



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

**ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRAFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S. A.**

Juan Carlos Solís del Valle

Asesorado por el Ing. Julio César Torres García

Guatemala, agosto de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRÁFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN CARLOS SOLÍS DEL VALLE

ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR TORRES GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRAFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 7 de octubre de 2013.



Juan Carlos Solís del Valle

Guatemala, Febrero 2014

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería, Usac.

Ingeniero Campos Paiz

Por este medio atentamente le informo que como Asesor del estudiante:
Juan Carlos Solís del Valle, Carné No. 2005-16002, procedí a revisar el Trabajo de Graduación, cuyo título es: **ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRÁFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.



Julio César Torres García
ING. MECÁNICO
Colegiado 11286

Ing. Julio César Torres García

Colegiado 11,286

ASESOR



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.138.2014

El Coordinador del Área de Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRAFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.** del estudiante **Juan Carlos Solís Del Valle**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Área de Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, julio de 2014.



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.190.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Complementaria del trabajo de graduación **ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRAFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**, del Estudiante **Juan Carlos Solís del Valle**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, Agosto de 2014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 370.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS, DETERMINACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA SU OPTIMIZACIÓN EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA LITOGRAFICA CENTRAL DE EMPAQUES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Solís del Valle**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 4 de agosto de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía, mi luz y mi inspiración. Por darme vida y permitirme compartirla con quienes amo.
- Mis padres** Martha del Valle Coloma (q.e.p.d.) y Carlos Antonio Solís Guerra. Por su apoyo, su amor y su ejemplo. Porque siempre creyeron en mí y en mis metas.
- Mis hermanos** Carlos, Martha y Susana Solís del Valle. Por ser mis compañeros de viaje, de aventuras y de sueños.
- Mis tíos** Ana María Solís Guerra de Carrillo y Juan Alfredo Carrillo Castillo. Por quererme como a un hijo, por apoyarme y siempre estar a mi lado.
- Mis sobrinos** Juan Francisco Solís y Luna Méndez Solís. Por ser luces de vida y hacer la mía aún más especial.
- Mis amigos** Por su apoyo, compañía y motivación.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> , por haberme formado y brindado tanto conocimientos como experiencias de vida.
Facultad de Ingeniería	Por ser fuente de profesionales de prestigio, que trabajan para servir a otras personas y a Guatemala.
Mis compañeros de Facultad	Por haberme acompañado y compartido en este trayecto de formación profesional.
Mis catedráticos	Por sus enseñanzas de vida y académicas, por haber sido parte fundamental de mi aprendizaje.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. La empresa litográfica.....	1
1.1.1. Descripción del proceso de impresión <i>offset</i>	1
1.1.2. Indicadores de desempeño de impresión.....	10
1.1.2.1. Tiempo de reparaciones.....	12
1.1.2.2. Tiempo de operación.....	12
1.1.2.3. Mantenimiento.....	12
1.1.3. Demoras.....	13
1.1.3.1. Placas.....	13
1.1.3.2. Materia prima.....	13
1.1.3.3. Aprobación.....	14
1.1.3.4. Energía eléctrica.....	14
1.1.3.5. Falta de trabajo.....	14
1.1.3.6. Velocidad de operación.....	14
1.2. Conceptos generales de mantenimiento.....	15
1.2.1. Mantenimiento.....	15
1.2.2. Objetivo del mantenimiento.....	15
1.2.3. Tipos de mantenimiento.....	17

1.2.4.	Clasificación de fallas	18
1.2.4.1.	Fallas tempranas	18
1.2.4.2.	Fallas adultas	19
1.2.4.3.	Fallas tardías	19
2.	SITUACIÓN ACTUAL	21
2.1.	Equipo de producción.....	21
2.1.1.	Diagrama de proceso	21
2.1.2.	Condiciones de la maquinaria.....	22
2.1.3.	Personal operativo.....	23
2.1.4.	Jornadas de trabajo.....	23
2.1.5.	Instalaciones	25
2.1.6.	Cargas de trabajo	25
2.2.	Seguridad industrial.....	26
2.2.1.	Normas establecidas	28
2.2.2.	Accidentes de trabajo	28
2.3.	Historial de fallas existentes	28
2.3.1.	Causa de las fallas	29
2.3.2.	Rutinas de mantenimiento	29
3.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	31
3.1.	Visión de una planta litográfica.....	31
3.2.	Planificación estratégica de una planta litográfica	31
3.3.	Procedimiento de mantenimiento	32
3.3.1.	Mantenimiento preventivo.....	32
3.3.2.	Preventivo programado	34
3.3.3.	Correctivo	35
3.4.	Cronograma de mantenimiento preventivo.....	35
3.5.	Inspección de condiciones de operación de maquinaria.....	36

3.6.	Elaboración de procedimientos del proceso de mantenimiento	37
3.6.1.	Procedimiento de control y ejecución del mantenimiento	37
3.6.2.	Procedimiento de distribución de formatos de inspección.....	46
3.6.3.	Procedimiento de no conformidad.....	47
3.6.4.	Procedimiento de cambio de aceite de unidades	50
4.	SEGUIMIENTO DEL PROYECTO	53
4.1.	Área de mantenimiento.....	53
4.1.1.	Ordenar e identificar los repuestos.....	53
4.1.2.	Ordenar e identificar herramientas	55
4.1.3.	Realizar trazabilidad de las fallas en la maquinaria	56
4.1.4.	Manejo de materiales.....	57
4.2.	Área de seguridad industrial	59
4.2.1.	Estándares de seguridad basadas en OSHA 18001 y reglamento del IGSS	59
4.2.2.	Equipo de protección personal.....	62
4.2.2.1.	Respiradores.....	63
4.2.2.2.	Guantes	65
4.2.2.3.	Gafas	67
4.2.2.4.	Mandiles.....	67
4.3.	Indicadores	68
4.3.1.	Índice de gravedad	68
4.3.2.	Índice de accidentalidad.....	70
4.3.3.	Porcentaje de inactividad causada por accidentes.....	71

4.3.4.	Índice de frecuencia	72
4.3.5.	Tiempo promedio de reparación del equipo.....	72
4.3.6.	Porcentaje de generación de desechos.....	73
4.4.	Diseño de programa de capacitaciones.....	75
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		81
BIBLIOGRAFÍA		83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de impresión	4
2.	Preparación de tintas	6
3.	Proceso de impresión.....	6
4.	Materia prima	7
5.	Diagrama de troquelado.....	8
6.	Proceso de troquelado	10
7.	Área de prensa.....	26
8.	Extintor	26
9.	Señalización de pisos.....	27
10.	Cronograma de mantenimiento anual	36
11.	Respirador de protección con filtro	64
12.	Gafas.....	67
13.	Mandil.....	68

TABLAS

I.	Tiempo en horas de arreglo de prensa.....	11
II.	Tiempo de operación en horas.....	12
III.	Mantenimiento preventivo en horas de prensa	13
IV.	Descripción de los fabricantes del equipo de producción	22
V.	Personal operativo	23
VI.	Carga de trabajo por máquina.....	25

VII.	Formato de orden de trabajo	39
VIII.	Formato de inspección rotativa semanal de <i>chiller</i>	40
IX.	Formato de inspección semanal doblador	41
X.	Formato de inspección rotativa semanal de empalmadores	42
XI.	Formato de revisión de preprensa	43
XII.	Formato de inspección rotativa de motores principales	44
XIII.	Formato de inspección quincenal revelador de negativos preprensa ...	45
XIV.	Formato de conformidad.....	49
XV.	Tabla de guantes para solventes	66
XVI.	Grados de incapacidad y jornadas de trabajo perdidas	69
XVII.	Plan de capacitaciones	77

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kg	Kilogramo
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje

GLOSARIO

Acetona	Es un líquido incoloro con un olor y un sabor característicos. Se evapora fácilmente, es inflamable y se disuelve en el agua.
Alcohol de polivinilo	El alcohol de polivinilo (PVOH, PVA, o PVal), también llamado polietenol o poli (alcohol vinílico), es un polímero sintético soluble en agua.
Alcohol isobutil	Es un químico utilizado en aceites, plastificantes, herbicidas, en la elaboración de removedores de pinturas y barnices.
Alcohol isopropílico	Se utiliza como solvente para síntesis de fabricación de acetonas y acetatos isopropil, para reparación de placas metálicas anterior al tratamiento galvanoplástico, es buen solvente de grasas, aceites y algunas materias plásticas.
Alcohol propílico	Es un alcohol incoloro, muy miscible con el agua. Es comúnmente llamado propanol, o alcohol propílico.
Benceno	Es un hidrocarburo aromático, un líquido incoloro y muy inflamable, de aroma dulce (que debe manejarse con sumo cuidado debido a su carácter cancerígeno).

Butanol	Corresponde a los alcoholes derivados del butano (y su isómero metilpropano).
Cianuro	Es una sustancia química, potencialmente letal, que actúa rápidamente y puede existir de varias formas. El cianuro puede ser un gas incoloro como el cianuro de hidrógeno, o estar en forma de cristales.
Cloroformo	Líquido incoloro, volátil y no inflamable, con un característico olor dulzón; se utiliza como solvente en procesos industriales y en el laboratorio.
Estireno	Es un líquido incoloro como el agua, de fuerte olor aromático, para algunos agradable cuando es puro. Químicamente es un hidrocarburo que proviene del petróleo, pero no se encuentra en él como estireno, sino que debe fabricarse artificialmente partir de sus derivados.
Isopropanol	Se usa como producto de limpieza y como solvente en la industria; también como un aditivo de la gasolina, y para disolver el agua o el hielo en conducciones de combustible.
Metanol	Es el principal componente del destilado en seco de la madera. Es uno de los solventes más universales y encuentra aplicación tanto en el campo industrial como en diversos productos de uso doméstico.

Metiletilcetona (MEK)	Es un compuesto orgánico de la familia de las cetonas. Se emplea en el desparafinado de aceites lubricantes, como base o componentes de pinturas, esmaltes, lacas, barnices, selladores, adhesivos, resinas, tintas, diluyentes y removedores; otros usos son en operaciones de extracción líquido/líquido o sólido/líquido.
Metilisobutilcetona	Es un líquido incoloro con un olor agradable, se utiliza como solvente en la industria. El contacto puede irritar y quemar los ojos, y causar daño al hígado y al riñón.
Nafta	Es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados o alcanos, y no a la serie de los éteres como erróneamente indica su nombre. Se emplea principalmente como solvente no polar.
Polímeros	Se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que constituyen enormes cadenas de las formas más diversas.
PVC	Es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil.

Tolueno

Es la materia prima a partir de la cual se obtienen derivados del benceno como el ácido benzoico. El tolueno se adiciona a los combustibles (como antidetonante) y como solvente para pinturas, revestimientos, caucho, resinas y diluyente en lacas.

Trementina

Es usada como solvente de pinturas y como materia prima para la fabricación de compuestos aromáticos sintéticos y algunos desinfectantes. Es un líquido casi incoloro de olor característico.

Xileno

Es un compuesto potente que se encuentra en muchas sustancias de uso industrial y doméstico. La exposición al xileno ocurre en el lugar de trabajo y cuando se usa pintura, gasolina, diluyentes de pintura y otros productos que lo contienen. Las personas que inhalan niveles altos de xileno pueden sufrir mareo, confusión y alteraciones del equilibrio.

RESUMEN

El punto medular de este trabajo de graduación consiste en determinar y documentar los procedimientos necesarios para realizar un mantenimiento sistematizado adecuado a las necesidades de la planta litográfica Central de Empaques, donde se involucran los manuales de los fabricantes de la maquinaria, las recomendaciones de los mantenimientos diarios, mensuales, semestrales y anuales, según las indicaciones de los mismos; para lo cual se debe de planificar el proceso de mantenimiento a través de un cronograma de trabajo mensual y anual, donde se incluya la totalidad de la maquinaria de la industria en mención.

Para facilidad del flujo del proceso se elabora un levantamiento de la maquinaria y la función dentro de los procesos internos de trabajo. El elaborar una serie de inspecciones de mantenimiento por máquina no es menos importante, ya que permitirá el control de la ejecución de los mismos y por lo tanto sistematizar el mantenimiento, principio fundamental del sistema de calidad. Con esta herramienta administrativa se puede determinar el tiempo de realización de los trabajos de mantenimiento y a la vez calcular el tiempo total necesario para la realización de todas las tareas internas, lo que implica la cantidad de personas que se necesitará para realizarlas.

Para que se pueda establecer el sistema de calidad propuesto es necesario enfocar todo el trabajo de la organización en procesos individuales, y así se podrán levantar los procedimientos necesarios para la sistematización de toda la planta de producción.

OBJETIVOS

General

Determinar los procedimientos para el mantenimiento preventivo óptimo en la línea de producción de una planta litográfica.

Específicos

1. Evaluar la situación actual de la empresa en el proceso de mantenimiento preventivo de la maquinaria.
2. Establecer un criterio unificado de la forma de realizar el mantenimiento preventivo, mediante la estandarización de los procedimientos.
3. Definir planes de mantenimiento preventivos por medio de cronogramas y procedimientos documentados, y el seguimiento respectivo para su evaluación.
4. Definir formatos de inspección por parte de los usuarios de la maquinaria para asegurar que las condiciones de operación sean adecuadas.
5. Diseñar un programa de capacitaciones para operarios y técnicos, con el propósito de implementar las mejoras al sistema.

INTRODUCCIÓN

La meta de toda empresa es mantener un crecimiento económico continuo que a su vez produzca un incremento en la cantidad de operaciones que se realizan en relación con los recursos utilizados, sin embargo, algunas tareas tienden a ser más complejas, por lo que necesitan nuevos y mejores procedimientos para ser ejecutadas con mayor eficiencia.

La empresa en estudio es una planta litográfica que en los últimos años ha logrado un crecimiento económico significativo gracias a la calidad de sus productos. Este crecimiento ha sido acompañado de dificultades en la planificación de actividades para el mantenimiento del equipo productivo, manejo de residuos y seguridad industrial.

La globalización y el cambio climático son factores que han obligado a las empresas a implementar mejoras que contribuyan directamente al desarrollo sostenible del entorno industrial, principalmente a la optimización de los recursos materiales, tecnológicos y por supuesto, humanos.

El presente trabajo contiene observaciones, análisis, resultados y mejoras propuestas, a partir de la información actual de la empresa en aspectos referentes al mantenimiento de sus equipos. La supervisión continua durante el proceso de implementación es importante para fijar los procedimientos y volverlos una cultura. El manejo de los formatos de inspección se convierte en un aspecto imprescindible, para constatar que el procedimiento está siendo respetado.

La base de datos que se obtiene de los formatos de inspección mostrará nuevas oportunidades de mejora en el proceso o en la herramienta usada para poder cumplir con el mismo; mostrará además los registros de costos ocultos por reparaciones de emergencia, a los que se les llamará costos de no calidad, que sencillamente indican costos innecesarios que se dan en el proceso productivo por no seguir un procedimiento eficiente y claramente establecido.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa litográfica

Una empresa litográfica utiliza la técnica en la que la tinta se transfiere a la imagen a partir de una placa a una manta de goma a la superficie de impresión.

Cuando se utiliza en combinación con el proceso litográfico, que se basa en la repulsión de aceite y agua, la técnica de desplazamiento emplea un piso (planográfica portadora de imagen) en la que la imagen a imprimir obtiene tinta de los rodillos de tinta, mientras que el área de no impresión atrae a una película a base de agua (llamada "solución de fuente"), manteniendo las zonas de no impresión sin tinta.

1.1.1. Descripción del proceso de impresión *offset*

El proceso debe iniciar cuando los vendedores elaboran la orden de trabajo u orden de producción, indicando en la misma el número de la orden, nombre del cliente, dirección, fecha, lugar de entrega, cantidad de pliegos, tipo de papel, descripción del trabajo, colores utilizados en tiro y retiro, procesos especiales (troquelado, empalmado, realzado, etc.), tamaño de pliego abierto y cantidad de pliegos, prensa, etc.

Con base en la orden emitida, en el Departamento de Fotomecánica se montan negativos en las placas para el quemado y revelado de las mismas, ya que estas serán utilizadas en las impresiones de trabajo.

En toda empresa litográfica es necesario que su personal conozca los aspectos siguientes:

- Generalidades del Departamento de Prensas: este consta de cuatro prensas, por lo que es necesario explicar que cada una de las cuatro prensas tiene un prensista titular y su respectivo ayudante; ambos verifican la tonalidad de la impresión, el volumen y el tipo de material a utilizar.

- Proceso: luego de haber recibido la orden original de producción que viene referida del Departamento de Fotomecánica y su copia respectiva, así como las placas, el primer paso es sacar el papel de la bodega de materia prima. Para sacar dicho papel es necesario que el supervisor del Departamento de Prensas lleve la copia de la orden de producción para que el encargado de la bodega de materia prima sepa exactamente qué tipo de papel y qué cantidad es la que se debe utilizar en el trabajo que se va a imprimir. En bodega se encargan de adjuntar un codo de información que indica la hora, quién solicita material, qué tipo se utilizará y cuál fue la cantidad de papel egresada. Luego debe cumplirse con los pasos siguientes:
 - La orden se regresa al encargado del Departamento de Prensas, quien adjuntará un control de impresión en el que indica el tiempo que se tardó él/los prensista(s) en realizar el trabajo, los materiales que se usaron para la orden, las demoras posibles, etc.

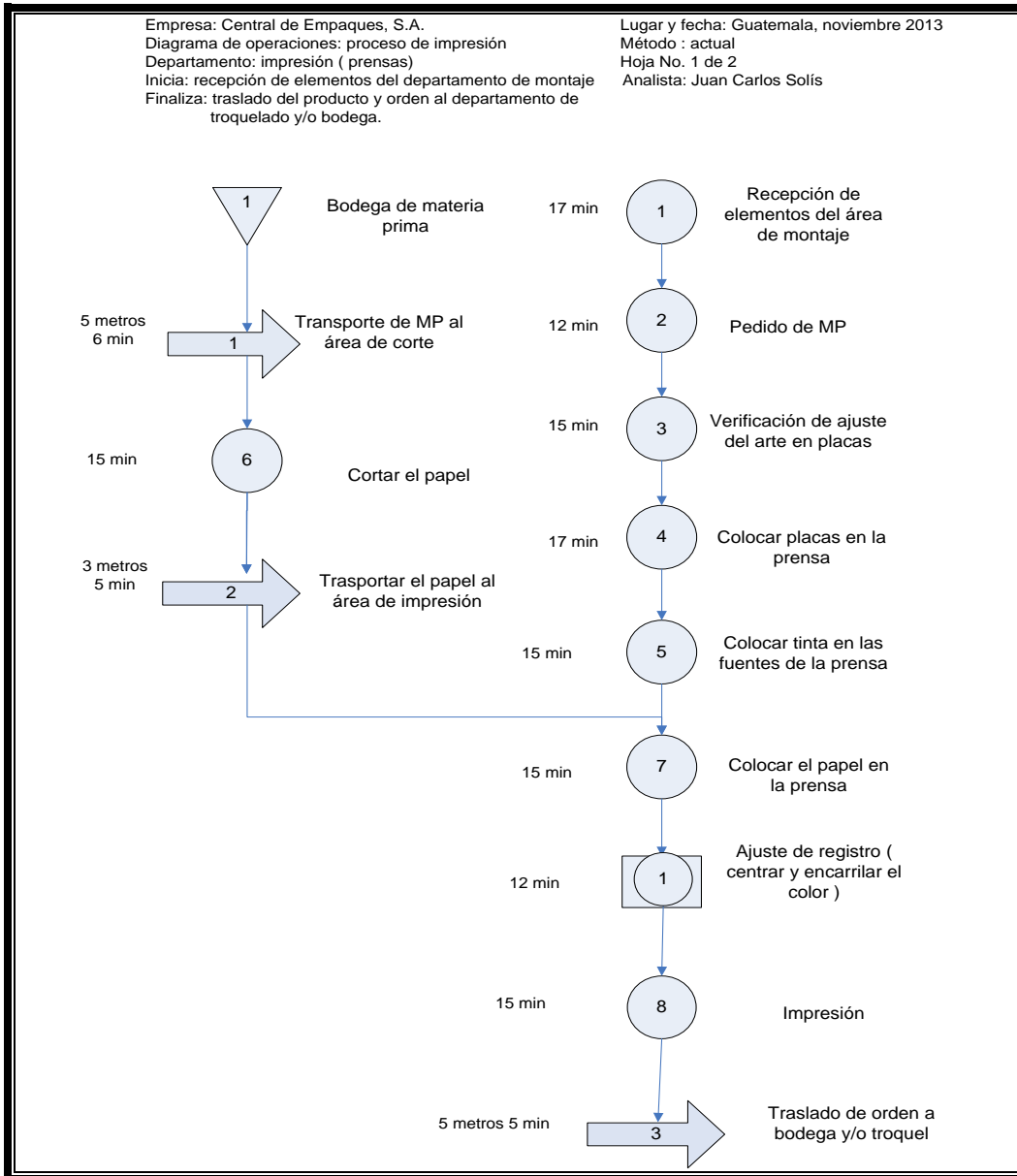
 - Ya teniendo el papel fuera de la bodega de materia prima, el prensista titular lleva la placa con el encargado del departamento para que mida esta y establecer si se ajusta con el tamaño del papel.

- Se corta el papel para generar los pliegos de ventaja que se usan para hacer las primeras pruebas, las cuales se refieren a centrar la imagen, alinear los colores y ver que la tonalidad de los mismos sea la adecuada.
- Ya teniendo cortados los pliegos de papel a la medida requerida, se colocan las placas y se llenan las fuentes de tinta. Luego los prensistas se encargan de centrar el trabajo, alinear los colores y verificar que la tonalidad sea la adecuada. Cuando ya están listos los aspectos anteriores, el supervisor firma dando su aprobación en el pliego, se manda a cortar el resto del papel y se procede a realizar la impresión. Finalmente, al haber terminado el proceso se pasa el trabajo de impresión y la orden de producción original al Departamento de Encuadernación.


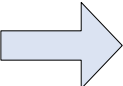



Como se indicó anteriormente, el proceso de impresión actual del Departamento de Prensas es eficiente, aunque una desventaja que posee es que se cortan inicialmente los pliegos en la convertidora a una medida mayor de la deseada para después ser rectificadas en guillotinas, esto se debe a que la convertidora no alcanza la exactitud deseada en el corte.

Esto provoca pérdida de tiempo, tanto muerto como de ocio de los operarios de las prensas litográficas; sin embargo, la solución a este problema consistiría en la adquisición de un equipo de mayor exactitud para dicho proceso.

Figura 1. Diagrama de impresión



Continuación de la figura 1.

Empresa: Central de Empaques, S.A. Diagrama de operaciones: proceso de impresión Departamento: impresión (prensas) Inicia: recepción de elementos del departamento de montaje Finaliza: traslado del producto y orden al departamento de troquelado y/o bodega		Lugar y fecha: Guatemala, noviembre 2013 Método : actual Hoja No. 2 de 2 Analista: Juan Carlos Solís		
Resumen				
Descripción	Figura	Cantidad	Distancia	Tiempo en minutos
Operación		8		121
Transporte		3	13 metros	16
Inspección		1	-	-
Almacenaje		1	-	-
Combinada		1	-	12
Total		14	13 metros	149

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Preparación de tintas**



Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

Figura 3. **Proceso de impresión**



Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

Figura 4. **Materia prima**



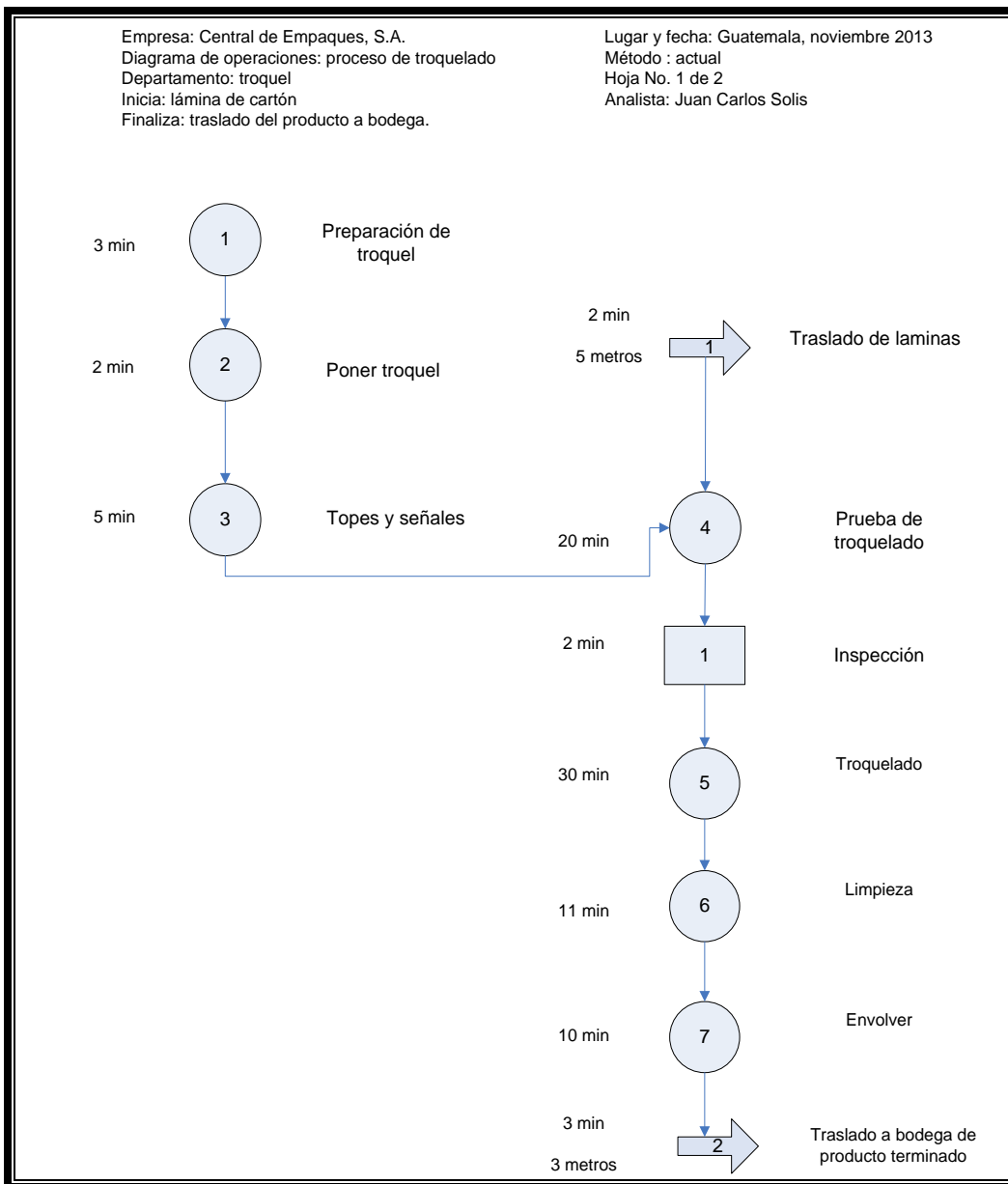
Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

Para el proceso de troquelado se tiene que tomar en cuenta que se necesitan láminas de cartón o papel, dependiendo de la medida que se va a troquelar. A continuación se describe el proceso para una cantidad de 600 láminas:


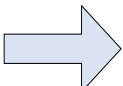



- Las láminas se trasladan a la mesa de trabajo para ser troqueladas. Se empieza con la preparación del troquel, lo cual incluye la puesta del troquel en la máquina, y a continuación se procede a colocar los topes y la señalización del marcado del troquel.
- Se realizan las pruebas de troquelado que a su vez conlleva una inspección de la prueba para determinar si todo está bien; se procede a troquelar las láminas que se convertirán en cajas.

- Cuando se encuentran limpias las cajas se procede a envolverlas con *stretch film* y por último son trasladadas a la bodega de producto terminado.

Figura 5. Diagrama de troquelado



Continuación de la figura 5.

Empresa: Central de Empaques, S.A. Diagrama de operaciones: proceso de troquelado Departamento: troquel Inicia: lamina de cartón Finaliza: traslado del producto a bodega		Lugar y fecha: Guatemala, noviembre 2013 Método : actual Hoja No. 2 de 2 Analista: Juan Carlos Solis		
Resumen				
Descripción	Figura	Cantidad	Distancia	Tiempo en minutos
Operación		7		81
Transporte		2	8 metros	5
Inspección		1	-	2
Almacenaje		-	-	-
Combinada		-	-	-
Total		10	8 metros	88

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Proceso de troquelado**



Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

1.1.2. Indicadores de desempeño de impresión

Los indicadores de desempeño son una herramienta de carácter vital para cualquier tipo de industria.

En el análisis realizado se determinó que en producción no se contaba con indicadores confiables para la justa medición del trabajo y por ende de la productividad de cada estación de trabajo sujeta a escrutinio. Los indicadores de desempeño que se deberían considerar son los siguientes:

- Tiempo de arreglo (TA): es el tiempo que se requiere para realizar todas las operaciones de desmontaje y montaje de planchas, mantillas, limpieza de fuentes de tinta, rodillos y cilindros impresores; así como el

ajuste o graduación de los diferentes mecanismos de la prensa para cambios de formato y calibre de material (código: TA – 01).

- Tiempo de operación (TO): es el tiempo que empieza desde que se realiza la impresión del primer pliego vendible, con esto se hace referencia al primer pliego que cumple con todos los requisitos de calidad, hasta el último pliego necesario para completar la orden de trabajo (código: TO – 02).

En los tiempos de operación y arreglo los operarios deben anotar los datos según la fecha, hora de inicio, hora de finalización y horas utilizadas.

Cada una de las tablas se utiliza para determinar el tiempo total de cada una de las operaciones durante el mes, con el objetivo de conocer los tiempos de operación y las causas asignables a las demoras.

Tabla I. **Tiempo en horas de arreglo de prensa**

Fecha	Día	Inicio	Final	Horas	Código
01/04/2011	Viernes	10:00	11:00	1.00	TA 01
01/04/2011	Viernes	12:30	13:20	0.83	TA 01
				Total horas	

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Tiempo de operación en horas**

Fecha	Día	Inicio	Final	Horas	Código
					TO 02
					TO 02
				Total horas	

Fuente: elaboración propia.

1.1.2.1. Tiempo de reparaciones

Para determinar el tiempo en que se dan las reparaciones en la línea de producción, se utiliza un indicador de mantenimiento correctivo (MC), el cual se refiere a todo el mantenimiento que no haya sido planificado.

1.1.2.2. Tiempo de operación

El tiempo de operación transcurre desde que se realiza la impresión del primer pliego vendible; con esto se hace referencia al primer pliego que cumple con todos los requisitos de calidad, hasta el último pliego necesario para completar la orden de trabajo.

1.1.2.3. Mantenimiento

Para la determinar el indicador del mantenimiento preventivo (MP), se toma el tiempo que haya sido planificado para el mismo. Esto se ejemplifica en la tabla III.

Tabla III. **Mantenimiento preventivo en horas de prensa**

Fecha	Día	Inicio	Final	Horas	Código
02/04/2013	SABADO	09:00	11:00	2.00	MP
25/04/2013	LUNES	07:00	13:00	6.00	MP
25/04/2013	LUNES	13:30	16:00	2.50	MP
Total				10.50	

Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Demoras

Son los retrasos o interrupciones que sufre el proceso. Las demoras son la principal causa del incumplimiento de fechas de entrega, el origen del trabajo en tiempo extra y el incremento del costo de las órdenes de producción.

1.1.3.1. Placas

Las demoras en las placas se dan principalmente por descuidos de los operarios. Por ejemplo, al montar las placas se deben ajustar las mordazas para que la placa y la mantilla no queden flojas; sin embargo si se ajustan demasiado, se puede provocar la ruptura de las mantillas o las placas, por lo que habría que reemplazarlas y esto provocaría una demora significativa.

1.1.3.2. Materia prima

Las demoras en materia prima se pueden dar cuando no se verifican las condiciones en las que se utilizan las mismas; por ejemplo, en el caso del papel, si no se mantiene una humedad específica o no se estiran los pliegos,

estos se pueden atascar en la prensa, provocando una parada de emergencia en el proceso. Otro caso típico es que no se controla la temperatura en la solución de la fuente, provocando que los colores de los pliegos impresos no sean los deseados o que no tengan la adherencia esperada.

1.1.3.3. Aprobación

Las demoras se dan por el retraso en aprobación de los pedidos por parte del jefe de producción o planificación.

1.1.3.4. Energía eléctrica

Por la falta de energía eléctrica se podrán dar demoras cuando haya fallas en el sistema de conexión.

1.1.3.5. Falta de trabajo

Las demoras por falta de trabajo se dan al no contar con una planificación de cada uno de los pedidos por parte de la jefatura de producción y/o planificación.

1.1.3.6. Velocidad de operación

La velocidad de operación es el número de pliegos impresos por hora. Esto indica la velocidad a la que se imprimió una orden programada en la prensa por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad de operacion (VO)} = \frac{\text{Total de pliegos impresos}}{\text{Total de horas de operación}}$$

Las demoras se dan por el tiempo de reparaciones, preparación de materias primas o errores por parte de los operarios en el proceso de producción.

1.2. Conceptos generales de mantenimiento

El concepto de mantenimiento en el proceso de producción de una litografía se refiere a procurar las condiciones óptimas de funcionamiento en el equipo; para su efectividad deben tomarse en cuenta los aspectos siguientes:

1.2.1. Mantenimiento

Se considera que mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y brindar el servicio para el cual fue diseñado o para lo que fue adquirido por la empresa; ya que para muchas de estas el objetivo del mantenimiento es la conservación del servicio que están suministrando los equipos, mismo que puede ser crucial para la continuación de ciertos procesos industriales.

1.2.2. Objetivo del mantenimiento

El mantenimiento tiene como objetivo conservar en perfecto estado de funcionamiento de todos los elementos productivos de la empresa (máquinas e instalaciones), para lograr su máximo rendimiento, con la calidad adecuada, y con un mínimo costo. Los objetivos del mantenimiento preventivo son:

- Reducir la necesidad de grandes reparaciones, corrigiendo dificultades menores apenas aparezcan: para detectarlas es necesario escuchar a los operadores, que normalmente se dan cuenta antes que la dirección,

si una máquina hace un ruido raro u otras irregularidades en su funcionamiento; como también no reprender a aquellos empleados que intenten comunicar un fallo producido fuera de su área de control.

- Mantener la maquinaria en su estado de máxima productividad: para eso es necesario seguir las recomendaciones del manual correspondiente, conservarla limpia y reparar o sustituir las partes desgastadas o faltantes, inmediatamente. Agilizar el calendario de reparaciones sin posponer las que sean necesarias, previene problemas que después resultará mucho más caro corregir.
- Resguardar la seguridad: a medida que se desgastan, algunas partes de la maquinaria se vuelven peligrosas, como las cadenas gastadas o las correas de transmisión consumidas. El personal es valioso y las heridas son costosas desde el punto de vista del tiempo perdido y la capacitación del técnico que las reemplazará, para no hablar del impacto negativo que producen en el ánimo de los empleados.
- Mejorar el servicio al cliente: unas instalaciones en buen estado causan mejor impresión al cliente y, en ocasión de la primera compra, ayudan a convencerlo de que el producto estará correctamente elaborado.
- Reducir los costos operativos generales: el productor obtiene más beneficios de una planta bien mantenida, que disminuye los costos y aumenta la satisfacción del cliente.

1.2.3. Tipos de mantenimiento

Conforme envejece el equipo, sus componentes se desgastan, aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores. El mantenimiento se divide en:

- **Predictivo:** es el mantenimiento que se aplica para predecir una falla en los equipos, generalmente utilizando algún tipo de instrumento de medición o análisis de laboratorio para poder determinar el estado del equipo aun cuando este no presenta ninguna falla a simple vista. Esto tiene la particularidad que puede representar un costo muy elevado debido a la naturaleza de los análisis. En un paro general de planta, por mantenimiento predictivo, se debe determinar la factibilidad de aplicar al equipo las técnicas disponibles (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite y alineación con rayos láser), para que sea este el que determine su mantenimiento y no con base en una fecha determinada.
- **Proactivo:** es aquel mantenimiento que se hace enfocado a encontrar condiciones que tienen una buena posibilidad de convertirse en daños potenciales del equipo o las instalaciones de la planta. La estrategia de implementar una estrategia proactiva está dirigida a localizar las causas de falla o controlarlas, de tal manera que el efecto de estas no se presente. Este mantenimiento está enfocado a ampliar la vida del equipo.

Si se determina cuáles son las causas básicas que están provocando la fallas de los equipos o sus componentes, se podrá encontrar la solución más eficaz para que no se vuelvan a presentar, y consecuentemente, se estará en posibilidad de aplicar el mantenimiento preventivo en un período mayor al que actualmente tiene, ya que las causas que están

provocando su falla son conocidas y por lo tanto se tomarán las acciones correspondientes para que las mismas no se presenten y el equipo podrá trabajar con confiabilidad por un período mayor.

- Preventivo: este mantenimiento puede definirse como la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones. Su finalidad es reducir al mínimo las mismas y una depreciación excesiva de los equipos. La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos, detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

1.2.4. Clasificación de fallas

Se dice que algo falla cuando deja de brindar el servicio que debería dar o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. La clasificación de fallas está dada por: fallas tempranas, adultas, tardías, las cuales se describen a continuación.

1.2.4.1. Fallas tempranas

Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje. Se presentan normalmente en forma repentina y pueden causar graves daños. Actualmente y gracias a los criterios de calidad total, este tipo de fallas se encuentra en franca regresión.

1.2.4.2. Fallas adultas

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores.

1.2.4.3. Fallas tardías

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del equipo.

Algunas fallas no avisan, o avisan poco antes de su producción, por ejemplo, al encender una lámpara incandescente esta sufre la rotura del filamento y no se logra su encendido; una correa dentada de transmisión de un motor de automóvil, que no se encuentra a la vista, funciona correctamente hasta que arriba a su rotura.

Otros tipos de fallas dan indicios con bastante anticipación a su materialización, como es el caso del filo de una herramienta de corte el cual se mantiene en buenas condiciones durante un tiempo; luego el mismo se va perdiendo paulatina y continuamente, hasta llegar a límites inaceptables para el producto.

2. SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se presentan las diversas características de la empresa a evaluar y de los equipos de producción, las condiciones actuales de la maquinaria, el personal operativo que realiza los procesos, así como el análisis de las medidas de seguridad industrial tomadas para la operación y mantenimiento de la maquinaria. Esto con el propósito de determinar los puntos de mejora y trabajar en ellos.

2.1. Equipo de producción

Incluye todos los recursos que de forma sinérgica hacen posible convertir el inventario de materia prima en productos terminados de alta calidad; es decir, el total de inversión operativa más el valor agregado que la empresa tiene a disposición para cumplir con los plazos de entrega con alto grado de respuesta ante pedidos urgentes de los clientes, y necesidades de mantenimiento preventivo de todo el equipo.

2.1.1. Diagrama de proceso

El diagrama de proceso es una forma gráfica de presentar las actividades involucradas en la elaboración de un bien y/o servicio terminado.

En la práctica, cuando se tiene un proceso productivo y se busca obtener mayor productividad, se estudian las diversas operaciones para encontrar potenciales o reales cuellos de botella y dar soluciones utilizando técnicas de ingeniería de métodos.

2.1.2. Condiciones de la maquinaria

Bajo el término de maquinaria se hace referencia a todos aquellos dispositivos utilizados para transformar la materia prima, que en el caso de la litografía, convierten el papel, las tintas y barnices en productos útiles para el empaqueo y etiquetado de otros productos. Se hace referencia a todo tipo de aparato mecánico, electromecánico y automatizado, utilizado en la industria, para fines de manufactura. La maquinaria utilizada para fabricar los distintos empaques y etiquetas, en su mayoría es de origen alemán y americano; entre las cuales se pueden mencionar las marcas que se describen en la tabla siguiente:

Tabla IV. Descripción de los fabricantes del equipo de producción

Fabricante del equipo	País de origen
ManRoland	Alemania
Heidelberg	Alemania
Harris	Estados Unidos
Brausse	Alemania

Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

Las condiciones actuales de la maquinaria se describen en funcionamiento regular y mayor grado de mantenimiento correctivo que preventivo. Además, los manuales que se utilizan para operación y mantenimiento no se encuentran en español, sino en alemán e inglés, por lo que es complicado para los operadores hacer uso eficiente de las funciones y capacidades del equipo.

2.1.3. Personal operativo

La empresa cuenta con una cantidad de colaboradores que varía ligeramente con la contratación y subcontratación de personal nuevo para tareas temporales; se puede observar una estimación en la tabla siguiente.

Tabla V. Personal operativo

Área	Cantidad de personal
Maquinaria	80
Control de calidad	45
Total	125

Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

2.1.4. Jornadas de trabajo

De acuerdo con el Código de Trabajo de Guatemala, las jornadas de trabajo son:

- “Artículo 116. La jornada ordinaria de trabajo efectivo diurno no puede ser mayor de ocho horas diarias, ni exceder de un total de cuarenta y ocho horas a la semana. Trabajo diurno es el que se ejecuta entre las seis y las dieciocho horas de un mismo día. La jornada ordinaria de trabajo efectivo nocturno no puede ser mayor de seis horas diarias, ni exceder de un total de treinta y seis horas a la semana. Trabajo nocturno es el que se ejecuta entre las dieciocho horas de un día y las seis horas del día siguiente.

- Artículo 117. La jornada ordinaria de trabajo efectivo mixto no puede ser mayor de siete horas diarias ni exceder de un total de cuarenta y dos horas a la semana. Jornada mixta es la que se ejecuta durante un tiempo que abarca parte del período diurno y parte del período nocturno. No obstante, se entiende por jornada nocturna la jornada mixta en que se laboren cuatro o más horas durante el período nocturno.

- Artículo 119. La jornada ordinaria de trabajo puede ser continua o dividirse en dos o más períodos con intervalos de descanso que se adopten racionalmente a la naturaleza del trabajo de que se trate y a las necesidades del trabajador.

- Siempre que se pacte una jornada ordinaria continua, el trabajador tiene derecho a un descanso mínimo de media hora dentro de esa jornada, el que debe computarse como tiempo de trabajo efectivo.”

- La jornada de trabajo es diurna de tipo especial, de nueve horas diarias continuas y una hora para almuerzo, de lunes a jueves, y el viernes de ocho horas continuas y una hora para almuerzo, equivalente a cuarenta y 44 horas semanales.

- El número de horas puede modificarse con la necesaria y expresa conformidad tanto de trabajadores como de la empresa, es decir, de mutuo acuerdo. El horario de trabajo actual de la empresa es el siguiente:
 - De lunes a jueves, de 7:00 a 17:00 horas
 - Viernes de 7:00 a 16:00 horas

2.1.5. Instalaciones

La distribución de los ambientes de trabajo permite manejar de forma adecuada la materia prima y producto terminado, sin embargo el producto en proceso crea en algunas ocasiones el bloqueo de pasillos y acceso a extintores en caso de incendios.

2.1.6. Cargas de trabajo

Los valores estimados de la carga de trabajo a la maquinaria permiten medir su eficiencia en el funcionamiento y pueden compararse con valores estimados en la implementación de programas para mejorar la productividad y mantenimiento preventivo anual del equipo productivo. En la tabla VI, pueden observarse los valores estimados de producción para cada turno de trabajo, que comprende según información secundaria, ocho horas de trabajo neto.

Tabla VI. **Carga de trabajo por máquina**

Área de trabajo	Máquina	Número de máquinas	Pliegos/turno
Impresión	KORD	6	17 000
	Roland 200	5	20 000
	Roland 300	1	40 000
UV	Harris	3	11 000
	KORD UV	1	14 000
Foil	Brausse	2	55 000
Troquel barnizado	Cilindros pequeños	2	12 000
	Cilindros grandes	4	10 000
Área de trabajo	Máquina		Cajas/turno
Pegado	Pegadoras	4	30 000

Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

2.2. Seguridad Industrial

La empresa no cuenta con documentos referentes a normas de seguridad basados en normas internacionales. En las figuras se observa señalización de seguridad industrial en la empresa.

Figura 7. Área de prensa



Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

Figura 8. Extintor



Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

El equipo de protección personal y el de trabajo industrial se encuentran establecidos en algunos documentos, pero su uso es escaso e ineficiente, puesto que no se tienen los implementos, evaluación de riesgos y peligros laborales, programa de supervisiones, ni presupuesto destinado. Entre los implementos de protección industrial a utilizar se pueden mencionar:

- Casco industrial
- Guantes de plástico
- Calzado industrial
- Protectores de oído
- Lentes industriales
- Mascarillas

Las instalaciones cuentan con señalización de pasillos, rutas de evacuación, extintores, zonas prohibidas y de riesgo de accidentes eléctricos; pero en el caso de los pasillos, no en todas las zonas de trabajo es posible observar la pintura amarillo tráfico y en otras no se acatan las señalizaciones, colocando material en lugares prohibidos, como se observa en la figura 9.

Figura 9. **Señalización de pisos**



Fuente: planta litográfica Central de Empaques, S. A.

2.2.1. Normas establecidas

Con base en las normas internacionales de Responsabilidad Social S. A. 8000, se han diseñado reglas de conducta y formas adecuadas para realizar las tareas asignadas a cada colaborador, definiendo claramente las capacidades, obligaciones y derechos de cada puesto dentro de la institución, con el único inconveniente de que no existen controles programados para la evaluación y verificación del cumplimiento de las normas.

2.2.2. Accidentes de trabajo

Es un acontecimiento no deseado que da por resultado pérdidas por lesiones a las personas, daño a los equipos o el medio ambiente. Es todo hecho inesperado que interrumpe un proceso normal y que puede llegar a producir lesiones o daños. Puede ocasionar una perturbación orgánica o funcional, inmediata o posterior, o bien la muerte, producida repentinamente en ejercicio, o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se presente. Quedan incluidos en la definición anterior, los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar del trabajo y viceversa.

2.3. Historial de fallas existentes

Actualmente, en la empresa no se ha adoptado ningún sistema de mantenimiento preventivo que ayude a disminuir el porcentaje de fallas imprevistas, por lo tanto el personal actúa cuando ya se ha reportado la falla, lo cual produce un paro inesperado que retrasa la producción, alterando el tiempo de entrega al cliente.

El mantenimiento más adoptado por la empresa es el correctivo, cuya función se ha ido desarrollando a menudo que surgen las fallas; se puede predecir que la confiabilidad de la máquina no es muy segura.

2.3.1. Causa de las fallas

Las fallas más generales que se producen en la máquina son: operación errónea y mantenimiento incorrecto. Cuando se habla de la operación errónea de la máquina, significa que el operador antes de iniciar la manipulación de esta no se encuentra capacitado para operarla correctamente y comete errores que producen fallas en la misma. En cambio el mantenimiento incorrecto puede ser causa de fallas de elementos de máquina. Por ejemplo, no realizar los cambios de aceite cuando se requiere, efectuar montajes de máquinas incorrectos, o dejar piezas y herramientas sueltas. Se supone que el mantenimiento es para reparar la máquina no para dañarla, pero debido a falta de capacitación de los técnicos y escasez de herramienta, sucede esto.

2.3.2. Rutinas de mantenimiento

Es la secuencia de mantenimientos que se sigue a través de formatos de mantenimiento de una forma ordenada. Se minimiza trabajo innecesario y se logra cumplir con las tareas a cabalidad. Las tareas de mantenimiento preventivo diario, semanal, cada 20 días, mensual, trimestral, cuatrimestral y semestral, son las que principalmente deben ordenarse por medio de rutinas, ya que estas pueden coincidir en fechas y horas normalmente. Una programación calendarizada por máquina es indispensable para tal efecto, ya que de esta manera se conjuntan los mantenimientos de las distintas máquinas o equipos en un solo formato de mantenimiento.

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

En este capítulo se describen los diversos pasos para llevar a cabo los procedimientos de mantenimiento preventivo, y se presenta el diseño de la documentación pertinente.

3.1. Visión de una planta litográfica

El plasmar la visión de la empresa es necesario para conocer hacia dónde se desea llevar a la organización, para lo cual se desarrolló la visión estratégica junto con el gerente general. Visión estratégica de la empresa: “ser líder de manufactura de impresión *offset* a nivel latinoamericano, en calidad, servicio y desarrollo de procesos, al menor costo y con personal altamente calificado e identificado totalmente con la organización

3.2. Planificación estratégica de una planta litográfica

Luego de obtener la visión de la organización es necesario establecer una planificación estratégica para determinar las ventajas competitivas de la planta litográfica Central de Empaques, compararlas con los competidores y determinar las fortalezas de la organización, así como determinar las debilidades.

Después se procede a determinar las acciones necesarias para mejorar las oportunidades que se presentan en el análisis. La planificación estratégica cumple con secuencia e interacción del proceso y fija las acciones para alcanzar los objetivos planificados.

- Estrategias competitivas:
 - Calidad
 - Servicio
 - Investigación y desarrollo del proceso
 - Bajo costo
 - Alta Identificación del recurso humano

3.3. Procedimiento de mantenimiento

El mantenimiento es una actividad íntimamente ligada al buen funcionamiento de cualquier tipo de máquina y equipo. La razón de existir del mantenimiento exige que los equipos cumplan con las funciones para los que fueron creados; además, extenderles su vida real y colaborar con la economía de la empresa.

El mantenimiento está constituido por todas aquellas actividades destinadas a mantener la maquinaria en las mejores condiciones posibles de funcionamiento; además sirve para asegurar la disponibilidad de las máquinas; luego, debe considerarse como parte integral e importante de la organización.

3.3.1. Mantenimiento preventivo

Para aplicar el plan de mantenimiento preventivo de manera eficiente y sostenida en línea de producción litográfica, es necesario que se cuente con una cantidad mínima de repuestos en bodega para cada uno de los equipos de la línea, ya que estos serán de mucha utilidad en el momento de requerirlos de forma inmediata.

Estos repuestos son los que comúnmente se necesitan en la línea de producción litográfica debido al desgaste que sufren las piezas por el uso común que se les da.

- Alimentador de hojas:
 - Ventosas y cilindros de vacío
 - Rodillos de entrada de lámina y engranes de transmisión
 - Levas de movimiento de cilindros de vacío
 - Sensor de altura
 - Sensor de detección de doble hoja
 - Cojinetes
 - Fajas de transporte de láminas

- Prensas litográficas:
 - Cojinetes de bolas
 - *Sprockets* paso 40, de 21 dientes
 - *Sprockets* paso 50, de 10 dientes
 - *Sprockets* paso 50, de 18 dientes
 - Cadena galvanizada de 30 metros
 - Cadena paso 50, de 5/8 " simple
 - Cadena pitón de arrastre
 - Ejes *cold rolled*
 - Rodillos Vulcolan
 - Reencauche para rodillos

- Hornos UV:
 - Cojinetes de bolas
 - Engranajes helicoidales
 - Seguros inferiores
 - Satélites
 - Polea dentada
 - Pistón de vacío
 - Espárragos 5/8 x 3"
 - Engranajes 3" de 36 dientes
 - Resortes de 3 1/4 " de interior X 9"
 - Tubos de sistema UV
 - Fajas de 2" de ancho de transporte

- Barnizadora:
 - Cadenas dobles paso 60
 - Micros de seguridad
 - *Sprockets* graduables doble diente
 - Fajas de transporte
 - Cojinetes para rodillos

3.3.2. Preventivo programado

El mantenimiento preventivo programado se lleva a cabo junto con la limpieza de los equipos; este se planifica con el Departamento de Producción. Existen temporadas con picos de trabajo; en las mismas solo se realiza el mantenimiento correctivo, aunque se procura realizar el mantenimiento preventivo a principio de cada mes, pues son fechas en las que por lo general

hay menos trabajos por entregar. Se calcula que a cada 10 000 000 impresiones se realizan trabajos de mantenimiento preventivo; esto es, aproximadamente cada 29 o 30 días.

3.3.3. Correctivo

El mantenimiento correctivo se realizará cuando se presenten fallas o averías que impidan el funcionamiento de la recuperadora o sea un riesgo de daño para la máquina o el operador. Es una actividad no planificada.

Cuando sea necesaria una reparación urgente se avisará al Departamento de Mantenimiento de la litografía, quienes disponen del personal, repuestos, y manuales técnicos para llevarlo a cabo.

3.4. Cronograma de mantenimiento preventivo

A continuación se describe el cronograma anual de mantenimiento propuesto para la empresa.

Figura 10. Cronograma de mantenimiento anual

Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Convertidora	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Guillotinas	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Manroland	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Troquel Bush	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Formadora	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Troqueladora	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Pegadoras	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												
Máquina	Frecuencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Barnizadora	Mensual												
	Trimestral												
	Semestral												
	Anual												

Fuente: elaboración propia.

3.5. Inspección de condiciones de operación de maquinaria

Este es el elemento más importante del mantenimiento, a partir del cual se podrá conseguir:

- El buen funcionamiento de la maquinaria que se va a utilizar
- Menos paros por reparaciones
- Ajustar todo el equipo a condiciones específicas ya conocidas

- Alargar la vida útil del equipo al asegurar las condiciones adecuadas
- Una producción eficaz y estable en todo el proceso

Para la inspección se puede utilizar un formato en el que se anota a manera de lista de chequeo que se cumpla con todas las condiciones básicas de la operación de cada equipo. De esta manera se puede llevar un control estadístico de errores cometidos en el área mecánica, así también determinar las causas de alguna falla constante. Con base en esto se podrán corregir errores y se obtendrá eficiencia en el ahorro de tiempo y recursos, y a su vez una producción eficaz.

3.6. Elaboración de procedimientos del proceso de mantenimiento

Dentro del programa de mantenimiento se requiere elaborar todos los procedimientos necesarios para la organización del sistema; los procedimientos indican el cómo realizar alguna actividad y de esta forma se estandariza la forma de desarrollar algún proceso. Los procedimientos deben de ser accesibles para todo el personal; es conveniente tener control de los lugares donde están ubicados y el control de las copias de los mismos. Para el proceso de mantenimiento se elaboraron los siguientes procedimientos:

3.6.1. Procedimiento de control y ejecución del mantenimiento

Este procedimiento indica la prioridad y secuencia que debe de llevar la asignación de trabajos para los técnicos de mantenimiento, por medio del supervisor de mantenimiento.

- Alcance: para todas las áreas de producción de la planta litográfica Central de Empaques.

- Definiciones: funciones del supervisor de mantenimiento, coordinador de mantenimiento, quienes son los responsables de la administración del mismo.

- Funciones del supervisor de mantenimiento
 - Verifica si hay trabajos de mantenimiento correctivo que hayan ocurrido en la noche y asigna al personal para la reparación de maquinaria, equipo, instalaciones de planta, etc. y elabora orden de trabajo.

 - Revisa si hay órdenes de trabajo emitidas por producción en buzón de taller de mantenimiento.

 - Revisa los reportes de inspecciones de mantenimiento preventivo del día anterior, para elaborar órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo programado, en coordinación con el coordinador de mantenimiento. Revisa cronograma de mantenimiento preventivo y asignación de trabajos.

 - Recolecta órdenes de trabajo e inspecciones de mantenimiento preventivo y entrega al coordinador de mantenimiento.

- Funciones del coordinador de mantenimiento:
 - Ingresar datos de todas las inspecciones de mantenimiento preventivo, actualizando los cronogramas de mantenimiento preventivo.

Tabla VII. **Formato de orden de trabajo**

Orden de trabajo

No. de orden: _____

Fecha: _____

Tipo de trabajo:	Mecánico	Eléctrico	Electrónico	Terceros
------------------	----------	-----------	-------------	----------

Descripción del trabajo:	
Materiales e insumos:	
Observaciones:	
Hora de inicio: _____	Ejecutó: _____
Hora de finalización: _____	Supervisó: _____
Lugar de trabajo: _____	
Firma de conformidad: _____	Hora: _____
Nombre: _____	Fecha: _____

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Formato de inspección rotativa de motores principales**

Marca: _____ Motor: _____ HP Mes: _____ Año: _____ Lado:																																			
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">A</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">B</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">C</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">D</td> </tr> </table>						A	B	C	D																										
A	B	C	D																																
Ítem	Actividades	Semanas																																	
		1	2	3	4																														
1	Desacoplar <i>blower</i> , desarmar y limpiar partes																																		
2	Revisar filtros (cambiar si es necesario)																																		
3	Revisar escobillas																																		
4	Revisar aspas de ventilador																																		
5	Lubricar cojinetes del motor																																		
6	Revisar protección de temperatura																																		
7	Revisar protecciones de flujo de aire de <i>blowers</i>																																		
Observaciones:																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Mes</th> <th style="width: 15%;">Hora inicio</th> <th style="width: 15%;">Hora final</th> <th style="width: 15%;">Técnico</th> <th style="width: 15%;">Supervisor</th> <th style="width: 10%;">Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Semana 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Semana 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Semana 3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Semana 4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Mes	Hora inicio	Hora final	Técnico	Supervisor	Fecha	Semana 1						Semana 2						Semana 3						Semana 4					
Mes	Hora inicio	Hora final	Técnico	Supervisor	Fecha																														
Semana 1																																			
Semana 2																																			
Semana 3																																			
Semana 4																																			

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Procedimiento de distribución de formatos de inspección

El objetivo de este procedimiento es ordenar la distribución y recepción de los formatos de inspección de mantenimiento preventivo, programado y correctivo en la planta litográfica Central de Empaques.

- Alcance: para todas las áreas de producción de la planta litográfica Central de Empaques.
- Definiciones: se describen las funciones del coordinador de mantenimiento y personal que se encarga de administrar el área de mantenimiento.
- Funciones del coordinador:
 - Chequea el programa mensual de mantenimiento preventivo y organiza el mantenimiento diario, semanal, mensual, semestral y anual según corresponda en el organigrama.
 - Toma los formatos de inspección diaria e identifica el mes en cada uno; luego los coloca en los portadocumentos de cada máquina.
 - Designa a los técnicos para realizar los mantenimientos planificados.
- Funciones del técnico:
 - Luego de recibir instrucción verbal del coordinador de mantenimiento, se dirige a la máquina asignada, toma del portadocumento el formato de inspección de la máquina donde se realizará el mantenimiento, la llena parcialmente con la información requerida, realiza el

mantenimiento, vuelve a tomar el formato de inspección y termina de llenarlo, luego lo deposita nuevamente en el portadocumento.

- Funciones del administrador:
 - Luego de terminar el día laboral, revisa todos los formatos de inspección, escribe los datos en la hoja Excel de control de mantenimiento y devuelve los formatos de inspección al lugar del portadocumentos de cada máquina.
 - Cada mes debe cambiar el formato diario, y colocar el formato de inspección semanal, mensual, semestral o anual, según corresponda a la planificación estipulada. En cada uno de los formatos es el mismo procedimiento.

3.6.3. Procedimiento de no conformidad

Este procedimiento indicará la forma de documentar las irregularidades que se presentan en los trabajos externos e internos en la planta de producción, para evidenciar las oportunidades de mejora en cualquier área de la producción y programar acciones correctivas para eliminar la causa que impide la oportunidad de mejora.

- Alcance: para todas las áreas de producción de la planta litográfica Central de Empaques
- Definiciones: se describirán las funciones del coordinador de producción, de mantenimiento, de logística y de preprensa, y del personal que se encarga de administrar áreas específicas de producción.

- Funciones del coordinador de producción:
 - En el momento de detener o atrasar algún proceso de trabajo programado, emitirá un formato de no conformidad, el cual debe dirigirse al coordinador del área o proveedor externo que impidió o atrasó la ejecución del trabajo, según orden de trabajo.
 - Llena el formato y le entrega el original del formato de no conformidad junto con la copia de la orden de trabajo al coordinador del área responsable del atraso o impedimento del trabajo; también puede ser dirigida al representante de la compañía externa que se contrató para efectuar un servicio o compra de algún producto, que en su efecto no ingresó en tiempo estipulado a la bodega y que atrasó o impidió la ejecución de cualquier trabajo interno.
 - Debe enviarle al jefe de producción una copia del formato de no conformidad y otra para el archivo de la persona que lo emite.

Tabla XIV. **Formato de conformidad**

	Fecha: _____		
De: _____ Área	A: _____ Área o proveedor externo		
Nombre: _____ Coordinador	Nombre: _____ Coordinador o proveedor externo		
Descripción:			
Orden de trabajo número: _____			
Trabajo programado / orden de compra: _____			
Efecto que causó: _____			
Jefe de área: _____			
Investigación	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">Procede</td> <td style="padding: 2px 10px;">No procede</td> </tr> </table>	Procede	No procede
Procede	No procede		
Causa: _____			
Acciones: _____			
Responsable de las acciones: _____			
	Nombre y puesto		
Fecha de ejecución de las acciones: _____			

Fuente: elaboración propia.

3.6.4. Procedimiento de cambio de aceite de unidades

El objetivo de este procedimiento es normar el procedimiento de cambio de aceite de las unidades de impresión de la maquinaria de la planta.

- Alcance: para el área de rotativa de la planta litográfica Central de Empaques.
- Definiciones: se describen las funciones del coordinador de producción, técnico de mantenimiento, coordinador de logística, coordinador de pre prensa, y personal que se encarga de administrar áreas específicas de producción.
- Funciones del coordinador de mantenimiento:
 - Revisar el cronograma anual de chequeos e inspecciones de mantenimientos preventivos y cuando esté programado el cambio de aceites de las unidades (semestralmente).
 - Enviar al personal técnico a realizar el mantenimiento programado con el registro de mantenimiento semestral
- Funciones del técnico de mantenimiento:
 - Detener la máquina y colocar la unidad en seguridad
 - Extraer los tornillos de la tapadera de la transmisión
 - Colocar bandeja de recepción de aceite bajo la pichacha de descarga de la unidad
 - Verter el aceite usado en recipientes para su desecho

- Colocar nuevamente la bandeja bajo la pichacha
- Desacoplar cadena de bomba de lubricación de aceite y filtro del mismo
- Limpiar bomba y filtro (cambiar si es necesario) con solvente mineral
- Dejar escurrir el solvente mineral en la bandeja
- Limpiar las paredes y los engranajes con trapos limpios
- Chequear engranajes, cuñas y cuñeros
- Colocar cadena, bomba de lubricación y filtro
- Cerrar pichacha de drenaje de aceite
- Verter aceite en transmisión de unidad
- Tapar unidad
- Entregar a conformidad la unidad

4. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Se presenta una propuesta que permita mejorar el control de los procesos de mantenimiento preventivo, seguridad del personal y la utilización de indicadores para evaluar la eficiencia del sistema. También incluye el diseño del programa de capacitaciones para el personal involucrado.

4.1. Área de mantenimiento

Debido a que el mantenimiento es vital para que un proceso de Producción más Limpia sea eficiente, se deben realizar acciones que beneficien directamente el uso de recursos, tales como el tiempo de producción, el costo de los repuestos y la vida útil del equipo.

4.1.1. Ordenar e identificar los repuestos

Se propone una secuencia de pasos para realizar eficientemente un inventario de repuestos; a continuación se describe esta secuencia:

- Planificar el período de tiempo necesario y la fecha oportuna para iniciar y terminar el inventario, decisión que será tomada por todo el personal;
- Diseñar una base de datos, la cual debe contener la clasificación de repuestos que ha sido planificada por el personal encargado y permitir visualizar el cambio en las entradas y salidas por repuesto, así como los costos. Cuando ya exista una base de datos para inventario, solo se actualizará al hacer un inventario en detalle de las bodegas;

- Determinar el lugar en donde se ubican los repuestos: por lo general todos los repuestos se ubican en bodegas del área de mantenimiento; sin embargo algunas empresas los colocan en espacios alternos distintos a tales bodegas;
- Asignación de tareas: se debe distribuir la tarea de inventario dentro del personal de mantenimiento, y así reducir el tiempo para realizarlo; tal decisión será tomada por el jefe de mantenimiento;
- Identificar los repuestos que se van a inventariar dependiendo de la clasificación interna que le otorgue el personal encargado, que puede ser de acuerdo con el tipo de máquina en el que se utilicen, aplicaciones comunes o especiales;
- Cuantificar las existencias por repuesto: hacer un conteo correcto de la cantidad de repuestos e integrar su valor inmediatamente a la base de datos, para el proceso de actualización de la misma;
- Asignar un código y una posición a una clase de repuesto: para tal acción se debe tomar en cuenta el lugar en donde se desean colocar tales repuestos, el código puede variar desde las letras del abecedario hasta las iniciales de las máquinas o utilidad de las piezas; pero ante todo, debe ser visible y claro el proceso de señalización del área donde van los repuestos, de forma que facilite el ordenamiento final;
- Posicionamiento del inventario: el último paso para desarrollar el inventario debe ser la colocación de las piezas en los lugares predestinados y previamente señalizados por el personal encargado.

La prevención para no inventariar piezas ya clasificadas, será colocar algún tipo de seña en las unidades, para prevenir a todo el personal sobre la posibilidad de repetir el proceso de cuantificación y sobrevaloración del inventario.

4.1.2. Ordenar e identificar herramientas

Las herramientas de trabajo necesitan ser clasificadas de forma adecuada de acuerdo con su funcionabilidad y características especiales. Los pasos para realizar un proceso de planificación y ejecución de ordenamiento e identificación son los siguientes:

- Determinar el los parámetros de clasificación a aplicar, estos pueden ser por el tipo de trabajos en los que se utilizan o por sus características propias.
- Realizar una planificación de la ubicación exacta que tendrán las existencias.
- Determinar la forma en que se identificará la herramienta, ya sea por la ubicación, por identificación física por medio de códigos o por etiquetado de acuerdo con el tipo de elementos que se identifiquen.
- Diseñar documentos que se utilicen para controlar la entrada y salida de cada tipo de herramienta y para el control periódico de la totalidad en bodega.
- Recolectar toda la herramienta que se encuentre dentro y fuera del Departamento de Mantenimiento.

- Cuantificar las existencias reales y en libros, a fin de verificar y eliminar las diferencias si existieran.
- Usar una nomenclatura técnica para designar la herramienta.
- Ubicarla en los lugares designados dentro de la bodega de mantenimiento.
- Realizar un proceso de identificación de la herramienta propia del personal encargado de mantenimiento, para evitar confusiones de pérdida, transporte y retención de la misma, que pueda causar conflictos entre personal y organización.

4.1.3. Realizar trazabilidad de las fallas en la maquinaria

Hay dos tipos de trazabilidad: la externa y la interna. La primera se refiere a estándares internacionales, la segunda se puede aplicar a estándares propios de la empresa y nacionales.

Con el propósito de marcar la tendencia con la que se producen las averías en la maquinaria, se debe realizar una clasificación especial determinada por el personal de mantenimiento y así tomar decisiones confiables acerca de planificación de actividades, compra y almacenamiento de piezas de repuesto. Cuando se utiliza la trazabilidad como un concepto de rastreo de datos históricos y se aplica al pronóstico de fallas, se encuentra que los pasos para trazar las ocurrencias son:

- Recolección de datos históricos internos por máquina, de acuerdo con uno o más períodos de producción.

- Clasificación de las ocurrencias.
- Tabulación de los valores obtenidos, fallas a través del tiempo que pueden ser meses, semanas e incluso días.
- Análisis para determinar la tendencia y comportamiento de los datos.
- Utilizando métodos de correlación se puede establecer el tipo de familia a la que pertenece el comportamiento de los datos tabulados.
- Realizar pronósticos de evaluación y riesgo, a fin de determinar la estimación con el error mínimo.
- Realizar la estimación de fallas a corto, mediano y largo plazo, haciendo estimaciones de requerimiento de repuestos y presupuestando sus valores.

4.1.4. Manejo de materiales

Un sistema de planificación de manejo y requerimiento de materiales o MRP, por sus siglas en inglés, establece controles exhaustivos de los inventarios, a fin de sincronizar la demanda de piezas con los niveles de reorden a los proveedores. Existen dos tipos de MRP: el primero da una clara determinación de los parámetros tiempo y capacidad; el segundo, planifica el uso eficaz de los recursos de fabricación. Aplicar un MRP II al control de repuestos de la empresa tiene como propósito:

- Disminuir los tiempos de espera entre interrupciones y disponibilidad de repuestos

- Disminuir inventarios
- Incrementar la eficiencia
- Reducir reparaciones paliativas
- Planear a largo y mediano plazo el requerimiento de piezas, a fin de hacer los presupuestos correspondientes
- Reducir costos e incrementar beneficios
- Simular un proceso de producción en función de necesidad de repuestos y pronóstico de compra de materiales.

El procedimiento para implantar un MRP II aplicado a un departamento de mantenimiento es el siguiente:

- Se establece previamente el pronóstico de fallas u ocurrencias en la maquinaria durante un período de producción futuro.
- Son determinadas las cantidades estimadas de ocurrencias por máquina.
- Se investigan los historiales de intervalos de tiempo de entrega de los últimos pedidos de cada repuesto, los cuales deben coincidir con el ciclo de tiempo elegido. Los intervalos de tiempos se refieren al tiempo en que el proveedor tardó en entregar el material o repuesto, luego de haber colocado el pedido.
- La matriz de asignación de las distintas materias o repuestos debe construirse por cada mes que compone el tiempo a trabajar.
- Son determinadas las políticas con base en los historiales de entrega de producto por parte de los proveedores y con la información actualizada de

existencias de repuestos, se calculan las distintas variables que le darán forma al gráfico de inventario determinístico.

- Construido el gráfico con la información anterior, se utiliza una técnica matemática de relación de triángulos para determinar las fechas de puesta de pedido y recibo de material, en función de las cantidades de existencia y planificadas para el período en cuestión.
- Se elabora una matriz con la cantidad, fecha de puesta de pedido y de ingreso a bodega, de materia prima para cada material.

4.2. Área de seguridad industrial

Se tiene como propósito buscar alternativas para mejorar la seguridad y las condiciones laborales del personal, aplicando diferentes normas destinadas a este tema.

Existe la necesidad de buscar el establecimiento de mejoras que incentiven el logro de los metas de producción, al mismo tiempo que faciliten la realización de tareas con menos recursos.

4.2.1. Estándares de seguridad basadas en OSHA 18001 y reglamento del IGSS

El proceso de determinar las mejoras adecuadas en materia de seguridad industrial inicia con una investigación de campo que consiste en analizar las condiciones de trabajo de la empresa en tiempo real, estableciendo las necesidades por cada área específica.

El listado de artículos del Reglamento de Seguridad del Instituto Guatemalteco Seguridad Social que se propone a continuación, indica medidas que deben cumplirse adecuadamente para garantizar la salud ocupacional del personal y las metas sociales, económicas y productivas:

- “Artículo 4. Todo patrono o su representante, intermediario o contratista debe adoptar y poner en práctica en sus lugares de trabajo, las medidas adecuadas de seguridad e higiene para proteger la vida, la salud y la integridad corporal de sus trabajadores, especialmente en lo relativo al suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal (inciso b).
- Artículo 5. Son también obligaciones de los patronos (inciso b): promover la capacitación de su personal en materia de higiene y seguridad en el trabajo.
- Artículo 8. Todo trabajador estará obligado a cumplir con las normas sobre higiene y seguridad, indicaciones e instrucciones que tengan por finalidad protegerle en su vida, salud e integridad corporal.
- Artículo 9. Se prohíbe a los trabajadores (inciso a): impedir que se cumplan las medidas de seguridad en las operaciones y procesos de trabajo.
- Artículo 25 (párrafo segundo). Cuando las operaciones de limpieza del suelo, paredes y techo o de elementos de instalación, ofrezcan peligro para la salud de los trabajadores encargados de realizarlas, debe proveérseles de mascarillas y equipos adecuados.

- Artículo 86 (párrafo segundo). Los pasillos generales que conduzcan a las salidas deben estar libres de materiales, residuos de fabricación o de cualquier obstáculo.

- Artículo 89. Los trapos, algodones y otros materiales impregnados en aceite, grasa o sustancias fácilmente inflamables, así como los residuos de materias o productos peligrosos, deben recogerse y depositarse en recipientes incombustibles provistos de cierre hermético, distribuidos adecuadamente.

- Artículo 94. Los patronos están obligados a proporcionar a los trabajadores, según la clase de trabajo:
 - Máscaras o caretas respiratorias, cuando por la índole de la industria o trabajo no sea posible conseguir la eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud.

 - Gafas y pantallas protectoras adecuadas, contra toda clase de proyección de partículas: sólidas, líquidas o gaseosas, calientes o no, que puedan causar daño al trabajador.

 - Guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzado especial, para la protección conveniente del cuerpo contra las proyecciones, contaminaciones y contactos peligrosos en general.

- Artículo 106 (tercer párrafo). Toda fábrica o taller que ocupe mujeres deberá contar con una habitación de reposo adecuada.

- Artículo 112. Tanto el presente reglamento como los reglamentos especiales de higiene y seguridad de la industria o trabajo de que se trate, deben darse a conocer a los trabajadores a raíz de su admisión al trabajo. Un ejemplar de cada uno de esos reglamentos, debe mantenerse en sitios visibles con el objeto de que el personal pueda consultarlos fácilmente.”

En el plano internacional se puede hacer alusión a especificaciones técnicas descritas en las normas OHSAS 18001, en la definición de requisitos para el establecimiento, implantación y operación de sistemas de gestión de seguridad y salud laboral efectivos.

Estas normas son utilizadas por empresas comprometidas con la seguridad de sus trabajadores en búsqueda de mejores condiciones, que faciliten la realización de tareas y puedan prevenir cualquier tipo de incidente o accidente.

4.2.2. Equipo de protección personal

Cuando se utilizan solventes, los operarios deben utilizar constantemente el equipo personal de protección para evitar verse afectados por los vapores nocivos presentes en el aire.

Cada trabajador deberá ser informado tanto verbalmente como por escrito cuando se requiera la utilización del equipo personal de protección, sobre cómo utilizarlo, cuáles son los diferentes equipos que deben utilizarse en cada situación, qué tipo de protección y filtro debe utilizarse y cómo cuidar los equipos de protección.

Un equipo de protección personal puede incluir:

4.2.2.1. Respiradores

Los respiradores deben utilizarse solamente para completar otros métodos, o en ocasiones especiales para la limpieza de tanques, el trabajo de mantenimiento o en casos de urgencia.

Existen varios tipos de respiradores:

- De cartucho químico
- De aviación
- Independientes

Las máscaras contra el polvo no protegen al trabajador contra la inhalación de los solventes. Los respiradores de cartucho químico son probablemente la protección más efectiva y sencilla en algunos tipos de trabajo con solventes. Al elegir un respirador debe tomarse en cuenta que:

- Proteja totalmente las vías de entrada (ojos, nariz, boca)
- Sea lo más confortable posible
- Sea fácil de limpiar
- Esté homologado frente al riesgo al cual se quiere proteger
- Posea una durabilidad aceptable

El filtro de carbón activado debe de ser reemplazado siguiendo las instrucciones del fabricante, cuando la respiración se dificulte o cuando el filtro produzca olores desagradables. Los respiraderos faciales sin filtro son los menos adecuados para el trabajador, ya que se desgastan o son bloqueados

por la suciedad y pueden provocar serios daños; además, el trabajador cree estar protegido y no está consciente de la exposición que sufre.

Cuando el oxígeno está limitado, un respirador tipo filtro no es adecuado. Resulta entonces indispensable utilizar una unidad que suministre aire al trabajador. En este caso, la mejor protección es un respirador tipo máscara de aire con una presión positiva.

El aire puede ser suministrado por un compresor con un filtro, una planta permanente de aire comprimido (siempre con filtro) o botellas de oxígeno. Un respirador completo puede incluir el mismo tipo de filtro que el respirador tipo máscara de aire antes descrito; además, protege igualmente los ojos y la cara contra las salpicaduras de los solventes.

Figura 11. **Respirador de protección con filtro**



Fuente: <http://www.ferreteriapetapa.com/index.php/productos/proteccion-y-seguridad-industrial/proteccion-respiratoria>. Consulta: agosto de 2013.

Este tipo de respirador ejemplificado en la figura anterior, utiliza filtros que están especialmente diseñados para enfrentarse a ambientes con contenido superior al 17 % de oxígeno y contaminados con vapores y gases de productos orgánicos con punto de ebullición superior a 65 °C (como los solventes y pinturas), ofreciendo una efectiva y duradera protección. Al diseñar el filtro se ha valorado la comodidad del usuario, procurando una fácil y cómoda respiración, minimizando la resistencia al paso del aire ocasionada por la pérdida de carga del filtro, y permitiendo inhalaciones de un mayor caudal del mismo.

4.2.2.2. Guantes

Al seleccionar los guantes que se utilizarán en el área de producción se debe considerar que estén hechos con un material que no pueda ser penetrado por el solvente. Muchos materiales utilizados no resisten a todos los solventes.

Para garantizar una máxima protección contra la absorción de los solventes por la piel, los guantes deben estar hechos con los materiales adecuados, quedar bien ajustados y estar en buen estado.

Algunos materiales utilizados en la fabricación de guantes pueden provocar alergias. Si es posible, se debe utilizar guantes con cubiertas interiores de algodón. Con frecuencia los guantes de protección tienen un periodo útil muy limitado y la protección adecuada que ofrecen es de corta duración, por lo tanto tienen que ser reemplazados periódicamente.

Para tener una mejor referencia de qué tipo de guante usar para el solvente que se esté manejando se presenta la siguiente tabla:

Tabla XV. **Tabla de guantes para solventes**

QUÉ GUANTE UTILIZAR PARA CADA SOLVENTE			
SOLVENTE	GUANTE IDEAL	SEGÚN. OPCIÓN	NO EMPLEAR
Acetona	Goma	Neopreno	PVC
Butanol	Vitón, goma, neopreno	PVC	Ninguno
Cloroformo	Vitón, PVA	Ninguno	Goma, neopreno, PVC
Alcohol isobutíl	Vitón, goma, neopreno	Ninguno	PVC
Isopropanol	Vitón, neopreno, goma	PVC	PVA
Metanol	Goma, neopreno	PVC	PVA
Metiletilcetona	Ninguno	Goma	PVC
Metiliso-butilcetona	Ninguno	Goma, PVA	Neopreno, PVC
Nafta	Vitón, PVA	Ninguno	Goma, neopreno
Alcohol propílico	Vitón, goma, neopreno	Ninguno	Ninguno
Tolueno	Vitón	PVA	Goma, neopreno, PVC
Ticloroetileno	Vitón	PVA	Goma, neopreno, PVC
Trementina	Vitón	PVA	Goma, neopreno
Xileno	Vitón, PVA	Ninguno	Goma, neopreno, PVC

Fuente: <http://www.uaw.org/page/worker-health-osha-compliance-0>.

Consulta: diciembre de 2013.

4.2.2.3. Gafas

Para la protección de los ojos, el jefe de producción debe informar verbalmente y por escrito a los trabajadores que deben utilizarse gafas de seguridad. Se emplearán principalmente para evitar los riesgos de salpicaduras de los solventes y productos químicos en los ojos, ya que los protegen tanto lateral como frontalmente. Deben estar fabricadas con materiales resistentes a todo tipo de solvente o producto químico y ser homologadas.

Figura 12. **Gafas**



Fuente: <http://www.productosclimax.com/Subfamilias.asp?id=2&FamId=12&SubFam=153>
&PaginaActual=1. Consulta: diciembre de 2013.

4.2.2.4. Mandiles

La utilización de los mandiles servirá para proteger al trabajador frente a los riesgos de salpicaduras y de derrames de solventes o productos químicos; deben estar fabricados con materiales resistentes a los mismos y ser homologados. Puede tratarse de un mandil de neopreno por una cara, con soporte de algodón. Ideal para ácidos, solventes, grasas y aceites.

Figura 13. **Mandil**



Fuente: <http://www.ail.com.mx/category/productos/seguridad/>.

Consulta: diciembre 2013.

4.3. Indicadores

Los indicadores son herramientas que permiten medir y controlar la efectividad en el uso de recursos humanos, materiales, financieros y tecnológicos de un sistema de Producción más Limpia.

4.3.1. Índice de gravedad

Representa el número de jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas. Se calcula mediante la expresión:

$$\text{Índice de gravedad (IG)} = \frac{\text{No.de jornadas perdidas} \times 10^3}{\text{No.de horas trabajadas}}$$

Las jornadas perdidas son las correspondientes a incapacidades temporales, más las que se fijan según la Organización Internacional del Trabajo OIT, correspondientes a los diferentes tipos de incapacidades permanentes.

Tabla XVI. Grados de incapacidad y jornadas de trabajo perdidas

NATURALEZA DE LA LESIÓN	PORCENTAJE DE INCAPACIDAD	JORNADAS DE TRABAJO PERDIDAS
Muerte	100	6.000
Incapacidad permanente absoluta (I.P.A.)	100	6.000
Incapacidad permanente total (I.P.T.)	75	4.500
Pérdida del brazo por encima del codo	75	4.500
Pérdida del brazo por el codo o debajo	60	3.600
Pérdida de la mano	50	3.000
Pérdida o invalidez permanente del pulgar	10	600
Pérdida o invalidez de un dedo cualquiera	5	300
Pérdida o invalidez de dos dedos	12,5	750
Pérdida o invalidez de tres dedos	20	1.200
Pérdida o invalidez de cuatro dedos	30	1.800
Pérdida o invalidez del pulgar y de un dedo	20	1.200
Pérdida o invalidez del pulgar y de un dedo	25	1.500
Pérdida o invalidez del pulgar y de dos dedos	25	1.500
Pérdida o invalidez del pulgar y de tres dedos	33,5	2.000
Pérdida o invalidez del pulgar y de cuatro dedos	40	2.400

Continuación de la tabla XVI.

Pérdida de la pierna por encima de la rodilla	75	4.500
Pérdida de pierna por la rodilla o debajo	50	3.000
Pérdida del pie	40	2.400
Pérdida o invalidez permanente del dedo gordo o de dos o más dedos del pie	5	300
Pérdida de la vista (un ojo)	30	1.800
Ceguera total	100	6.000
Pérdida del oído (uno solo)	10	600
Sordera total	50	3.000

Fuente: www.seguridadindustrialapuntos.blogspot.com. Consulta: noviembre de 2013.

4.3.2. Índice de accidentalidad

Es el porcentaje de accidentes ocurridos en relación con el número de trabajadores de la empresa. Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de accidentalidad (IA)} = \frac{\text{No. de accidentes} \times 100}{\text{No. de trabajadores}}$$

Ejemplo: una empresa que cuenta con 300 trabajadores reporta 10 accidentes durante un período de producción. ¿Cuál es su I.A.?

$$\text{Índice de accidentalidad} = (10 \times 100)/300 = 3,33 \%$$

El índice de accidentalidad se puede evaluar según las acciones preventivas e inversión que se deban realizar para reducirlo a cero:

- $0 \leq \text{I.A.} \leq 5 \%$, acciones preventivas a largo plazo e inversión pequeña.
- $5 < \text{I.A.} \leq 10 \%$, acciones correctivas a corto plazo, preventivas a mediano plazo y una inversión significativa.
- $\text{I.A.} \geq 11 \%$ en adelante, acciones correctivas y preventivas a corto plazo, inversión elevada.

4.3.3. Porcentaje de inactividad causada por accidentes

Se determina el tiempo total de inactividad de cada máquina y qué parte de este tiempo ha sido causado por averías ocurridas.

$$\text{Porcentaje de inactividad} = \frac{\textit{Tiempo de inactividad causado por averías}}{\textit{Tiempo total de inactividad}}$$

El valor aceptable de este índice está entre 0 a 25 %; valores superiores al 25 % están relacionados con la deficiencia en la planificación de mantenimiento preventivo y costos elevados.

Cuanto más cerca esté de cero, más se reducirá la carga de trabajo del equipo y operarios.

4.3.4. Índice de frecuencia

Expresa el número de accidentes de trabajo que se producen por cada millón de horas trabajadas.

La fórmula de cálculo es:

$$\text{Índice de frecuencia (IF)} = \frac{\text{No. de accidentes} \times 10^6}{\text{No. de horas trabajadas}}$$

En empresas de gran tamaño, se recomienda calcular este índice para las distintas secciones de la empresa, así como ampliar el seguimiento a todos los accidentes, tanto los que han producido baja como los que no, evaluando el índice de frecuencia global.

4.3.5. Tiempo promedio de reparación del equipo

Es el valor promedio obtenido de dividir el tiempo total utilizado para reparaciones sobre el número total de reparaciones realizadas.

Una desventaja de este índice es que no permite conocer a detalle las fallas que ocasionaron impactos significativos en la producción, lo cual se soluciona mediante un diagrama de causa-efecto, para poder clasificar las fallas. A medida que este valor se reduzca, las actividades de mantenimiento serán más eficientes en función del tiempo y recursos utilizados

$$\text{Tiempo promedio de reparación} = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{No. de reparaciones realizadas}}$$

De acuerdo con el personal de mantenimiento y producción, el tiempo promedio de una reparación debe estar entre 25 y 30 minutos, lo que en una jornada de trabajo de nueve horas significa un 5,56 %.

4.3.6. Porcentaje de generación de desechos

La empresa deberá analizar los indicadores de gestión, y estos deben arrojar resultados sobre las etapas del manejo integral de los residuos sólidos para identificar las conformidades e inconformidades que presenta. Con base en esta información, se tomarán medidas que permitan el mejoramiento continuo al interior de la empresa. Un estudio de impacto ambiental se considera necesario.

Los indicadores de gestión son un conjunto de expresiones numéricas que representan los aspectos que son susceptibles de variar en el tiempo, permiten analizar la evolución, el cumplimiento de las metas propuestas en el manejo integral de residuos y medir su desempeño en términos cuantitativos.

Para ello, es necesario definir con antelación aspectos tales como: qué es lo que se va a medir, quién va a realizar la medición, cuáles son los mecanismos de medición que se van a utilizar y para qué sirven los resultados.

Algunos de los indicadores de gestión propuestos para el manejo de residuos en la empresa son los siguientes:

- Reducción en la cantidad de residuos generados: este indicador ayudará a la empresa a tener una muestra de la disminución en la cantidad total de residuos generados, incluyendo el material aprovechable, no aprovechable, peligroso y no peligroso. Es la sumatoria de los residuos

generados durante un período de tiempo determinado; el nivel de referencia, es decir, el valor contra el cual se comparará la empresa para determinar la evolución. Este se establece con el dato de generación de residuos aportado en el diagnóstico o con los datos del primer año de registros, comparado mes a mes.

$$\text{Porcentaje de reducción} = \frac{\text{Cantidad de residuos sólidos (año 1)} - \text{Cantidad de residuos sólidos (año 0)}}{\text{Cantidad de residuos sólidos (año 1)}} \times 100$$

Este indicador permite realizar una medición de la meta que se espera lograr con la implementación del manejo integral de residuos.

- Indicadores de tratamiento y aprovechamiento: medirán la cantidad de residuos sometidos a procesos de tratamiento como desactivación de alta eficiencia, incineración o aprovechamiento como compostaje, reuso o reciclaje, u otros sistemas utilizados en la región. Los diferentes indicadores propuestos son:

$$\% \text{ destinado para reciclaje} = \frac{\text{Residuos reciclables} \left(\frac{kg}{mes} \right)}{\text{Total de residuos generados} \left(\frac{kg}{mes} \right)} \times 100$$

$$\% \text{ destinado a incineración} = \frac{\text{Residuos peligrosos} \left(\frac{kg}{mes} \right)}{\text{Total de residuos generados} \left(\frac{kg}{mes} \right)} \times 100$$

- Indicadores de disposición final: miden la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios.

$$\% \text{ destinado a relleno sanitario} = \frac{\text{Residuos ordinarios} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mes}} \right)}{\text{Total de residuos generados} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mes}} \right)} \times 100$$

- Indicadores de efectividad: porcentaje de avance del programa de formación y educación: muestran el total de talleres que se han hecho efectivos, en relación con el total de talleres programados.

$$\% \text{ de avance de programas de formación} = \frac{\text{Talleres realizados}}{\text{Talleres programados}} \times 100$$

4.4. Diseño de un programa de capacitaciones

Las capacitaciones son métodos que proporcionan al personal de las empresas, los conocimientos básicos de técnicas adecuadas, herramientas y los medios a utilizar, para que logren un desempeño eficiente en sus labores y amplíen los conocimientos que poseen.

Las capacitaciones que se le brindaría a la fuerza laboral dentro de la empresa, serían parte de los métodos que se utilizan para el crecimiento y la motivación del personal. Se tomarán acciones en dos pasos sencillos:

- Se mantendrá al personal capacitado para afrontar la problemática actual así como futuros problemas que se pueden presentar. Se requiere que la empresa pueda reconocer las necesidades de capacitación en un momento dado.

- Se implementará un plan de capacitaciones en donde se les oriente sobre cómo disminuir los desperdicios.

Al enfrentarse la empresa con una nueva problemática atribuible al desempeño de sus trabajadores, debe inmediatamente capacitarlos a fin de frenar los efectos que el problema pueda generar. Para implementar una capacitación efectiva se deben establecer inicialmente las necesidades de capacitación realizando dos pasos básicos:

- Análisis de las tareas para determinar si la capacitación será proporcionada por especialistas de la empresa o por terceros.
- Una evaluación del desempeño ayudará a identificar las deficiencias a las cuales la capacitación irá enfocada.

Las capacitaciones pueden llevarse a cabo en todas las áreas, sin importar si se trata de capacitar a personal administrativo u operativo. En general, dependiendo del área donde se genere una problemática, existen variables utilizadas para la determinación de necesidades de capacitación, las cuales son:

- Evaluación de desempeño
- Observación
- Cuestionarios
- Solicitud de supervisores y gerentes
- Entrevistas con supervisores y gerentes
- Reuniones ínter departamentales
- Examen de empleados
- Modificación de trabajo

- Entrevista de salida
- Análisis de cargos

Las capacitaciones de personal pueden llevarse a cabo, dependiendo de su naturaleza, en forma de talleres o seminarios en los cuales se le manifiesta al personal la forma de solucionar los problemas observados, aclarar dudas, establecer normas, la importancia de respetar las especificaciones definidas, conocimientos de almacenaje y su importancia, la importancia e influencia de sus acciones en la calidad y materialización de los productos finales, etc.

A continuación se describen los talleres propuestos para la empresa, en el plan de capacitación establecido, que incluye duración, hacia quiénes van dirigidos y el ente responsable de ejecutarlo.

Tabla XVII. **Plan de capacitaciones**

Mantenimiento productivo total		
Duración: 8 horas	Dirigido: área de impresión	Impartido por: gerencia de producción
Mejores prácticas de manufactura		
Duración: 10 horas	Dirigido: jefes de departamento	Impartido por: INTECAP
Seguridad e higiene industrial		
Duración: 10 horas	Dirigido: jefes de departamento, grupo operativo	Impartido por: INTECAP
Duración: 10 horas	Dirigido: jefes de departamento, grupo operativo	Impartido por: INTECAP
Sistema de sugerencias		
Duración: 4 horas	Dirigido: grupo operativo	Impartido por: área de aseguramiento de la calidad

Continuación de la tabla XVII.

Delegación de autoridad y liderazgo		
Duración: 3 horas	Dirigido: jefes de departamento, grupo operativo	Impartido por: gerencia general
Reducción de desperdicio		
Duración: 4 horas	Dirigido: jefes de departamento, grupo operativo	Impartido por: gerencia de producción

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La empresa en estudio no tiene un plan funcional de prevención y control de la maquinaria, esto se hace evidente al observar los retrasos en la producción, los cuales son causados por la deficiente planificación y ejecución de mantenimiento preventivo anual, incurriendo en costos adicionales por incumplimiento en plazos, transportes y recursos utilizados en las órdenes de fabricación.
2. La estandarización de los procesos de mantenimiento ayudará a reducir los retrasos en la producción; además, definirá las rutinas de mantenimiento preventivo que reducirían considerablemente las fallas de la maquinaria.
3. El plan de mantenimiento preventivo debe ser diseñado con base en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, también debe estar soportado por la experiencia y observaciones que el personal técnico hace acerca del funcionamiento de los equipos y otros documentos que puedan servir de ayuda.
4. El diseño de modelos de fichas para la recolección y análisis de datos que faciliten el control del flujo de repuestos y herramientas en el área de mantenimiento, produce la reducción en las pérdidas de piezas y evita diferencias entre el inventario contable y físico.

5. El diseño de un plan de capacitación ayuda a que los trabajadores que desconocen temas como: el funcionamiento de las máquinas, equipos de protección personal, reacción ante emergencias, indicaciones de señales de seguridad industrial, normas que deben cumplirse para evitar accidentes, peligros a los que están expuestos en sus áreas de trabajo, etc., logren comprenderlos y aplicar mejoras a su forma de trabajar y a sus condiciones de trabajo. De esta forma se reduce el riesgo de accidentes ocupacionales con consecuencias nefastas tanto para el colaborador que sufre el accidente como para la empresa, ya que se evitaría incurrir en gastos por indemnizaciones o pérdidas por ineficiencia.

RECOMENDACIONES

1. La vida útil de los repuestos es una herramienta que puede mejorar la eficacia y confiabilidad de la planificación de mantenimiento preventivo del equipo productivo de la empresa.
2. Una inmediata evaluación de riesgos laborales sería muy útil para establecer medidas preventivas que reduzcan la posibilidad de que ocurran accidentes debidos al incremento en las operaciones de la empresa.
3. Para mejorar la ejecución efectiva de operaciones se debe realizar un estudio de tiempos y procedimientos en las áreas de mantenimiento y producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. GRIMALDI, John V. *La seguridad industrial: su administración*. 2a. ed. Editorial Alfaomega, México 1996. 167 p.
2. GUATEMALA. Organismo Judicial. Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial. *Código de Trabajo*. [en línea]. <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2011/codigo-de-trabajo.pdf>>. [Consulta: enero de 2014].
3. MORA GUTIÉRREZ, Alberto. *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios*. 2a ed. Colombia: Ultragráficas, 2007. 305 p.
4. OHSAS 18001:2007. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. España: AENORediciones, 2007. 48 p.
5. PÉREZ TENÍ, Marilia Macbeth. *Implementación de un sistema de planificación y control de la producción y calidad en las empresas Papelera Castellana S.A. y litografía e imprenta Avance Gráfico*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 185 p.
6. PRANDO, Raúl. *Manual de gestión de mantenimiento a la medida*. 2a. ed. Guatemala: Piedra Santa, 1996. 223 p.

7. TORRES, D. Leandro. *Mantenimiento, su implementación y la introducción de mejoras en la producción*. 2a ed. Argentina: Editorial Universitas, 2006. 189 p.