes | G | 0 |
| J | Instalación de rueda de embutidores | H, I | 0 |
| K | Reducción de canal de rampa de salida de formadora de cajita | J | 4 |
| L | Instalación de rueda de secado | J | 0 |
| M | Instalación de separadores de cierre | L | 0 |
| N | Instalación de guías para cierre | M | 0 |
| O | Ajuste y calibración de formadora de forro | N | 0 |

Continuación de la tabla XXII.

| | | | |
|---|--|------------|---|
| P | Ajuste de equilibradores (forro, cajita y empaque) | A, B, K, N | 1 |
| Q | Ajuste y calibración de empaque | N | 1 |
| R | Ajuste de carril de salida de empaque | O, P, Q | 0 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.5. Periodos de mantenimiento preventivo

Parte principal de garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria es mantener sus periodos de mantenimiento preventivo al día, a continuación, se propone un cronograma en el cual se indican los tiempos de revisión y mantenimiento necesario para las piezas involucradas en el proceso de rediseño:

Tabla XXIII. **Periodo de mantenimiento preventivo de formadora de gaveta**

| No. | Formadora de gaveta 1 y 2 | Condición | Frecuencia de inspección | Frecuencia de mantenimiento | Tiempo de mantenimiento | Número de personas necesarias |
|-----|---|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | Inspección de polea y faja de motor principal | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 2 | Inspección de transmisión alimentación | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 3 | Inspección de transmisión principal | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 4 | Inspección de sistema de hendedores | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 5 | Inspección de sistema corte cuchilla | Detenida | 26 semanas | | | Una |

Continuación de la tabla XXIII.

| | | | | | | |
|----|---|----------|------------|------------|----------|-----|
| 6 | Cambio de cuchillas | Detenida | | 52 semanas | 2 días | Una |
| 7 | Inspección de sistema corte | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 8 | Inspección de sistema rueda de moldes | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 9 | Inspección de sistema de embutidores | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 10 | Cambio de rodamientos a porta embutidores | Detenida | | 52 semanas | 2 días | Una |
| 11 | Inspección de sistema de rueda de secado | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 12 | Rectificado de placas de secado | Detenida | | 52 semanas | 2 días | Una |
| 13 | Inspección de sistema prensores | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 14 | Cambio de casquillos y rodamientos | Detenida | | 52 semanas | 2 días | Una |
| 15 | Inspección de lengüeta | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 16 | Inspección de tren de engranajes | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 17 | Inspección de sistema alimentador | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 18 | Inspección de rodamientos y ejes | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 19 | Inspección de rodillos lisos y almenados | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 20 | Inspección de rodamientos en los ejes de los rodillos | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 21 | Inspección de corte | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 22 | Inspección de rodamiento | Detenida | 52 semanas | | | Una |
| 23 | Cambio de rodamientos | Detenida | | 52 semanas | 1 semana | Una |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXIV. Periodo de mantenimiento preventivo de formadora de exterior

| No. | Formadora de exterior | Condición | Frecuencia de inspección | Frecuencia de mantenimiento | Tiempo de mantenimiento | Número de personas necesarias |
|-----|--|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | Inspección de polea y bandas de transmisión | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 2 | Inspección de transmisión principal | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 3 | Inspección de tren de engranajes helicoidales movimiento | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 4 | Inspección de limitador y retenedor de elementos | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 5 | Inspección de guías y tornillos en torre | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 6 | Inspección de sprocket y cadena con su rodamiento | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 7 | Inspección de rodillo grafado superiores e inferiores para arrastre de los elementos | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 8 | Inspección de ejes en rodillo liso | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 9 | Inspección de eje que transmite movimiento al gomero | Detenida | 52 | 6 meses | 3 días | Una |
| 10 | Inspección de soporte para aplicación de pegamento | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 11 | Inspección de bloque, tornillos de ajuste | En marcha | 52 | 6 meses | 3 días | Una |
| 12 | Inspección de fijador de la barra | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 13 | Inspección de pines y rodamientos de matriz | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 14 | Inspección de cadena de arrastre | Detenida | 52 | 6 meses | 3 días | Una |

Continuación de la tabla XXIV.

| | | | | | | |
|----|--|-----------|----|---------|--------|-----|
| 15 | Inspección de piñones de transmisión | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 16 | Inspección de tensores cadena | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 17 | Inspección de guía | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 18 | Inspección de disco plegadores interno | Detenida | 52 | 6 meses | 3 días | Una |
| 19 | Inspección de disco plegadores externo | Detenida | 52 | 6 meses | 3 días | Una |
| 20 | Inspección de disco prensor | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 21 | Inspección de rodamientos sistema de pegado | Detenida | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 22 | Inspección de rodos y ejes formadores de escuadra | En marcha | 26 | 6 meses | 3 días | Una |
| 23 | Inspección de limitador de goma | Detenida | 8 | 6 meses | 1 día | Una |
| 24 | Inspección de eje bujes disco engomado | Detenida | 8 | 6 meses | 1 día | Una |
| 25 | Inspección de poleas y correas | Detenida | 16 | 6 meses | 1 día | Una |
| 26 | Inspección de banda transportadora | Detenida | 16 | 6 meses | 1 día | Una |
| 27 | Inspección de rodo transmisión de movimiento banda | Detenida | 16 | 6 meses | 1 día | Una |
| 28 | Inspección de rodos tensores | Detenida | 16 | 6 meses | 1 día | Una |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXV. Periodo de mantenimiento preventivo de descargas

| No. | Descargas 1-4 | Condición | Frecuencia de inspección | Frecuencia de mantenimiento | Tiempo de mantenimiento | Número de personas necesarias |
|-----|---|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | Inspección de cadena de arrastre gavetas | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 2 | Inspección de sistema de pala | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 3 | Inspección de barredera móvil | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 4 | Inspección de sistema de expulsión | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 5 | Inspección de cadena de arrastre gavetas llenas | En marcha | 26 semanas | | | Una |
| 6 | Inspección de rodamientos en chumaceras en eje de vibrador cajitas llenas | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 7 | Inspección de ejes de transmisión | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 8 | Inspección de piñón de bronce paso de forro | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 9 | Inspección de colas de milano | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |
| 10 | Cambio de colas de milano | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |
| 11 | Inspección de leva donde se desplaza movimiento de cerrado | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |
| 12 | Inspección de rodamientos donde se desplaza la cola de milano | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |
| 13 | Inspección de rodamientos donde se desplaza la cola de milano | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 14 | Inspección de 1 eje vertical arrastre cadena de gavetas | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |
| 15 | Inspección de eje horizontal que da transmisión a los ejes verticales | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |
| 16 | Cambio de rodamientos de chumacera de eje que le da transmisión a los cierres | Detenida | | 52 semanas | 4 días | Una |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVI. **Periodo de mantenimiento preventivo de empaque**

| No. | Empaque | Condición | Frecuencia de inspección | Frecuencia de mantenimiento | Tiempo de mantenimiento | Número de personas necesarias |
|-----|--|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | Inspección de transmisión de banda | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 2 | Inspección de estrella ordenadora | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 3 | Inspección de eje de estrella ordenadora | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 4 | Inspección de guías que ordenan las cajas | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 5 | Inspección de eje cardán | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 6 | Inspección de sistema de trinquete y uña de eje cardán | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 7 | Inspección de rótulas de eje cardán | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 8 | Inspección de banda transportadora de cajas | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 9 | Inspección de rodillos de tensión de band | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 10 | Inspección de mecanismo de soporte de cajas | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 11 | Inspección de rodillos niveladores de cajas | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 12 | Inspección de banda y polea de transmisión de rodillos niveladores | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 13 | Inspección de sistema de embrague del motor principal | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 14 | Inspección de engranajes cónicos | Detenida | 26 semanas | | | Una |
| 15 | Inspección de transmisión de banda (poleas y rodamientos) | Detenida | 26 semanas | | | Una |

Continuación de la tabla XXVI.

| | | | | | | |
|----|---|----------|------------|------------|-------|-----|
| 16 | Cambio de rodamientos de transmisión de banda | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 17 | Inspección de frenos del sistema alimentador | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 18 | Inspección de cadena y sprocket del rodillo alimentador | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 19 | Inspección de eje portador de bobina | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 20 | Inspección de rodillo alimentador de polipropileno | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 21 | Inspección de rodillos tensores de polipropileno | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 22 | Inspección de chumaceras del sistema alimentador de polipropileno | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 23 | Inspección de anillos de hule del rodillo alimentador | Detenida | | 52 semanas | 1 día | Una |
| 24 | Inspección de bujes soporte de deslizamiento | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 25 | Inspección de brazo | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 26 | Inspección de leva | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 27 | Inspección de rodamiento que gira en la leva | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 28 | Cambio de rodamiento que gira en la leva | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 29 | Inspección de resortes del pizante | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 30 | Inspección de bujes y ejes en articulaciones | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 31 | Inspección de brazo de resistencias | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 32 | Inspección de leva del brazo de resistencia | Detenida | 12 semanas | | | Una |

Continuación de la tabla XXVI.

| | | | | | | |
|----|--|----------|------------|--|--|-----|
| 33 | Inspección de termocuplas | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 34 | Inspección de bujes de bronce en el brazo de resistencias | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 35 | Inspección de sistema de expulsión de paquetes | Detenida | 12 semanas | | | Una |
| 36 | Inspección de rodillos de transmisión y rodillos tensores desplazamiento o banda | Detenida | 44 semanas | | | Una |
| 37 | Inspección de dos bandas | Detenida | 44 semanas | | | Una |
| 38 | Inspección de rodillos de transmisión y rodillos tensores desplazamiento o banda | Detenida | 44 semanas | | | Una |
| 39 | Inspección de rodillos de transmisión y rodillos tensores de desplazamiento o de banda | Detenida | 44 semanas | | | Una |
| 40 | Inspección de fugas en mangueras del sistema neumático equilibrador | Detenida | 44 semanas | | | Una |
| 41 | Inspección de guías de equilibrador | Detenida | 44 semanas | | | Una |
| 42 | Inspección de cilindros neumáticos en sistema equilibrador | Detenida | 44 semanas | | | Una |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.6. Costo de inversión presupuestada

El costo total del proyecto para la inversión es de Q447 231,00, los cuales se desglosan en maquinaria, materiales e insumos, energía y suministros y en MOI por lo que el costo queda de la siguiente forma:

Tabla XXVII. Costo de inversión presupuestado

| TIPO | MAQUINA | CANT. | Q UNIT. | Q TOTAL |
|---------|-----------------------|-------|----------|----------|
| Reforma | Maquinaria | 2 | Q190 661 | Q381 323 |
| Reforma | Materiales e insumos | 1 | Q8 337 | Q8 337 |
| Reforma | Energía y suministros | 1 | Q2 700 | Q2 700 |
| Reforma | MOI | | | Q54 871 |

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

5. SEGUIMIENTO DE REDISEÑO DEL TAMAÑO DE CAJITA DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE FÓSFORO

5.1. Capacitación y seguimiento de cronograma de rediseño de maquinaria productora de fósforo

Es importante garantizar que el proyecto se ejecute de forma correcta por lo que se debe garantizar el debido seguimiento ya que es un proyecto de gran importancia que presenta una alta dificultad al realizarlo, se requiere del compromiso de todo los involucrados en los diferentes ámbitos del proyecto.

5.1.1. Capacitación y seguimiento semanal al departamento de mantenimiento

Se debe de realizar con el departamento de mantenimiento una retroalimentación semanal ya que se debe de empoderar al equipo para garantizar el compromiso al momento de realizar la modificación, se debe de tener una reunión.

Se debe iniciar con una reunión en la cual se presenten todos los lineamientos del proyecto, los tiempos de inicio de solicitud de materiales y los roles en los cuales se deben de adaptar cada uno de los mecánicos del área.

Semanalmente se debe de realizar una reunión en la cual se verifiquen los avances y se revisen dudas o sugerencias que puedan salir del equipo de mantenimiento debido a que ellos serán los encargados de dar forma a la modificación.

5.1.2. Capacitación y seguimiento mensual al departamento técnico

Se debe de realizar a su vez con el departamento técnico la respectiva retroalimentación sobre el avance del proyecto, esto es necesario debido a que se tiene como base la preparación de todos los insumos y repuestos durante seis meses antes de iniciar la modificación.

En estas reuniones se debe de verificar los avances tanto de los repuestos como de los descubrimientos y avances que se han encontrado en las reuniones con el departamento de mantenimiento, en esta se debe de evaluar las posibles mejoras o los contratiempos que puedan surgir según se avanza en el proyecto.

Es importante que estas reuniones se realicen con el encargado de planta para que se encuentren informados en todos los niveles de la empresa, asimismo de que su presencia genera valor para el cierre de brechas en caso de atrasos.

5.1.3. Verificación del cumplimiento de entrega de materiales y repuestos

Es importante también que en las reuniones que se presenten con el departamento técnico se puedan enlistar el avance de cada uno de los materiales y repuestos que se requieran según se dé el avance del proyecto, es importante realizar un seguimiento detallado de todos los materiales que se pidan en ambas reuniones tanto con el departamento de mantenimiento como el área técnica, es vital que se cumplan los tiempos de solicitud y de entrega de los materiales debido a que la falta de alguno de ellos podría generar un impacto negativo en el tiempo de realización del proyecto.

5.2. Mejora continua

En todo ámbito del trabajo es necesario que exista la mejora continua, el presente proyecto no es una excepción por lo que es necesario para garantizar que todo cumpla tanto los presupuestos como los resultados esperados, el proyecto requiere una especial atención debido a su importancia y riesgo que involucra el manipular partes de la maquinaria.

5.2.1. Monitoreo de cronograma de trabajo

Es importante que se realice un cronograma de trabajo el cual nos sirva como un punto de partida y a su vez funcione como un parámetro sobre el cual se midan los avances y resultados que se realicen a tiempo real,

Se tienen contemplado 25 días, que se ven en cuatro semanas, por lo que es importante que se tengan dos revisiones a la semana, siendo los días importantes lunes y jueves, en los cuales los encargados del proyecto (jefe de taller y supervisor de mantenimiento), le dediquen 30 minutos para visualizar el avance del proyecto, así como de los contratiempos o las dificultades que se puedan presentar durante la realización de este.

5.3. Actualización y seguimiento de presupuesto de trabajo luego de su implementación

Entre los puntos del monitoreo es importante ir actualizando los avances de este, al finalizarlo se debe de realizar un recuento de todos los contratiempos que se presentaron, así como los ahorros que se presentaron tanto en materiales como en repuestos,

Se debe de presentar un informe en el cual se verifique lo presupuestado contra los valores reales que se dieron durante la adquisición de repuestos y materiales.

CONCLUSIONES

1. Implementar el rediseño del tamaño de la cajita de fósforo de madera permite visualizar que el costo de materias primas si disminuye un 5 % con respecto a si mantuviera su tamaño original, no obstante, el ahorro general de la fabricación es de un 2 % al disminuir \$0,24 por millar producido.
2. Analizar a profundidad la línea de producción A muestra que el punto primordial para realizar el rediseño recae sobre la formadora de gaveta, debido a que en ella se debe de centrar todos los esfuerzos para modificar sus componentes para garantizar el tamaño ideal de la cajita.
3. Implementar la propuesta técnica evidencio que se debía verificar cada una de las maquinarias relacionadas al rediseño, así como los puntos que se deben de tomar en cuenta para la reforma y así garantizar que se cumpla con los estándares del proyecto.
4. Verificar todos los escenarios y separar la opción más viable de reforma en la maquinaria de la línea de producción A brindo la conclusión que el costo total de la modificación es de \$447 231,00.
5. Generar un resumen gerencial de la planificación estratégica evidencio que por la complejidad del proyecto es necesario preparar de antemano todos los repuestos y materiales necesarios garantizando que estén a disposición del equipo de mantenimiento previo al inicio de la modificación.

6. Establecer por medio del jefe de planta que el departamento de mantenimiento debe encargarse del rediseño del tamaño de la cajita de fósforo de madera debido a su rol y experiencia en la empresa.

7. Estandarizar que es necesario realizar reuniones tanto semanales como mensuales con los diferentes grupos de trabajo involucrados en el proyecto, genera una retroalimentación tanto de los avances como de los posibles contratiempos que se puedan presentar en el proceso del rediseño.

RECOMENDACIONES

1. Garantizar la participación de los mecánicos expertos de la línea en las reuniones con el departamento de mantenimiento debido a que ellos pueden realizar una retroalimentación más exacta de la condición de los equipos, así como de las posibles mejoras que se puedan adecuar al plan del rediseño.
2. Establecer prioridades por parte de las jefaturas para darle la importancia en el tema de adquisición de materiales y repuestos ya que es crucial que se cumplan con los cronogramas tanto de diseño como de adquisición de materiales para que el proyecto cumpla con las expectativas.
3. Monitorear las reuniones de seguimiento con los diferentes equipos involucrados con el rediseño garantiza un cierre de brechas entre los puntos que se puedan pasar por alto.
4. Establecer los estándares de calidad en cada una de las modificaciones de la maquinaria existente debido a su índole e importancia.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARAGÓN, Nidia. 2005. *Reingeniería de procesos de negocio, BPR*. [en línea]. <<https://www.gestiopolis.com/reingenieria-de-procesos-de-negocio-bpr/>>. [Consulta: 2 de noviembre 2019].
2. BORRERO AMAGUAÑA, Jaime Andrés y RAMÍREZ GÁLVEZ, Alejandro. *Sistema de análisis de costos para el mejoramiento del proceso de reencauche de llantas de camión para la empresa SAMECO LTDA*, [en línea]. <http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/8442/Sistema_analisis_costos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 03 de octubre 2019].
3. CARRERA, Guillén. *Gestión de proyectos*, [en línea]. <<https://www.ticportal.es/glosario-tic/gestion-proyectos>>. [Consulta: 11 de octubre 2019].
4. CHIONG RAYO, Rodrigo Letsan. *Rediseño del proceso de ingeniería de detalle en una empresa de ingeniería de mecánica industrial*. [en línea]. <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130385/cf-chiong_rr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 03 de noviembre 2019].
5. GÓMEZ ACOSTA, Cony Luz y OSORIO VARGAS, Alejandro. *Optimización de los costos de operación de LAVAMEJOR S.A., a*

partir del análisis de su actividad empresarial, [en línea].
<<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2171/Tesis%20Optimizacion%20de%20Costos%20Operacionales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Consulta: 16 de octubre 2019].

6. INGELIBRE. *Introducción al proyecto y diseño de máquinas*, [en línea]
<https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/02/03/introduccion-al-proyecto-y-diseno-de-maquinas/>. [Consulta: 11 de octubre 2019].
7. RÍOS CONTRERAS, Julio Boanerges. *Diseño de un sistema de automatización para la reducción de personal en el empaque de paquetes de fósforos de madera en Fosforera Centroamericana, S.A.*, [en línea].
<http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0697_Ml.pdf>. [Consulta: 03 de octubre 2019].
8. RODAS GUZMÁN, Julio Alberto. *Mantenimiento. Estudio de prefactibilidad para la inversión de una empresa dedicada a la comercialización de lubricantes -Motul- para uso en motores de transporte de carga pesada, en el departamento de Guatemala*, [en línea].
<http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_4717.pdf>. [Consulta: 03 de octubre 2019].
9. RODRÍGUEZ VALENCIA, Joaquín. *Rediseño de procesos o reingeniería*. 3era Edición. México. 2003. 265 p.
10. SÁNCHEZ GALÁN, Javier. *Costo*, [en línea].
<<https://economipedia.com/definiciones/coste-costos.html>>. [Consulta: 11 de octubre 2019].

11. The Logistics World. *Rediseño de Procesos: los Pasos a Seguir*, [en línea]. <<https://thelogisticsworld.com/historico/rediseno-de-procesos-los-pasos-a-seguir/>>. [Consulta: 01 de octubre 2019].