



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

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL
LITOGRAFICO, ORIENTADO AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES**

Mynor Adolfo Teleguario Patal

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL
LITOGRAFICO ORIENTADO, AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MYNOR ADOLFO TELEGUARDO PATAL
ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO 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. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

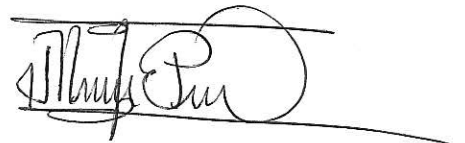
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL LITOGRAFICO, ORIENTADO AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 24 de marzo de 2010.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mynor Adolfo Teleguario Patal', with a large circular flourish at the end.

Mynor Adolfo Teleguario Patal



Guatemala, 16 de octubre de 2013
REF.EPS.DOC.1123.10.13.

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

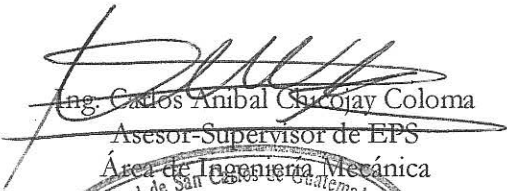
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Mynor Adolfo Teleguario Patal** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200212960, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL LITOGRAFICO, ORIENTADO AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES.**

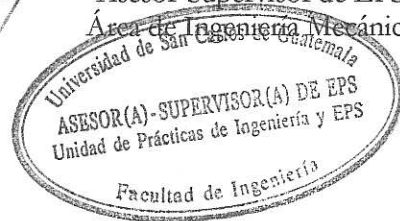
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chucujay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
CACC/ra



Guatemala, 16 de octubre de 2013
REF.EPS.D.748.10.13

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL LITOGRAFICO, ORIENTADO AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Mynor Adolfo Teleguario Patal** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS



JMC/ra



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecánica.32.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales al Trabajo de Graduación titulado, **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL LITOGRAFICO, ORIENTADO AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES**, del estudiante **Mynor Adolfo Teleguario Patal**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz

DIRECTOR

Guatemala, febrero de 2014.



JC/mjm

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG.086.2014

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: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPO INDUSTRIAL LITOGRAFICO, ORIENTADO AL ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LUBRICANTES**, presentado por el estudiante universitario: **Mynor Adolfo Teleguario Patal**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 25 de febrero de 2014



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque es el ser omnipotente, a quien le debo la vida y permite que las cosas buenas sucedan siempre que estemos en gracia.
Padres	Julio Víctor Teleguario y Sotera Patal, por todo su esfuerzo y el apoyo incondicional que me brindaron durante mi carrera.
Mis abuelos	Luisa López, Raquel Yos, Daniel Teleguario y Alberto Patal, que en paz descansen.
Mis hermanos	María Luisa, César Daniel, Marta Angélica, Julio Romeo, Willy Alberto y Marvin Yordy Teleguario Patal, por su apoyo en todo momento.
Mis cuñados	Por el apoyo que en su momento me brindaron, cada uno a su manera.
Mis sobrinos	Por su amistad y cariño, de manera que sigan perseverando para alcanzar sus metas.
Mis tíos	Por su ejemplo de trabajo y superación, a pesar de las condiciones.

Mis amigos

Nelson Álvarez, Eddy Girón, Gustavo Martín, Daniel Ajú y Werner Ajú. Quienes compartieron mi vida de estudiante, superando momentos complicados durante esa bonita etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO A:

**Universidad de San
Carlos de
Guatemala**

Por haber tenido la oportunidad de estudiar en la gloriosa y tricentenaria universidad, siendo la mayor casa de estudios a nivel nacional.

**Empresa Prensa
Libre, S. A.**

Por darme la oportunidad de realizar el presente proyecto en su planta comercial, para lograr concluir mi carrera. En especial al Ing. Gerardo Bustamante.

**Ingeniero Carlos
Aníbal Chicojay
Coloma**

Por la asesoría y el apoyo incondicional que me brindó, para lograr culminar con éxito el presente trabajo de graduación.

1.3.3.	Parámetros de mantenimiento	8
1.3.3.1.	Disponibilidad	8
1.3.3.2.	Confiabilidad.....	8
1.3.3.3.	Mantenibilidad	9
1.3.3.4.	Seguridad	9
1.3.3.5.	Economía	9
1.3.4.	Tipos de mantenimiento	9
1.3.4.1.	Mantenimiento correctivo	10
1.3.4.1.1.	No planeado.....	11
1.3.4.1.2.	Planeado	11
1.3.4.2.	Mantenimiento preventivo	11
1.3.4.3.	Mantenimiento predictivo.....	11
1.4.	Definición y fundamentos de la tribología.....	12
1.4.1.	Fricción.....	14
1.4.2.	Desgaste	16
1.4.3.	Lubricación	16
1.4.3.1.	Objetivos y campos de aplicación	17
1.4.3.2.	Tipos de lubricación	18
1.4.3.2.1.	La lubricación por película fluida	18
1.4.3.2.2.	Superficies concordantes.....	18
1.4.3.2.3.	Superficies no concordantes.....	19
1.4.3.2.4.	Lubricación hidrodinámica.....	20
1.4.3.2.5.	Lubricación elastohidrodinámica (EHL).....	22

	1.4.3.2.6.	Lubricación marginal	23
	1.4.3.2.7.	Lubricación mixta.....	27
1.5.		Selección correcta de un lubricante industrial	28
	1.5.1.	Parámetros que se deben tener en cuenta.....	28
	1.5.2.	Manual del fabricante del equipo	29
	1.5.3.	Selección del grado ISO del aceite.....	30
	1.5.3.1.	Sistema ISO.....	32
		1.5.3.1.1. Características del sistema ISO	33
	1.5.3.2.	Curvas características de los aceites industriales.....	34
	1.5.4.	Tipos de lubricantes utilizados en la planta	39
	1.5.4.1.	Índice de viscosidad	39
	1.5.4.2.	Clasificación de los lubricantes de acuerdo al estado físico.....	40
		1.5.4.2.1. Sólidos.....	40
		1.5.4.2.2. Semisólidos (grasas)	41
		1.5.4.2.3. Líquidos	42
		1.5.4.2.4. Gaseosos	43
1.6.		Análisis de riesgo	43
	1.6.1.	Riesgo	44
		1.6.1.1. Riesgos físicos.....	44
		1.6.1.1.1. Ruido	44
		1.6.1.1.2. Temperatura	46
		1.6.1.1.3. Iluminación	47
		1.6.1.1.4. Vibraciones.....	49
		1.6.1.1.5. Radiaciones ionizantes y no ionizantes	49

	1.6.1.1.6.	Radiación infrarroja y ultravioleta.....	50
	1.6.1.2.	Riesgos ergonómicos.....	52
2.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....		55
2.1.	Clasificación de los equipos.....		55
	2.1.1.	Equipos de impresión Offset.....	55
	2.1.2.	Equipos de corte conversión.....	57
	2.1.2.1.	Convertidora.....	57
	2.1.2.2.	Guillotinas.....	57
	2.1.2.3.	Encuadernado.....	57
	2.1.2.4.	Troqueladora.....	58
2.2.	Lubricantes recomendados por los fabricantes de los equipos.....		58
	2.2.1.	Equipos de impresión.....	58
	2.2.1.1.	Lubricantes para máquina rotativa.....	58
	2.2.1.2.	Impresora plana cinco colores.....	59
	2.2.1.3.	Impresora plana dos unidades.....	60
	2.2.1.4.	Equipos de corte y conversión.....	60
2.3.	Definición de la ruta de lubricación por equipos.....		62
2.4.	Ficha técnica lubricantes.....		62
2.5.	Puntos de limpieza y lubricación.....		62
3.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.....		77
3.1.	Uso de las herramientas manuales.....		77
	3.1.1.	Criterios preventivos básicos.....	78
	3.1.1.1.	Adquisición.....	78
	3.1.1.2.	Adiestramiento y utilización.....	78
	3.1.1.3.	Almacenamiento.....	79

3.1.1.4.	Mantenimiento y reparación.....	80
3.1.1.5.	Transporte	80
3.1.2.	Programa de capacitación	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del Departamento de Producción	4
2.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento	6
3.	Diagrama de tipos de mantenimiento.....	10
4.	Diagrama de cuerpo libre de un objeto que se desliza sobre un plano inclinado	14
5.	Superficies concordantes	19
6.	Superficies no concordantes	20
7.	Característica de la lubricación hidrodinámica	21
8.	Condiciones de película fluida en la lubricación marginal	24
9.	Coeficientes de fricción para varias condiciones de lubricación.....	25
10.	Tasa de desgaste en los regímenes de lubricación	26
11.	Gráfica de viscosidad vs temperatura	36
12.	Gráfica de viscosidad cinemática vs temperatura	39
13.	Sistema de impresión Offset	56
14.	Ruta de lubricación de una guillotina.....	63
15.	Ruta de lubricación impresora plana 2 colores Heidelberg	65
16.	Ruta de lubricación impresora plana 5 colores	68
17.	Ruta de lubricación impresora plana 2 colores Man Roland	72
18.	Ruta de lubricación impresora rotativa	75

TABLAS

I.	Clasificación de viscosidad	31
----	-----------------------------------	----

II.	Clasificación ISO de los aceites industriales.....	34
III.	Lubricantes recomendados para máquina rotativa	59
IV.	Lubricantes recomendados para impresora plana cinco unidades	59
V.	Lubricantes recomendados para impresora plana dos unidades.....	60
VI.	Lubricantes recomendados para guillotina 1	61
VII.	Lubricantes recomendados para guillotina 2	61
VIII.	Puntos de lubricación de una guillotina.....	64
IX.	Puntos de lubricación impresora plana 2 colores Heidelberg	65
X.	Puntos de lubricación impresora plana 5 colores	69
XI.	Puntos de lubricación impresora plana 2 colores Man Roland	73
XII.	Puntos de lubricación impresora rotativa	76

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Å	Angstrom
Θ	Ángulo
Aa	Área aparente de contacto
mm ²	Área en milímetros cuadrados
CSt	Centistokes. (1x10 ⁻² stokes)
μ	Coeficiente de fricción
dB	Decibeles
Micra	Equivale 1x10 ⁻⁶ metros
Micrón	Equivale 1x10 ⁻⁶ metros
h _{min}	Espesor mínimo de lubricante
\vec{N}	Fuerza normal
Rx, Ry	Geometría del eje, coordenadas (x,y)
IV	Índice de viscosidad
G	Masa en gramos
μm	Micrómetro 1x10 ⁻⁶ m
Nm	Nanómetro 1x10 ⁻⁹ m
\vec{W}	Peso
%	Porcentaje
°C	Temperatura en grados Centígrados
u _b	Velocidad angular
SSU	Viscosidad en Saybolt Universal
mm ³	Volumen en milímetros cúbicos

GLOSARIO

Angstroms	Es una unidad de longitud empleada principalmente para expresar longitudes de onda, distancias moleculares y atómicas, etc. Se representa por la letra sueca Å.
CMYK	El modelo CMYK (acrónimo de Cyan, Magenta, Yellow y Key) es un modelo de colores sustractivo que se utiliza en la impresión en colores. Este modelo de 32 bits se basa en la mezcla de pigmentos de los siguientes colores (cian, magenta, amarillo y negro) para crear otros más.
Cojinete o Rodamiento	Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.
Computer to Plate	Es una tecnología de artes gráficas por medio de la cual las placas de impresión Offset o flexográfica son copiadas por máquinas manipuladas directamente de un computador, mejorando notablemente el sistema tradicional de copiado de placas por medio de películas fotográficas. En español se traduce como directo a placa o directo a plancha.

Confiabilidad	Equivale a la probabilidad de que un componente, equipo o instalación no experimente fallas durante un tiempo determinado, mientras se encuentra en servicio.
Desgaste	El daño de la superficie o la remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo, ya sea por deslizamiento, rodamiento o impacto.
Disponibilidad	Se define como la capacidad de un componente, equipo o instalación de realizar la función para la cual fueron diseñados, en el momento en el cual se requiera el funcionamiento.
Economía	Situación de buen rendimiento que deriva de administrar la organización dentro de un esquema de minimización de costos y maximización de los beneficios.
Eje	Es un elemento con geometría fundamentalmente axisimétrica, que se emplea como soporte de piezas giratorias pero no transmite ningún esfuerzo de torsión, a diferencia del árbol de transmisión.
Ergonomía	Es el estudio científico de las relaciones del hombre y el medio de trabajo.

Fricción	Se define como la resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse tangencialmente sobre otro con el cual está en contacto.
Herramientas Manuales	Se definen como utensilios de trabajo utilizados generalmente de forma individual y que únicamente necesitan para su accionamiento la fuerza motriz humana.
Índice de viscosidad	Es la tasa de cambio en la viscosidad, cuando se presenta un cambio en la temperatura.
Iones	Se define como un átomo que ha ganado o perdido electrones.
Lubricación	El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible.

Lubricante

Es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma así mismo una película que impide el contacto, permitiendo el movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones. Se puede encontrar en estado (sólido, líquido o gaseoso) que reemplaza una fricción entre dos piezas en movimiento relativo por la fricción interna de sus moléculas, que es mucho menor.

Mantenibilidad

Corresponde a la probabilidad de que un componente, equipo o instalación que ha fallado, pueda ser reparado dentro de un período de tiempo dado.

Mantenimiento

Es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Partículas alfa

Se generan habitualmente en reacciones nucleares o desintegración radiactiva de otros núclidos que se transmutan en elementos más ligeros mediante la emisión de dichas partículas. La capacidad de penetración es pequeña; en la atmósfera pierden rápidamente su energía cinética

Partículas beta	Es un electrón que sale despedido de un suceso radiactivo. Por la ley de Fajans, si un átomo emite una partícula beta, la carga eléctrica aumenta en una unidad positiva y el número de masa no varía
PDF	Es un formato de almacenamiento de documentos, desarrollado por la empresa Adobe Systems. Este formato es de tipo compuesto (imagen vectorial, mapa de bits y texto). Está especialmente ideado para documentos susceptibles de ser impresos, ya que especifica toda la información necesaria para la presentación final del documento, determinando todos los detalles de cómo va a quedar, no requiriéndose procesos anteriores de ajuste ni de maquetación.
Radiación	Se define como una forma espacial de energía.
Rayos gamma	Es un tipo de radiación electromagnética, formada por fotones se producen en la desexcitación de un nucleón de un nivel o estado excitado a otro de menor energía y en la desintegración de isótopos radiactivos.
Rayos X	Los rayos X son una radiación electromagnética que surge de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones originando partículas con carga (iones).

Riesgo	Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos adversos, siendo la consecuencia del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento.
Ruido	Consiste en un movimiento ondulatorio producido en un medio elástico por una fuente de vibración.
Seguridad	Es la condición o característica que implica una reducción del riesgo que deriva de la operación de una instalación, riesgo al cual se encuentra sometido el personal de la organización, así como el posible impacto sobre el medio ambiente y la comunidad.
Superficies concordantes	Son superficies que se ajustan bastante bien una con otra con un alto grado de conformidad geométrica, de manera que la carga se transfiere a un área relativamente grande.
Superficies no concordantes	Son superficies que no concuerdan entre sí. Entonces un área pequeña debe soportar todo el peso de la carga.
Temperatura	Se define como el cambio de energía interna de un cuerpo.

Tribología

Es la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación que tienen lugar durante el contacto entre superficies sólidas en movimiento.

Vibración

Se definen como el movimiento oscilante que hace una partícula alrededor de un punto fijo. Este movimiento, puede ser regular en dirección, frecuencia y/o intensidad, o bien aleatorio, que es lo más corriente.

RESUMEN

El presente proyecto proporciona información importante sobre la lubricación como parte del mantenimiento preventivo y los fenómenos que se presentan cuando los elementos de máquina y sus mecanismos se encuentran en movimiento relativo. Estos fenómenos en mención se traducen en consideraciones tribológicas, las cuales se basan en tres fenómenos importantes, a saber: la fricción, lubricación y desgaste. Estos fenómenos pueden afectar la vida útil de los equipos, si no se controlan correctamente mediante la lubricación efectiva.

Para llevar a cabo un Plan de Mantenimiento Preventivo orientado al estudio y selección de lubricantes para equipo industrial litográfico, se muestran los distintos pasos que se deben realizar para definir los lubricantes adecuados en función de las especificaciones del fabricante del equipo. Los lubricantes que se deben utilizar para los equipos deben ser grado ISO, para garantizar la calidad, porque cumplen con especificaciones y son sometidos a pruebas rigurosas que aseguran su efectividad.

De la misma manera, se definen los conceptos básicos de riesgos industriales, por medio de observaciones que realizadas dentro de la planta, se presentan fenómenos que en algún momento pueden causar lesiones a corto, mediano o largo plazo.

Se realiza también un estudio sobre la correcta selección de las herramientas industriales, manipulación y almacenamiento de las mismas.

Porque existe una herramienta ideal para realizar cada actividad de mantenimiento.

OBJETIVOS

General

Selección de lubricantes para reducir los efectos de los fenómenos tribológicos para cada equipo y definición de rutinas de lubricación como parte del mantenimiento preventivo.

Específicos

1. Proporcionar los conocimientos teóricos referentes a la tribología y las consideraciones que se deben tomar en cuenta para minimizar los efectos.
2. Selección de los lubricantes para cada equipo utilizando como base el sistema ISO, para garantizar la calidad de los mismos.
3. Definición de las rutinas de mantenimiento preventivo según las especificaciones del fabricante, adicional a esto se estará realizando un esquema gráfico del equipo utilizando programas de diseño para mostrar las partes de la máquina que se desean lubricar.
4. Definir los riesgos que se puedan presentar dentro de la planta e implementar acciones para reducir efectos nocivos que se puedan presentar, esto ayudaría a mejorar las condiciones ergonómicas que son importantes para que el trabajador desarrolle las actividades de mejor manera.

INTRODUCCIÓN

Prensa Libre, S. A., empresa de prestigio y amplia trayectoria a nivel nacional, se ha dedicado a informar a la población desde el inicio como un periódico con fin no lucrativo ni partidista. Se ha expandido colocándose como uno de los periódicos nacionales con mayor alcance y el más leído. A través de los 61 años de su trayectoria ha sufrido cambios tecnológicos para mantener la calidad en impresión. El crecimiento que ha tenido durante estos últimos años se ha expandido al mercado litográfico, con la producción de revistas, suplementos, volantes, afiches, entre otros. Para mantener la producción y la calidad con la que se caracteriza, el Departamento de Mantenimiento debe de contar con planes de mantenimiento preventivo, para mantener la disponibilidad de los equipos.

Debido al servicio constante que prestan los equipos, las partes móviles sufren desgaste por eso es necesario y recomendable realizar tareas de mantenimiento preventivo según lo recomendado por el fabricante en los manuales. Por tal razón se estará desarrollando un plan de mantenimiento preventivo orientado al estudio y selección de lubricantes, el cual se desarrollará en tres fases distintas: la primera será la investigación general de mantenimiento preventivo y lubricación.

Segundo se desarrollará el Plan de Mantenimiento por equipos, indicando la frecuencia con la que se deben realizar las tareas de lubricación según los manuales, usando el equipo adecuado. Se hará un análisis de riesgo para identificar condiciones, que en algún momento pueden provocar lesiones progresivas o permanentes al trabajador.

Tercero se darán capacitaciones y charlas abarcando los temas mencionados con anterioridad, para dar a conocer la importancia y la ventaja que tiene al ser aplicados de manera correcta.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Generalidades de la empresa Prensa Libre, S. A.

Empresa dedicada a la impresión de periódicos, siendo Prensa Libre el matutino de mayor trayectoria a nivel nacional y el más leído. Se ha dedicado a informar a la población, con la impresión de revistas, libros, suplementos, entre otros.

1.1.1. Reseña histórica

Hace sesenta años, un grupo de periodistas vio la oportunidad de iniciar un proyecto con una visión diferente y un compromiso definido con claridad, el de realizar un periodismo independiente, honrado y digno, que estuviera al servicio de la comunidad. Prensa Libre fue fundada el 20 de agosto de 1951 por Pedro Julio García, Álvaro Contreras Vélez, Salvador Girón Collier, Mario Sandoval Figueroa e Isidoro Zarco Alfasa. Desde entonces se ha basado y consolidado como periódico y marca con una premisa sencilla pero ambiciosa: Trabajar por un periodismo independiente, honrado y digno. Desde entonces, la agenda informativa del país ha estado vinculada a las principales noticias que publica el matutino.

En septiembre de 1953, se compra una prensa duplex, con la que se puede imprimir en formato tabloide, que luego tomarían todos los diarios del país. En septiembre de 1956, pone a funcionar la primera rotativa, que años después cambia por una moderna Goss, con capacidad de 30 mil ejemplares/hora. En 1975, se inaugura el edificio actual de la empresa. En la

actualidad, se cuenta con dos rotativas (una marca Goss y la otra Harris), que constituyen la mayor capacidad instalada de impresión en el país. Debido a la expansión en el campo litográfico, adquirieron otra planta la cual se encarga de producir la diversidad de productos que se publican dentro del matutino.

1.1.1.1. Productos

El periódico publica una serie de revistas y suplementos dirigidos a distintos públicos, que van desde los más pequeñitos hasta los más exigentes y especialistas. Como ejemplo de ellos tenemos Revista D, siendo una publicación semanal con contenido diverso y de interés. En sus páginas se reportan las más variadas temáticas, que pueden ir desde lo cultural hasta lo político, lo social y humano. Revista Don Balón es una revista dirigida a las personas que les gusta el fútbol nacional e internacional.

Además de las anteriores, Desarrollo del lector se encarga de la redacción de Aula 2.0, un suplemento dirigido a adolescentes, con contenidos que buscan conocer los temas que interesan a la juventud nacional. Al igual que los Formalibros multimateria con lo cual apoya a la educación del país.

Cuenta también con el Departamento de Revistas y Suplementos, el cual tiene como misión ofrecer al público diversas publicaciones de distinta índole. En la categoría de revistas destaca Amiga, la primera revista creada para la mujer guatemalteca, la cual contiene información de actualidad nacional, moda, belleza, educación, niños, cocina, entretenimiento y farándula. Se puede mencionar la Revista Mundo&Motor dirigida a hombres cuyo interés son los autos, entre otros.

Debido a la amplia trayectoria en el campo del periodismo, se ha expandido y a la vez creciendo tecnológicamente en especial el Departamento de Producción.

1.2. Departamento de Producción

Este departamento juega un papel importante dentro de la empresa, porque depende en gran parte que los clientes queden satisfechos con el producto final, esto requiere un gran compromiso de parte de todas las secciones que conforman el departamento.

1.2.1. Misión y visión

Actualmente la empresa tiene una dirección y un rumbo definido, los cuales sirven como parámetro de referencia para definir sus objetivos y alcanzar metas propuestas.

1.2.1.1. Misión

"Ser la organización periodística líder en Centroamérica con el servicio de servir a la comunidad y con principios que promueven la libertad, justicia y democracia."

1.2.1.2. Visión

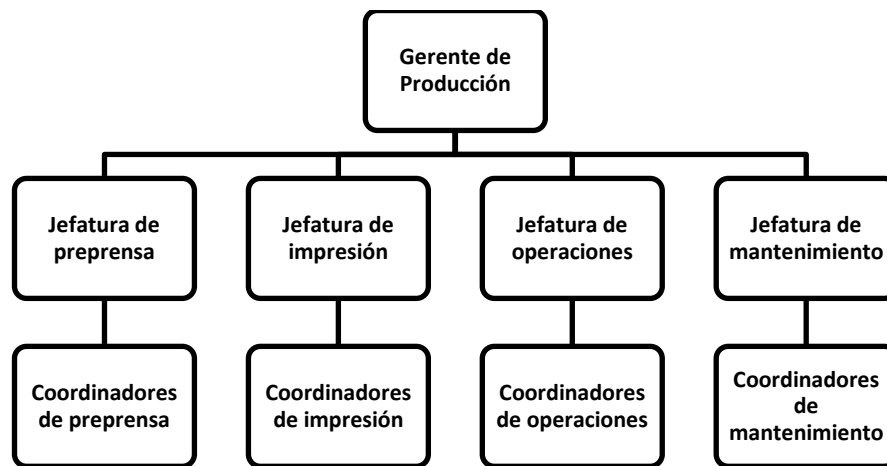
"Somos un equipo profesional líder con actitud de servicio, comprometido a producir y entregar material impreso con la más alta calidad, al menor costo y tiempo. Capacitándonos, innovando, mejorando constantemente y viviendo los

valores de organización, con el fin de lograr la total satisfacción de nuestros clientes internos y externos, y contribuyendo al liderazgo de Prensa Libre.”

1.2.2. Estructura organizacional

Actualmente, el departamento de producción cuenta con las siguientes secciones que son: preprensa, impresión, operaciones y mantenimiento. Cada una de estas áreas juega un papel importante dentro de la planta, para satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos.

Figura 1. Organigrama del Departamento de Producción



Fuente: elaboración propia.

1.2.2.1. Preprensa

En esta sección inicia el proceso de producción, se encarga de recibir la información digital en formato PDF que el cliente desea reproducir, este archivo debe cumplir con ciertos parámetros y medidas predefinidas para garantizar que los colores, medidas y efectos del diseño puedan reproducirse por los

equipos de impresión. Esto a raíz de que cada equipo de impresión tiene la capacidad de reproducir cierta gamma de colores. Luego de que el archivo digital pasa por las pruebas pertinentes se descompone en cuatro colores; cian (C), magenta (M), amarillo (Y) y negro (K) que al sobreponerlos forman una imagen full color. La porción de imagen que se define sobre cada uno de los canales (CMYK) se reproducen sobre planchas formadas por una aleación de aluminio recubierta por una emulsión a base de polímeros, esta es sensible a la luz la cual es expuesta bajo un rayo láser para grabar la imagen en un CTP (Translate to Plate). Esta a la vez pasa por un proceso de revelado donde parte de la emulsión que no fue expuesta por el láser se lava con químicos y agua para dejar listas las planchas para ser utilizadas en impresión.

1.2.2.2. Impresión

Esta sección se encarga de reproducir la cantidad de páginas y ejemplares solicitadas por el cliente, utilizando las planchas y pruebas de color que Preprensa le proporciona. Los equipos de impresión con los que se cuenta, utilizan el método Offset.

1.2.2.3. Procesos finales

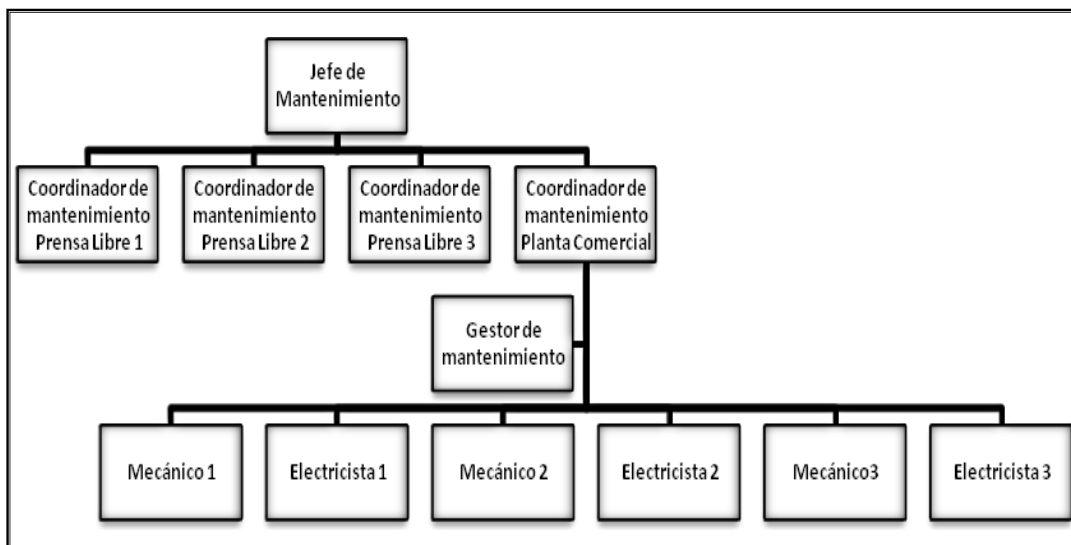
Luego del proceso de impresión, entra en función la sección de procesos finales donde se realizan los siguientes trabajos: engrapado, cortes con guillotina, dobleces especiales, armado de libros y troquelados para cortes especiales. También se encarga de coordinar el transporte, inserción y entrega del producto final al cliente.

1.2.2.4. Departamento de Mantenimiento

La labor del Departamento de Mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener las condiciones seguras dentro de la planta, mantener el buen estado de la maquinaria, herramienta y equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

La organización del departamento se puede ejemplificar mediante la figura siguiente.

Figura 2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

1.2.2.4.1. Equipos que tiene a cargo

Equipos de impresión, corte, compaginado y conversión. Los tipos de mantenimiento que se usa actualmente en los equipos son el preventivo y correctivo, el control se lleva mediante un sistema computarizado por medio del cual se generan la ordenes de trabajo, este sistema en mención lleva el control de costos tanto de mano de obra como de repuestos y está enlazado al Sistema de Control de la Producción.

Debido al medio globalizado, se exigen estándares de calidad para mantenerse a la vanguardia ante los cambios que se dan constantemente durante el transcurso del tiempo.

1.3. Conceptos y generalidades de mantenimiento

En esta sección se proporciona información teórica importante sobre mantenimiento industrial y los distintos conceptos que implica el estudio.

1.3.1. Mantenimiento

Es el conjunto de acciones necesarias para controlar el estado técnico de los elementos que conforman una instalación industrial y restaurarlos a las condiciones proyectadas de operación, buscando la mayor seguridad, eficiencia y calidad posibles.

Se puede definir el mantenimiento como el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

1.3.2. Objetivos del mantenimiento industrial

El mantenimiento industrial, en forma general, es una actividad dirigida a conservar los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento, durante un período predeterminado y al menor costo, contribuyendo así a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de las partes interesadas, es decir: los dueños de la empresa, los empleados, clientes y proveedores, así como de la sociedad donde la organización desarrolla las actividades productivas.

1.3.3. Parámetros de mantenimiento

Son conceptos que se utilizan para medir eficiencias en el mantenimiento industrial, lo cual se transforma en una herramienta importante para la toma de decisiones.

1.3.3.1. Disponibilidad

Se define como la capacidad de un componente, equipo o instalación de realizar la función para la cual fueron diseñados, en el momento en el cual se requiera el funcionamiento. Está representada por la probabilidad de que el elemento se encuentre disponible para el uso durante un período establecido. Se relaciona directamente con la confiabilidad y la mantenibilidad.

1.3.3.2. Confiabilidad

Equivale a la probabilidad de que un componente, equipo o instalación no experimente fallas durante un tiempo determinado, mientras se encuentra en servicio.

1.3.3.3. Mantenibilidad

Corresponde a la probabilidad de que un componente, equipo o instalación que ha fallado, pueda ser reparado dentro de un período dado.

1.3.3.4. Seguridad

Es la condición o característica que implica una reducción del riesgo que deriva de la operación de una instalación, riesgo al cual se encuentra sometido el personal de la organización, así como su posible impacto sobre el medio ambiente y la comunidad.

1.3.3.5. Economía

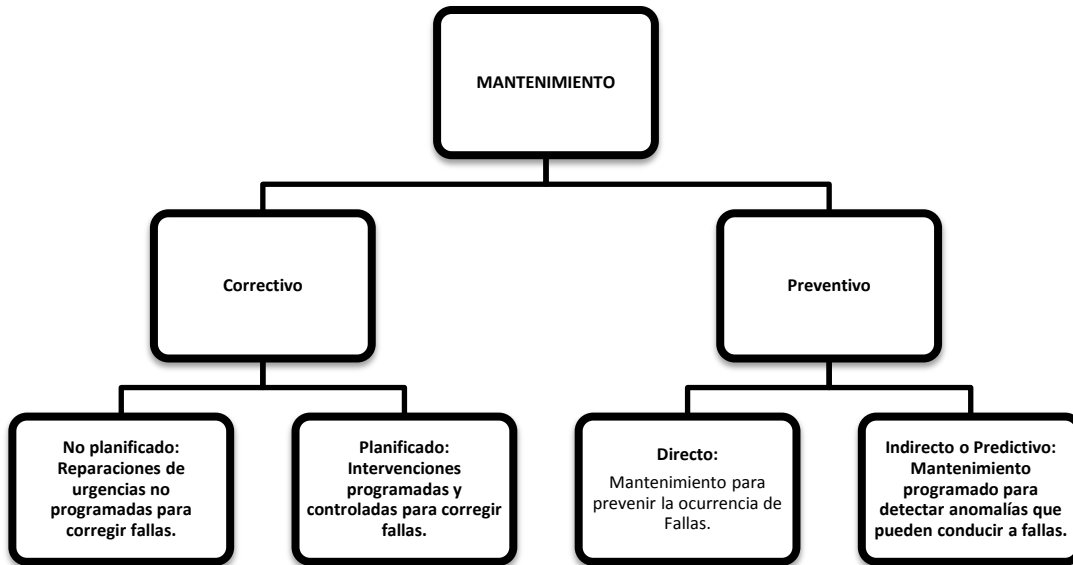
Situación de buen rendimiento que deriva de administrar la organización dentro de un esquema de minimización de costos y maximización de los beneficios.

1.3.4. Tipos de mantenimiento

A continuación, se presenta gráficamente la clasificación de los diferentes tipos de mantenimiento, en función de los objetivos que cada uno persigue respecto a la falla, tal como se muestra en la figura 3.

Actualmente en la planta se maneja con mayor frecuencia el mantenimiento correctivo, representa el mayor porcentaje de las actividades del área, lo cual se traduce en aumentos significativos de los costos de mantener. Si, además, el mantenimiento correctivo no es de tipo planificado, por causa de la urgencia de las intervenciones, los costos tienden a incrementarse aun más.

Figura 3. Diagrama de tipos de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

Para lograr mejores dividendos, la tendencia debe ser hacia un incremento del mantenimiento preventivo, con la consiguiente disminución del mantenimiento correctivo no planificado. Esta estrategia permite contener los costos, distribuir mejor el esfuerzo de mantenimiento, optimizar el empleo de los recursos y alcanzar máximos índices de efectividad. Esta práctica se reflejará positivamente sobre la disponibilidad y el rendimiento de los equipos.

1.3.4.1. Mantenimiento correctivo

Este es encaminado a corregir una falla que se presenta en determinado momento, la cual interrumpe el servicio o afecta la calidad del mismo. La función principal es poner en marcha lo más rápido posible, para minimizar el costo.

1.3.4.1.1. No planeado

Es el mantenimiento al que se lo denomina de emergencia. Después de la falla o avería el equipo debe ser reparado inmediatamente para no afectar en demasía la producción.

1.3.4.1.2. Planeado

Es el mantenimiento que se hace después de la avería. El equipo puede seguir en funcionamiento hasta la reparación.

1.3.4.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento tiene importancia en la realización de inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo se desgastan en forma desigual y es necesario atenderlos para garantizar el buen funcionamiento, a este mantenimiento se le denomina mantenimiento preventivo directo.

El mantenimiento preventivo se hace mediante un programa de actividades (revisión y lubricación), con el fin de anticiparse a las posibles fallas en el equipo. Tiene en cuenta cuales actividades se deben realizar sobre el equipo en marcha o cuando esté detenido.

1.3.4.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento consiste en efectuar una serie de mediciones o ensayos no destructivos con equipos sofisticados a todas aquellas partes de la maquinaria que sufren deterioro, logrando con ello anticiparse a la falla. La

mayoría de estas mediciones se efectúan con el equipo en marcha y sin interrumpir la producción.

1.4. Definición y fundamentos de la tribología

La tribología podría parecer algo nuevo, pero es solo la percepción, solamente el término como tal lo es, ya que el interés en temas relacionados con la disciplina existe desde antes que la historia se escribiera. Como un ejemplo, se sabe que las brocas realizadas durante el periodo Paleolítico para perforar agujeros o para producir fuego, eran fijados con rodamientos hechos de cornamentas o huesos.

Los documentos históricos muestran el uso de la rueda desde el 3500 A.C., lo cual ilustra el interés de los antepasados por reducir la fricción en movimientos de traslación. Los egipcios tenían el conocimiento de la fricción y los lubricantes, esto se ve en el transporte de grandes bloques de piedra para la construcción de monumentos y pirámides. Para realizar esta tarea utilizaban agua o grasa animal como lubricante.

El artista científico renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postuló un acercamiento a la fricción. Da Vinci dedujo las leyes que gobernaban el movimiento de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana, también, fue el primero en introducir el concepto del coeficiente de fricción. Desafortunadamente los escritos no fueron publicados hasta cientos de años después de los descubrimientos. Fue en 1699 que el físico francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas.

Muchos otros descubrimientos ocurrieron a lo largo de la historia referente al tema, científicos como Charles Augustin Coulomb, Robert Hooke, Isaac Newton, entre otros, aportaron conocimientos importantes para el desarrollo de esta ciencia.

Al surgir la Revolución Industrial el desarrollo tecnológico de la maquinaria para producción avanzó rápidamente. El uso de la potencia del vapor permitió nuevas técnicas de manufactura.

En los inicios del siglo XX, desde el enorme crecimiento industrial demandó equipos trabajando a altas velocidades, el conocimiento de todas las áreas de la tribología se expandió rápidamente. En el diseño de los equipos, el esfuerzo de diseño no solo debe ser menor que el esfuerzo permisible y la deformación no debe exceder ningún valor máximo, sino que la lubricación, la fricción y el desgaste (consideraciones tribológicas) también deben ser apropiadamente comprendidas para que los elementos de máquinas se diseñen con éxito.

Es reconocida como fuente de gran potencial para economizar recursos financieros además de la preservación de activos físicos, materias primas y recursos energéticos. También como una ineludible forma de hacer Mantenimiento Proactivo en equipos y maquinarias.

Como en la resistencia de materiales, la tribología es la base para cada diseño de ingeniería de elementos de máquinas. Casi ningún elemento de máquina no depende de consideraciones tribológicas.

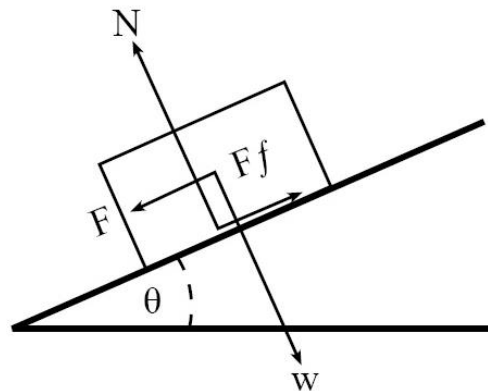
Dentro de los tres grupos inherentes que comprende se tratará inicialmente la lubricación que es el que justamente interesa más, en otras

palabras como tratar los efectos que produce la fricción, el desgaste y en consecuencia el remedio es una visión proactiva hacia una lubricación racional y efectiva.

1.4.1. Fricción

Se define como la resistencia al movimiento durante el deslizamiento o rodamiento que experimenta un cuerpo sólido al moverse tangencialmente sobre otro con el cual está en contacto. La fuerza tangencial de resistencia que actúa en una dirección directamente opuesta a la dirección del movimiento se conoce como fuerza de fricción F_f . Existen dos tipos principales de fricción: fricción estática y, fricción dinámica. La fricción no es una propiedad del material, es una respuesta del sistema.

Figura 4. **Diagrama de cuerpo libre de un objeto que se desliza sobre un plano inclinado**



Fuente: elaboración propia.

Diagrama de cuerpo libre de un cuerpo que se desliza sobre un plano inclinado.

Donde:

\vec{F} = fuerza que hace deslizar el bloque

\vec{F}_f = fuerza de fricción, en contra del movimiento

\vec{N} = fuerza normal (carga nominal)

\vec{W} = peso del bloque

La fricción se expresa en términos relativos de fuerza, como el coeficiente entre la fuerza de fricción y la carga nominal a las superficies de contacto, suele representarse por μ , que es un coeficiente adimensional.

$$\mu = \frac{\vec{F}_f}{\vec{N}}$$

Hay que distinguir entre dos situaciones:

Fuerza de fricción estática: la necesaria para iniciar el movimiento. Si la fuerza tangencial aplicada es menor a este valor, no existe movimiento y la fuerza de fricción es igual o mayor a la tangencial aplicada.

Fuerza de fricción cinética o dinámica: la necesaria para mantener el movimiento. De valor menor a la anterior.

Las leyes fundamentales de la fricción son:

La fuerza de fricción es proporcional a la fuerza normal.

$$\vec{F}_f = \mu \vec{N}$$

La fuerza de fricción es independiente del área aparente de contacto (A_a). Por esta razón objetos grandes y pequeños del mismo par de materiales, presentan el mismo coeficiente de fricción.

La fuerza de fricción teóricamente es independiente de la velocidad de deslizamiento aunque no es así en la práctica debido a la resistencia.

1.4.2. Desgaste

Es el daño de la superficie o la remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo, ya sea por deslizamiento, rodamiento o impacto. Durante este movimiento relativo, primero, el material en la superficie de contacto es desplazado por lo que las propiedades del sólido, al menos en o cerca de la superficie, se alteran, pero muy poco o nada del material se pierde. Posteriormente, el material puede ser removido de la superficie resultando en la transferencia a la otra superficie, o bien, puede perderse como una partícula del desgaste. Al igual que la fricción, el desgaste no es una propiedad del material, es una respuesta del sistema.

1.4.3. Lubricación

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante (gaseoso, líquido o sólido) de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste.

El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua, aire o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad y presión.

Históricamente es interesante señalar que únicamente con la mejora de los procesos de fabricación de elementos metálicos (a partir de la revolución industrial) y el aumento de las velocidades de giro de ejes y elementos rodantes se ha podido obtener los valores de disponibilidad que actualmente tenemos con ellos.

1.4.3.1. Objetivos y campos de aplicación

El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo.

La aplicación típica en ingeniería mecánica es el cojinete, constituido por muñón o eje, manguito o cojinete.

Campos de aplicación:

- Cojinetes del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de Km.)
- Cojinetes de turbinas de centrales (fiabilidad del 100 %)

Los factores a considerar en diseño son técnicos y económicos:

- Cargas aplicadas y condiciones de servicio
- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida exigida y vida útil

- Costos de instalación y mantenimiento

1.4.3.2. Tipos de lubricación

De acuerdo a las condiciones en las que opera el mecanismo y dependiendo del espesor del lubricante que se separa los elementos en observación, se clasifica de la siguiente manera.

1.4.3.2.1. La lubricación por película fluida

Ocurre cuando dos superficies opuestas se separan completamente por una película lubricante y ninguna aspereza está en contacto. La presión generada dentro del fluido soporta la carga aplicada, y la resistencia por fricción al movimiento se origina completamente del cortante del fluido viscoso.

El espesor de la película lubricante depende en gran parte de la viscosidad del lubricante tanto en el extremo alto como bajo de la temperatura.

1.4.3.2.2. Superficies concordantes

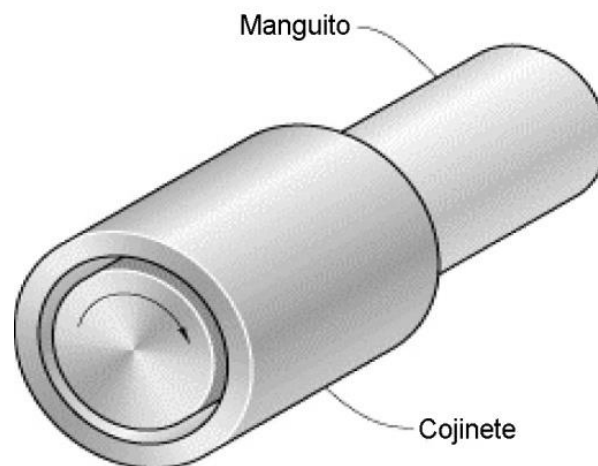
Las superficies concordantes se ajustan bastante bien una con otra con un alto grado de conformidad geométrica, de manera que la carga se transfiere a un área relativamente grande.

Por ejemplo el área de lubricación para una chumacera será de 2π por el radio por la longitud.

El área de la superficie que soporta una carga permanente generalmente constante mientras la carga se incrementa.

La chumacera con lubricación de película fluida representada en la figura 5 y los cojinetes deslizantes tienen superficies concordantes. En las chumaceras la holgura radial entre el cojinete y el manguito es por lo general la milésima parte del diámetro del cojinete; en los cojinetes deslizantes la inclinación de la superficie de estos respecto al rodillo de rodadura suele ser muy rara. Un ejemplo de superficie concordante es la junta de la cadera del ser humano.

Figura 5. **Superficies concordantes**



Fuente: HAMROCK, B.J.; ANDERSON, W.J.. Rolling-Element Bearings.1983, p. 55.

1.4.3.2.3. Superficies no concordantes

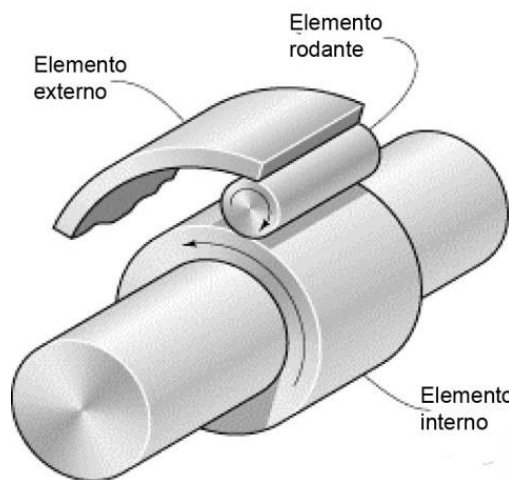
Muchos elementos de maquinas lubricados por una película fluida tienen superficies que no concuerdan entre sí. Entonces un área pequeña de lubricación debe soportar todo el peso de la carga.

Por lo general el área de lubricación de una conjunción no concordante es 3 veces menor que la magnitud que la de una superficie concordante.

El área de lubricación entre superficies no concordantes se agranda bastante con el incremento de carga; pero aun así es más pequeña que el área de la lubricación entre las superficies concordantes.

Ejemplos de superficies no concordantes son el acoplamiento de los dientes de un engranaje, el contacto entre levas y seguidores, y también los cojinetes de elementos rodantes, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. **Superficies no concordantes**



Fuente: HAMROCK, B.J.; ANDERSON, W.J.. Rolling-Element Bearings.1983, p. 56.

1.4.3.2.4. Lubricación hidrodinámica

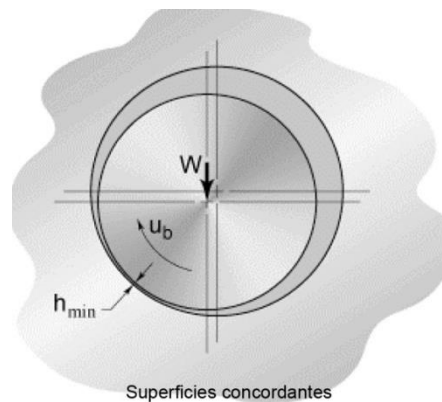
Se tienen cuatro tipos básicos de lubricación y estos se desarrollan a continuación. La lubricación hidrodinámica se caracteriza en superficies concordantes con una lubricación por película fluida. En este tipo de lubricación las películas son gruesas de manera que se previene que las superficies sólidas

opuestas entren en contacto. Con frecuencia se la llama la forma ideal de lubricación, porque proporciona baja fricción y alta resistencia al desgaste.

La lubricación de las superficies sólidas se rige por las propiedades físicas del volumen del lubricante, especialmente de la viscosidad; por otra parte, las características de fricción se originan puramente del cortante del lubricante viscoso.

Una presión positiva se desarrolla en una chumacera o en un cojinete de empuje lubricados ambos hidrodinámicamente, porque las superficies del cojinete convergen, y el movimiento relativo y la viscosidad del fluido separan las superficies. La existencia de una presión positiva implica que se soporta la aplicación de una carga normal.

Figura 7. **Característica de la lubricación hidrodinámica**



$$p_{\max} \approx 5 \text{ MPa}$$
$$h_{\min} = f(W, u_b, \eta_0, R_x, R_y) > 1 \text{ } \mu\text{m}$$

Efecto no elástico

Fuente: HAMROCK, B.J.; Fundamentals of Fluid Film Lubrication. 1991, p. 223.

Generalmente la magnitud de la presión que se desarrolla es menor que 5 MPa y no es lo suficientemente grande para causar una deformación elástica significativa en las superficies.

En un cojinete lubricado hidrodinámicamente el espesor mínimo de la película es función de la carga normal que se aplica W , de la velocidad u_b , de la viscosidad absoluta del lubricante η_0 y de la geometría (R_x y R_y). En la figura 7 se representa características de la lubricación hidrodinámica. El espesor mínimo de película h_{min} como una función u_b y W para el movimiento deslizante se obtiene mediante la ecuación 1:

Donde el espesor mínimo de la película normalmente excede 1 μm .

$$h_{min} \approx (u_b / W)^{1/2} \text{ Ec. 1}$$

1.4.3.2.5. Lubricación elastohidrodinámica (EHL)

Este es un tipo de lubricación que, desde su descubrimiento por los profesores británicos Dowson Duncan y Higginson Gordon en la década de los 50's, marcó el verdadero comienzo a la solución de los problemas de desgaste en mecanismos que funcionaban sometidos a condiciones de altas cargas y bajas velocidades, que hasta entonces se manejaban como mecanismos lubricados por película límite o fluida. La lubricación EHL se presenta en mecanismos en los cuales las rugosidades de las superficies de fricción trabajan siempre entrelazadas y nunca llegan a separarse. En este caso las crestas permanentemente se están deformando elásticamente y el control del desgaste y el consumo de energía depende de la película adherida a las rugosidades. Se podría denominar esta película como límite pero de unas

características de soporte de carga y de resistencia al desgaste mucho más elevadas que las que forma la película límite propiamente dicha. En la lubricación EHL la lubricación límite es permanente, o sea que no hay mucha diferencia entre las condiciones de lubricación en el momento de la puesta en marcha del mecanismo y una vez que este alcanza la velocidad nominal de operación.

La definición de la lubricación Elastohidrodinámica se puede explicar así: Elasto: elasticidad, o sea que la cresta de la irregularidad en el momento de la interacción con la cresta de la otra superficie se deforma elásticamente sin llegar al punto de fluencia del material. Hidrodinámica, ya que una vez que ocurre la deformación elástica la película de aceite que queda atrapada entre las rugosidades forma una película hidrodinámica de un tamaño microscópico mucho menor que el que forma una película hidrodinámica propiamente dicha.

En la lubricación hidrodinámica el espesor de la película lubricante puede ser del orden de 5 μm en adelante, mientras que en la EHL de 1 μm o menos. Normalmente esta lubricación está asociada con superficies no concordantes y con la lubricación por película fluida.

1.4.3.2.6. Lubricación marginal

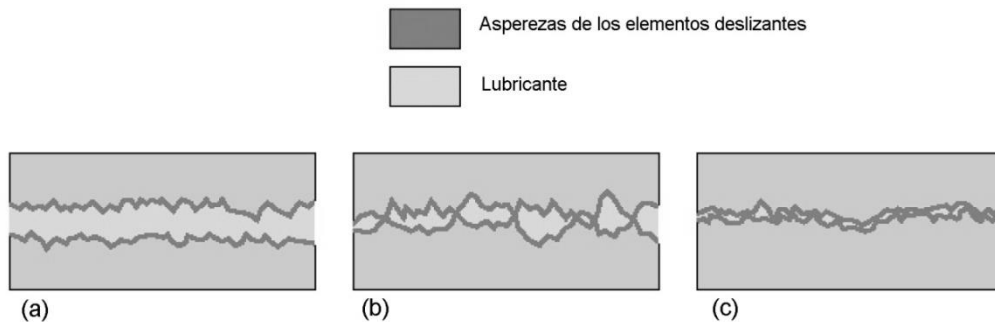
En la lubricación marginal los sólidos no están separados por el lubricante, los efectos de la película fluida son insignificantes y existe un contacto de las asperezas importante. El mecanismo de lubricación por contacto se rige por las propiedades físicas y químicas de las películas delgadas de superficie de proporciones moleculares. Las propiedades volumétricas del lubricante tienen menor importancia y el coeficiente de fricción es esencialmente independiente de la viscosidad del fluido. Las propiedades de los sólidos y la película del

lubricante en las interfaces comunes determinan las características de la fricción.

El espesor de las películas de superficie varía entre 1 y 10 nm, dependiendo del tamaño molecular.

La figura 8 ilustra las condiciones de película fluida en la lubricación marginal. Las pendientes de la superficie y los espesores de la película se encuentran magnificados por fines didácticos.

Figura 8. **Condiciones de película fluida en la lubricación marginal**



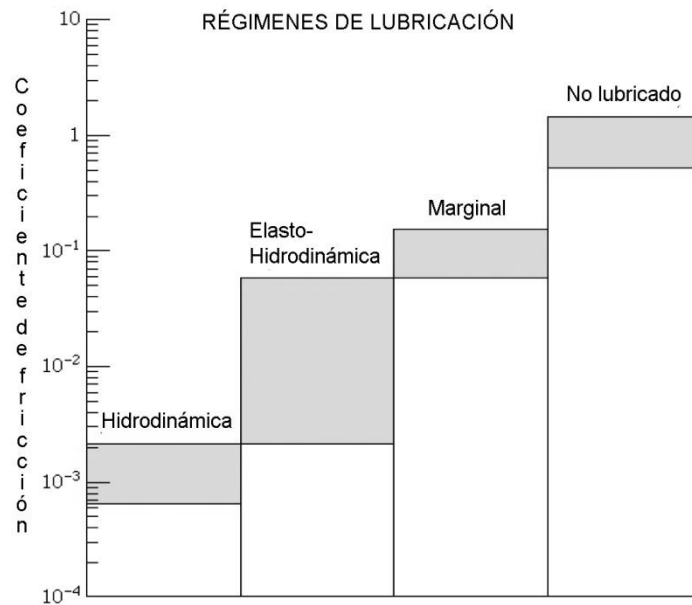
Fuente: HAMROCK, B.J.; Fundamentals of Fluid Film Lubrication. 1991, p. 225.

Condiciones de película que se requieren para la lubricación a) lubricación por película fluida: superficies separadas por la masa principal de la película lubricante; b) lubricación mixta; tanto la masa principal del lubricante como la película marginal tienen una función; c) lubricación marginal: el desempeño depende esencialmente de la película marginal.

En la figura 9 se muestra el comportamiento del coeficiente de fricción en los diferentes regímenes de lubricación. El coeficiente de fricción medio se

incrementa hasta un total de tres veces más al pasar del régimen hidrodinámico, al elastohidrodinámico, al marginal y sin lubricación.

Figura 9. **Coeficientes de fricción para varias condiciones de lubricación**



Fuente: HAMROCK, B.J.; Fundamentals of Fluid Film Lubrication. 1991, p. 226.

Diagrama de barras que muestra los coeficientes de fricción para varias condiciones de lubricación

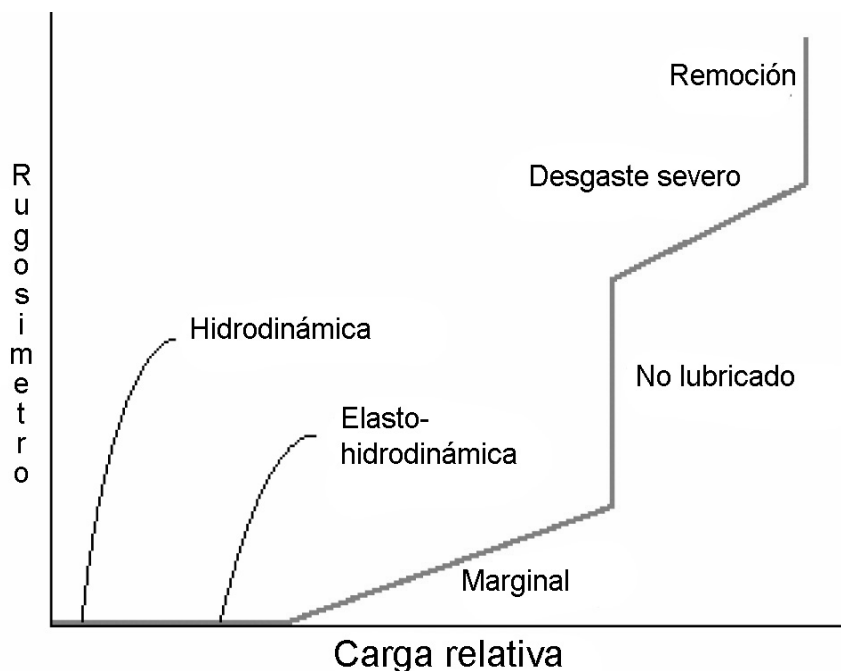
La figura 10 muestra la tasa de desgaste en los varios regímenes de lubricación determinada por la carga de operación. En los regímenes hidrodinámicos y elastohidrodinámicos existe poco o ningún desgaste pues no hay contacto de asperezas. En el régimen de lubricación marginal, el grado de interacción de asperezas y la tasa de desgaste se incrementan a medida que la carga aumenta. La transición de lubricación marginal a una condición no lubricada se distingue por un cambio drástico en la tasa de desgaste.

A medida que se incrementa la carga relativa en el régimen no lubricado la tasa de desgaste se incrementa hasta que se presentan estrías o cuando ocurre el agarrotamiento y el elemento de máquina ya no opera adecuadamente. La mayoría de las máquinas no operan por mucho tiempo sin alguna lubricación con la consecuencia inmediata de una falla de los elementos involucrados.

La lubricación marginal se utiliza en los elementos de máquinas con cargas pesadas y bajas velocidades de operación, donde es difícil obtener una lubricación por película fluida.

Como ejemplo clásico se tiene el funcionamiento de las bisagras de las puertas que utilizan esta lubricación.

Figura 10. **Tasa de desgaste en los regímenes de lubricación**



Fuente: Report of Scientific and Technical Application Forecasts, 1972, p. 55.

1.4.3.2.7. Lubricación mixta

La grafica generada por un rugosímetro, tal como lo muestra la figura 10, es una línea media de referencia. Este sistema se basa en la selección de la línea media como centroide del perfil.

De esta forma las áreas por encima y debajo de esta línea son iguales, de manera que el promedio es cero. Es una condición intermedia entre las películas límite e hidrodinámica, en la cual un buen porcentaje de las crestas de las dos superficies interactúan presentándose la película límite y otras ya están separadas en las cuales la película límite no desempeña ninguna labor. En lubricación mixta el desgaste y el consumo de energía dependen tanto de las características de la película límite como de la resistencia a la cizalladura de la película fluida y de su estabilidad (IV).

Si las presiones en los elementos de máquinas lubricados resultan ser demasiado altas (alta carga) o las velocidades de operación son demasiado bajas, la película del lubricante se dispersa; existe algún contacto entre asperezas y entonces ocurre este tipo de lubricación. El comportamiento de la conjunción en un régimen de este tipo se rige por una combinación de efectos marginales y de película fluida. La interacción parcial ocurre entre una o más capas moleculares de películas de lubricación marginal. La acción parcial de la lubricación de película fluida se desarrolla en el volumen del espacio entre los sólidos. El espesor promedio de la película en una conjunción de este tipo es menor a una micra pero mayor a 0,01 micras.

Es importante reconocer que la transición de la lubricación hidrodinámica a la mixta no ocurre instantáneamente a medida que la severidad de la carga se incrementa, sino que las presiones dentro del fluido que llena el espacio entre

los sólidos opuestos soportan una proporción decreciente de la carga. A medida que ésta se incrementa, la mayor parte la soporta la presión de contacto entre las asperezas de los sólidos. Además el régimen de lubricación para superficies concordantes va directamente de la lubricación hidrodinámica a la mixta.

1.5. Selección correcta de un lubricante industrial

La correcta lubricación de los mecanismos de un equipo permite que estos alcancen la vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del equipo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante. Es muy importante, por lo tanto que el personal encargado de la lubricación de los equipos y quienes están a cargo de la administración y actualización de los programas de lubricación estén en capacidad de seleccionar correctamente el aceite o la grasa, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo, o si estas no se conocen, calcular el lubricante correcto partiendo de los parámetros de diseño del mecanismo como cargas, velocidades, temperaturas, medio ambiente en el cual trabaja el equipo, entre otros.

En esta sección se expondrán los pasos que se deben seguir para seleccionar correctamente el aceite para un equipo industrial, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo.

1.5.1. Parámetros que se deben tener en cuenta

Siempre que se seleccione el aceite para un equipo industrial se debe tener presente que se debe utilizar un aceite de especificación ISO, y que cualquier recomendación que se dé, se debe llevar a este sistema. Los

siguientes son los pasos que es necesario tener en cuenta para seleccionar el aceite para un equipo industrial:

- Consultar en el catálogo del fabricante del equipo, las recomendaciones del aceite a utilizar.
- Seleccionamos el grado ISO del aceite requerido a la temperatura de operación en el equipo.
- Elegir el aceite industrial, de la misma marca que los lubricantes que se están utilizando en la empresa y su aplicación en el equipo.

1.5.2. Manual del fabricante del equipo

El fabricante del equipo en el catálogo de mantenimiento especifica las características del aceite que se debe utilizar, para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar la vida de diseño. Es muy importante que el fabricante sea claro al especificar el aceite, de lo contrario, el usuario del equipo se debe poner en contacto con él para que le aclare las dudas que pueda tener.

Las recomendaciones del aceite a utilizar el fabricante del equipo las puede dar de las siguientes maneras:

- Especificar el nombre y la marca del aceite a utilizar y las equivalencias en otras marcas de lubricantes.
- Dar el grado ISO del aceite y las demás propiedades físicoquímicas del aceite, como índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, entre otros.
- Dar la viscosidad del aceite en otro sistema de clasificación de la viscosidad como AGMA, o SAE.

- Dar la viscosidad del aceite en cualquier sistema de unidades de medida y las demás propiedades físicoquímicas del aceite.

En cualquiera de las formas anteriores, como el fabricante puede especificar el aceite a utilizar en un equipo, es muy importante que él especifique la temperatura de operación a la cual va a trabajar dicho aceite en el equipo y la temperatura ambiente para la cual se recomienda utilizarlo, de lo contrario, si el fabricante solo especifica el grado ISO del aceite, es factible que se presenten problemas de desgaste erosivo o adhesivo a corto o a largo plazo en los mecanismos lubricados. De no estar disponible esta información, el usuario se debe contactar con el fabricante del equipo y que se la envíe lo más pronto posible.

1.5.3. Selección del grado ISO del aceite

Como se dijo anteriormente, toda recomendación de lubricación para un equipo industrial debe estar orientada hacia la selección del grado ISO del aceite en función de la temperatura de operación del aceite en el equipo y de la temperatura ambiente.

En este caso es necesario tener en cuenta lo siguiente:

Si el fabricante especifica el nombre y la marca de un aceite, estos deben ser comerciales en el país donde vaya a operar el equipo, de no ser así, se debe hallar el aceite equivalente a este, hasta donde sea posible, de la misma marca que la que se utiliza en la lubricación de los demás equipos de la empresa. Si no se utilizan lubricantes equivalentes a los recomendados, al cabo del tiempo, se tendrán un buen número de lubricantes que dificultan la correcta lubricación de los equipos y que si se hace un análisis minucioso de ellos se

encontrará que muchos de ellos son equivalentes entre sí y que el número final de lubricantes que se pueden utilizar es ostensiblemente menor.

Cuando el fabricante especifica el tipo de aceite a utilizar en un sistema de clasificación diferente al ISO, como el ASTM (hoy en día en desuso), AGMA o SAE, se debe hallar el equivalente entre estos y el ISO. En este caso se puede utilizar la tabla I. En este caso se puede tener por ejemplo, que el fabricante recomiende para un reductor de velocidad un aceite AGMA 5EP a una temperatura de operación de 60 °C y para una temperatura ambiente de 30 °C.

El grado ISO correspondiente, de la tabla I, es un grado ISO 220 EP a las mismas condiciones de temperatura, tanto de operación como ambiente.

Tabla I. **Clasificación de viscosidad**

Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad						
Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE		Engranajes	
			Motor Unigrado	Motor Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		OW, 5W		75W	
32	150		10W			
46	215	1	10,15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30,20W20	80,80W	
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40		
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40		
220,220EP	1000	5,5EP	50		90	85W90
320,320EP	1500	6,6EP				85W140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C			140	
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C				
1000,1000EP,1000C	4650	9,9EP,9C				
1500,1500EP,1500C	7000	10,10EP,10C			250	

Fuente: ALBARRACIN AGUILLON, Pedro. Selección correcta de un Aceite Industrial. p. 2.

Cuando se halla el grado ISO equivalente de un aceite unigrado para motores de combustión interna el IV puede ser menor o igual a 95, si es de especificación W debe ser mayor de 95 y si es multigrado, debe estar por encima de 110. Cuando se trate de aceites para engranajes se procede de la misma manera.

La C en los aceites especificados en el sistema ISO o AGMA significa Compuesto o aceites con aditivos a base de ácidos grasos para condiciones de lubricación EHL donde la temperatura de carcasa del mecanismo es menor o igual a 50 °C.

Cuando el fabricante recomienda el tipo de aceite a utilizar en cualquier sistema de unidades de viscosidad, referenciados a una temperatura específica, es necesario hallar el grado ISO correspondiente (recuérdese que el grado ISO de un aceite está dado en cSt a 40 °C) para lo cual es necesario, en primer lugar, convertir las unidades de viscosidad dadas a cSt (si estas se dan en unidades diferentes a cSt).

1.5.3.1. Sistema ISO

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales, pero solo hasta 1979 fue puesta en práctica por la mayoría de los fabricantes de lubricantes. El sistema ISO clasifica la viscosidad de los aceites industriales en cSt a 40 °C, mediante un número estándar que se coloca al final del nombre del aceite industrial. Este sistema reduce las posibilidades de que el usuario se equivoque en la selección del aceite a utilizar o que mezcle lubricantes de diferentes viscosidades; facilita además hallar de manera inmediata el equivalente en viscosidad de un aceite con otro puesto que el

nombre del aceite debe traer al final el grado ISO correspondiente. Así por ejemplo, si se tiene el aceite Tellus 68 de marca Shell y se sabe que este fabricante está utilizando la clasificación ISO en sus aceites industriales, entonces el número 68 del aceite Tellus indica que tiene una viscosidad de 68 cSt a 40 °C.

Para saber si el número que acompaña el nombre del aceite es un grado ISO es necesario conocer la clasificación ISO, ya que se puede presentar el caso de aceites que al final del nombre traen un número y sin embargo este no corresponde a un grado ISO como podría ser el caso de aceites como el Tellus 41, Teresso 72, Macoma 45, DTE Light, entre otros; estos aceites se colocan a manera de ejemplo, ya que en hoy en día se especifican de acuerdo a la clasificación ISO. En la tabla 2 se especifican los diferentes grados de viscosidad en el sistema ISO; los grados básicos de viscosidad están comprendidos entre el 2 y el 68, los siguientes grados ISO después del 68 se obtienen añadiendo uno o dos ceros a partir del 10 hasta llegar al 1500. El límite mínimo y máximo de un grado ISO es el 10 % de dicho grado.

1.5.3.1.1. Características del sistema ISO

Algunos aspectos importantes que es necesario tener en cuenta con la clasificación ISO son:

- Únicamente clasifica la viscosidad de los aceites industriales
- Clasifica la viscosidad en cSt a 40 °C
- Sólo se relaciona con la viscosidad del aceite industrial y no tiene nada que ver con la calidad

El grado ISO aparece al final del nombre del aceite industrial, cualquiera que sea la marca.

Tabla II. **Clasificación ISO de los aceites industriales**

Grado ISO	Límites de viscosidad					
	cSt/40°C		SSU/100°F		SSU/210°F	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
2	1,98	2,42	32,8	34,4		
3	2,88	3,52	36,0	38,2		
5	4,14	5,06	40,4	43,5		
7	6,12	7,48	47,2	52,0		
10	9,00	11,00	57,6	65,3	34,6	35,7
15	13,50	16,50	75,8	89,1	37,0	38,3
22	19,80	24,20	105,0	126,0	39,7	41,4
32	28,80	35,20	149,0	182,0	43,0	45,0
46	41,40	50,60	214,0	262,0	47,1	49,9
68	61,20	74,80	317,0	389,0	52,9	56,9
100	90,00	110,00	469,0	575,0	61,2	66,9
150	135,00	165,00	709,0	871,0	73,8	81,9
220	198,00	242,00	1047,0	1283,0	90,4	101,0
320	288,00	352,00	1533,0	1881,0	112,0	126,0
460	414,00	506,00	2214,0	2719,0	139,0	158,0
680	612,00	748,00	3298,0	4048,0	178,0	202,0
1000	900,00	1100,00	4864,0	5975,0	226,0	256,0
1500	1350,00	1650,00	7865,0	9079,0	291,0	331,0

Fuente: ALBARRACIN AGUILLON, Pedro. Selección correcta de un Aceite Industrial. p. 4

1.5.3.2. **Curvas características de los aceites industriales**

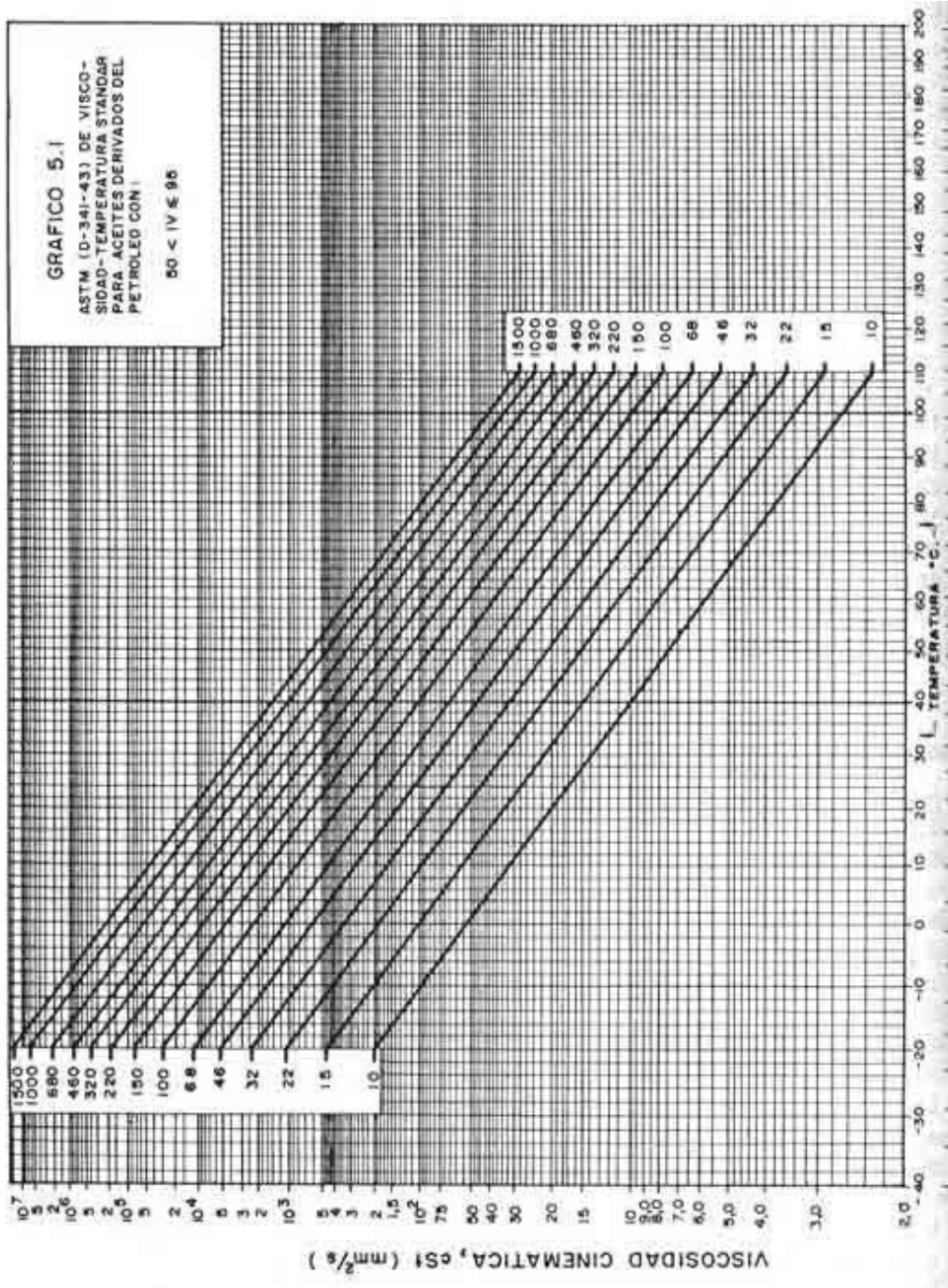
La figura 11 permite obtener la curva característica de viscosidad-temperatura para cualquier aceite industrial derivado del petróleo, entre un grado ISO 10 y 1500, con un índice de viscosidad (IV) entre 50 y 95. En la escala vertical de la izquierda se da la viscosidad del aceite en cSt (o en mm²/s) y en la escala horizontal inferior, la temperatura en °C y en °F respectivamente. Para hallar el grado ISO correspondiente a un aceite industrial se ubica la viscosidad del aceite en cSt en la escala vertical de la izquierda y se traza una

horizontal hasta que corte la vertical correspondiente a la temperatura dada; el punto de intersección de las líneas trazadas puede coincidir con alguna de las curvas que aparecen en la figura 11, en cuyo caso, el número que la identifica sería el grado ISO del aceite industrial correspondiente; en caso contrario, se selecciona la curva más cercana al punto. Si el punto de intersección queda ubicado en la mitad de dos curvas se selecciona la curva del mayor grado ISO; en este caso es posible que se incremente ligeramente el desgaste erosivo del elemento lubricado debido al exceso de fricción fluida, pero no el adhesivo como podría ocurrir si se seleccionara la curva del aceite de menor grado ISO. La elevación de temperatura y el incremento en el consumo de energía, en caso que se seleccione el mayor grado ISO, no son críticos, ya que el exceso de viscosidad no es lo suficientemente alto como para que esto llegue a ser significativo.

Las curvas graficadas se pueden prolongar dentro de un rango comprendido cerca del punto de fluidez hasta el punto de inflamación del aceite.

Toda planta industrial, cualquiera que sea su magnitud debe utilizar lubricantes industriales. En equipos industriales al emplear lubricantes de tipo automotor no quiere decir necesariamente que se vaya a producir una falla catastrófica de los mismos, pero si puede dar lugar a una disminución considerable de su vida de servicio o a que se presenten problemas que hacen inoperable la máquina como es el caso, por ejemplo, de utilizar aceites para motores de combustión interna (que cuentan con aditivos detergentes-dispersantes) en compresores alternativos de dos o más etapas en los cuales la presencia de agua puede llegar a ser crítica dando lugar al emulsionamiento del aceite automotor o en equipos donde en lugar de utilizar un aceite industrial, por ejemplo, de un grado ISO 100 se utiliza un SAE 90 o un 140.

Figura 11. Gráfica de viscosidad vs temperatura



Fuente: ALBARRACIN AGUILLON, Pedro. Selección correcta de un Aceite Industrial. p. 3.

En este último caso el exceso de viscosidad dará lugar a un incremento considerable en las pérdidas de energía por fricción fluida, a elevación de la temperatura de operación que acelerará la oxidación del aceite y la dilatación de los retenedores del equipo haciendo que se presenten fugas de aceite. Adicionalmente se tiene el sobre costo en la lubricación de la planta porque los aceites automotores son entre 1,5 y 2 veces más costosos que los de tipo industrial. Por consiguiente, si una máquina industrial se está lubricando, o se especifica en su lubricación un aceite de clasificación SAE, es recomendable hallar, de la tabla I, su equivalente en el sistema ISO e implementar su utilización.

Ejemplo 1: el fabricante de un compresor alternativo de pistones de una etapa que comprime aire, recomienda para lubricar el cárter y el cilindro (la superficie del cilindro y los anillos del pistón se lubrican con el aceite salpicado por la cabeza de biela del cigüeñal) un aceite cuyas propiedades físico-químicas deben ser:

- Gravedad específica (g/cm^3), ASTM D-287: 0,875
- Viscosidad SSU/100 °F, ASTM D-445: 330
- Índice de viscosidad, mín., ASTM D-2270: 95
- Punto de inflamación, °C, ASTM D-92: 221
- Punto de fluidez, °C, ASTM D-97: -12

Como aceites posibles a utilizar el fabricante del compresor especifica el aceite Turbine 29 de Shell; en este caso especificar si este aceite si es o no equivalente al recomendado por el fabricante del compresor.

Solución: en la tabla II, se localizan en la escala de la viscosidad en Segundos Saybolt Universal, 330 SSU y por este punto se traza una horizontal

hasta que corte la escala de la viscosidad cinemática, y se leen 81 cSt a 100 °F. Luego, en la tabla 11 se localizan los 81 cSt en la escala vertical de la izquierda y por este punto se traza una horizontal hasta que corte la vertical trazada con 100 °F desde la escala horizontal inferior, que especifica la temperatura en °F. El punto de intersección de las dos líneas trazadas queda más cerca del ISO 68, por lo tanto, se selecciona éste. Con el grado ISO 68 y con las demás propiedades físico-químicas del aceite, especificadas por el fabricante, y con el tipo de máquina a lubricar, en este caso un compresor alternativo de pistones que comprime aire, se va a los catálogos de los fabricantes de lubricantes y se selecciona el que cumpla con todas las especificaciones dadas. Es necesario tener en cuenta que se debe seleccionar, hasta donde sea posible, la misma marca de lubricantes empleada en los demás equipos de la empresa. En este caso, algunos aceites de diferentes marcas que podrían servir son: Turbine 68 (Shell), Nuto 68 (Esso), Regal 68 (Texaco), DTE Heavy Médium (Mobil), Turbina 68 (Terpel).

El número 29 del aceite Turbine 29 (Shell) no es un grado ISO (no aparece en la tabla II), por lo tanto para saber si es equivalente en viscosidad al ISO 68 recomendado, es necesario consultar el catálogo de la Shell, probablemente este número corresponde a una especificación anterior a la implementación de la clasificación ISO para los aceites industriales.

Nota: en este caso la recomendación de lubricación dada por el fabricante del compresor alternativo de una etapa, está incompleta ya que le faltó especificar la temperatura de operación del aceite en el equipo y la temperatura ambiente para la cual se está recomendando el aceite.

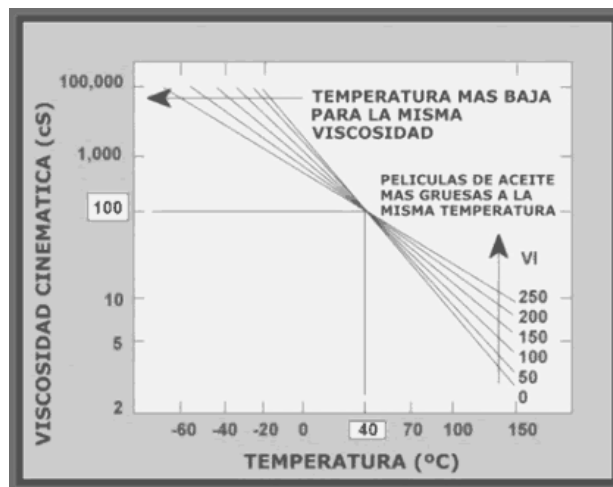
1.5.4. Tipos de lubricantes utilizados en la planta

Los lubricantes los podemos encontrar en estado sólido, semisólido, líquido y gaseoso. Actualmente se están utilizando grasas y aceites para lubricar las partes móviles de los equipos de impresión, corte, conversión y compaginado. Antes de hablar de los tipos de lubricantes hablaremos de una propiedad bastante importante de estos.

1.5.4.1. Índice de viscosidad

Se conoce al Índice de Viscosidad como la tasa de cambio en la viscosidad, cuando se presenta un cambio en la temperatura, ya sea en un aceite por sí solo como lubricante o en la mezcla de una grasa.

Figura 12. Gráfica de viscosidad cinemática vs temperatura



Fuente: www.noria.mx/nla/images/viscosidad-cinematica-cSt-lubetips4.jpg&w=334&h=237&ei=A0uKUvfSD5as4APi7YDoDw&zoom=1&ved=1t:3588,r:54,s:0,i:248&iact=rc&page=3&tbnh=176&tbnw=250&start=41&ndsp=22&tx=136&ty=164.

Consulta: febrero de 2010.

En muchas aplicaciones, la temperatura permanece relativamente constante y el índice de viscosidad (VI) no es tema de preocupación. En aquellos casos en los que la temperatura varía dentro de un rango muy amplio, el valor de VI del aceite utilizado deberá ser tan alto como sea posible.

Normalmente lo que se busca, es que la viscosidad permanezca relativamente constante con los cambios de temperatura.

A pesar de que no es posible cambiar las propiedades características de un aceite lubricante base, puede agregarse un aditivo para conseguir una viscosidad más estable en el lubricante resultante.

1.5.4.2. Clasificación de los lubricantes de acuerdo al estado físico

Los lubricantes se pueden encontrar en la naturaleza en los siguientes estados: sólido, semisólido, líquido y gaseoso. Se detallan cada uno a continuación.

1.5.4.2.1. Sólidos

Los lubricantes sólidos se emplean cuando las piezas han de funcionar a temperaturas muy extremadas y cuando intervienen elevadas presiones unitarias.

Talco: tiene una dureza entre 1 y 1,5, densidad relativa entre 2,7 y 2,8, y muestra exfoliación basal perfecta. El color puede variar desde el verde manzana, el gris o el blanco hasta el plateado. Brilla con un lustre entre perlado y graso.

Grafito: el grafito es negro y opaco y tiene un lustre metálico y una densidad de entre 2,09 y 2,2 g/cm³. Al ser muy blando (dureza entre 1 y 2) mancha cualquier cosa que toque y tiene tacto grasoso o escurridizo. Es el único material no metálico que conduce bien la electricidad; sin embargo, a diferencia de los otros conductores eléctricos, transmite mal el calor.

1.5.4.2.2. Semisólidos (grasas)

Las grasas son dispersiones de aceite en jabón. Se emplean para lubricar zonas imposibles de engrasar con aceite, bien por falta de condiciones para la retención, porque la atmósfera de polvo y suciedad en que se encuentra la máquina aconseja la utilización de un lubricante pastoso. Una de las características más importantes de las grasas es el punto de goteo, es decir, la temperatura mínima a la cual la grasa contenida en un aparato especial empieza a gotear por un orificio situado en la parte inferior. Es muy importante, ya que permite conocer la temperatura máxima de empleo. Según el jabón que las forma, las grasas pueden ser cálcicas, sódicas, al aluminio, al litio, al bario, etc. Y las características y aplicaciones son las siguientes:

Grasas cálcicas: tienen un aspecto mantecoso, son insolubles en agua, resisten 80 °C y son muy económicas. Se emplean para lubricar rodamientos situados en los chasis de los automóviles y rodamientos de máquinas que trabajen a poca velocidad y a menos de 70 °C.

Grasas sódicas: tienen un aspecto fibroso, son emulsionables en agua, resisten 120 °C y son poco fusibles. Se emplean para rodamientos en que no haya peligro de contacto con el agua.

Grasas al aluminio: son de aspecto fibroso y transparente, insoluble en el agua, muy adhesivo y muy estable. Resisten hasta 100 °C. Se emplean en juntas de cardan, cadenas, engranajes y cables, y en sistemas de engrase centralizado.

Grasas al litio: son fibrosas, resisten bastante bien el agua y pueden utilizarse desde -20 hasta 120 °C. Se emplean para aplicaciones generales (rodamientos, pivotes de mangueta en automóviles), conteniendo, si es necesario, bisulfuro de molibdeno.

Grasas al bario: son fibrosas y más resistentes al agua que las de litio, y la máxima temperatura de empleo es de 180 °C. Se emplean para usos generales.

1.5.4.2.3. Líquidos

Llamados en general aceites lubricantes, se dividen en cuatro subgrupos.

Aceites minerales: obtenidos de la destilación fraccionada del petróleo, y también de ciertos carbones y pizarras.

Aceites de origen vegetal y animal: son denominados también aceites grasos y entre ellos se encuentran: aceite de lino, algodón, colza, oliva, tocino, entre otros.

Aceites compuestos: formados por mezclas de los dos primeros, con la adición de ciertas sustancias para mejorar las propiedades.

Aceites sintéticos: constituidos por sustancias líquidas lubricantes obtenidas por procedimientos químicos. Tienen la ventaja sobre los demás de que su formación de carbonillas es prácticamente nula; el inconveniente consiste en ser más caros.

Entre los subgrupos mencionados, merecen especial atención los aceites minerales, por ser los lubricantes líquidos más empleados. Se obtienen por la destilación del petróleo bruto, de la cual se originan también otros productos (éter, gasolina, petróleo, gas *oil*, *fuel-oil*, entre otros). Una vez destilados, son convenientemente tratados para purificarlos y mejorar las propiedades básicas con aditivos.

1.5.4.2.4. Gaseosos

Los gases también se pueden utilizar como lubricantes, actuando como reductor del rozamiento entre dos piezas o elementos de máquina que se encuentran en movimiento relativo. Se puede usar aire a presión o algún otro gas para el mismo propósito.

1.6. Análisis de riesgo

El propósito de realizar un análisis de riesgo dentro de la planta, es para minimizar condiciones o actos inseguros que se puedan detectar dentro de la misma. Esto con el fin de mantener las condiciones seguras en los puestos de trabajo y la planta en general.

1.6.1. Riesgo

Es la probabilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversos. Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos adversos, siendo la consecuencia del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento. Es una medida de potencial de pérdida económica o lesión en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado junto con la magnitud de las consecuencias.

Los riesgos que en su momento se pueden presentar dentro de la planta son:

1.6.1.1. Riesgos físicos

Los riesgos físicos son condiciones que pueden dañar la integridad física de los trabajadores dentro de la planta, a corto, mediano o largo plazo.

1.6.1.1.1. Ruido

Consiste en un movimiento ondulatorio producido en un medio elástico por una fuente de vibración. La onda es de tipo longitudinal cuando el medio elástico en que se propaga el sonido es el aire y se regenera por variaciones de la presión atmosférica por, sobre y bajo el valor normal, originadas por la fuente de vibración. La velocidad de propagación del sonido en el aire a 0 °C es de 331 metros por segundo y varía aproximadamente a razón de 0,65 metros por segundo por cada °C de cambio en la temperatura.

Existe un límite de tolerancia del oído humano. Entre 100-120 db, el ruido se hace incómodo. A las 130 db se sienten crujidos; de 130 a 140 db, la

sensación se hace dolorosa y a los 160 db el efecto es devastador. Esta tolerancia no depende mucho de la frecuencia, aunque las altas frecuencias producen las sensaciones más desagradables.

Efectos sobre mecanismo auditivo: los efectos de un ruido repentino e intenso, corrientemente se deben a explosiones o detonaciones, cuyas ondas de presión rompen el tímpano y dañan, incluso, la cadena de huesillos; la lesión resultante del oído interno es de tipo leve o moderado. El desgarramiento timpánico se cura generalmente sin dejar alteraciones, pero si la restitución no tiene lugar, puede desarrollarse una alteración permanente.

Los efectos de una exposición continua, en el mecanismo conductor puede ocasionar la fatiga del sistema osteomuscular del oído medio, permitiendo pasar al oído más energía de la que puede resistir el órgano de Corti. A esta fase de fatiga sigue la vuelta al nivel normal de sensibilidad. De esta manera el órgano de Corti está en un continuo estado de fatiga y recuperación.

Esta recuperación puede presentarse en el momento en que cesa la exposición al ruido, o después de minutos, horas o días. Con la exposición continua, poco a poco se van destruyendo las células ciliadas de la membrana basilar, proceso que no tiene reparación y es por tanto permanente; es por estas razones que el ruido continuo es más nocivo que el intermitente.

Existen, además, otros efectos del ruido, a parte de la pérdida de audición:

- Trastornos sobre el aparato digestivo
- Trastornos respiratorios
- Alteraciones en la función visual

- Trastornos cardiovasculares: tensión y frecuencia cardiaca
- Trastorno del sueño, irritabilidad y cansancio

1.6.1.1.2. Temperatura

Existen cargos cuyo sitio de trabajo se caracteriza por elevadas temperaturas, como en el caso de proximidad de hornos, donde el ocupante del cargo debe vestir ropas adecuadas para proteger la salud.

La máquina humana funciona mejor a la temperatura normal del cuerpo la cual es alrededor de 37,0 grados centígrados. Sin embargo, el trabajo muscular produce calor y éste tiene que ser disipado para mantener, tal temperatura normal. Cuando la temperatura del ambiente está por debajo de la del cuerpo, se pierde cierta cantidad de calor por conducción, convección y radiación, y la parte en exceso por evaporación del sudor y exhalación de vapor de agua. La temperatura del cuerpo permanece constante cuando estos procesos compensan al calor producido por el metabolismo normal y por esfuerzo muscular.

Cuando la temperatura ambiente se vuelve más alta que la del cuerpo aumenta el valor por convección, conducción y radiación, además del producido por el trabajo muscular y éste debe disiparse mediante la evaporación que produce enfriamiento. A fin de que ello ocurra, la velocidad de transpiración se incrementa y la vasodilatación de la piel permite que gran cantidad de sangre llegue a la superficie del cuerpo, donde pierde calor.

En consecuencia, para el mismo trabajo, el ritmo cardíaco se hace progresivamente más rápido a medida que la temperatura aumenta, la carga sobre el sistema cardiovascular se vuelve más pesada, la fatiga aparece pronto y el cansancio se siente con mayor rapidez.

Se ha observado que el cambio en el ritmo cardíaco y en la temperatura del cuerpo de una estimación satisfactoria del gasto fisiológico que se requiere para realizar un trabajo que involucre actividad muscular, exposición al calor o ambos.

Cambios similares ocurren cuando la temperatura aumenta debido al cambio de estación. Para una carga constante de trabajo, la temperatura del cuerpo también aumenta con la temperatura ambiental y con la duración de la exposición al calor. La combinación de carga de trabajo y aumento de calor puede transformar una ocupación fácil a bajas temperaturas en un trabajo extremadamente duro y tedioso a temperaturas altas.

1.6.1.1.3. Iluminación

Cantidad de luminosidad que se presenta en el sitio de trabajo del empleado. No se trata de iluminación general sino de la cantidad de luz en el punto focal del trabajo. De este modo, los estándares de iluminación se establecen de acuerdo con el tipo de tarea visual que el empleado debe ejecutar: cuanto mayor sea la concentración visual del empleado en detalles y minucias, más necesaria será la luminosidad en el punto focal del trabajo.

La iluminación deficiente ocasiona fatiga a los ojos, perjudica el sistema nervioso, ayuda a la deficiente calidad del trabajo y es responsable de una buena parte de los accidentes de trabajo.

El higienista industrial debe poner interés en aquellos factores de la iluminación que facilitan la realización de las tareas visuales; algunos de estos conceptos son: agudeza visual, dimensiones del objeto, contraste, resplandor, velocidad de percepción, color, brillo y parpadeo.

La agudeza visual es la capacidad para ver. Como los ojos son órganos del cuerpo, esa capacidad está relacionada con las características estructurales y la condición física de esos órganos y así como las personas difieren en peso, estatura y fuerza física, en igual forma difieren de la habilidad para ver. Por lo general disminuye por uso prolongado, por esfuerzos arduos o por uso en condiciones inferiores a las óptimas. Los resultados de esos esfuerzos se pueden limitar a fatigas o pueden presentarse daños más serios.

La agudeza visual de un individuo disminuye con la edad, cuando otros factores se mantienen iguales, y esto se puede contrabalancear, en gran parte, suministrando iluminación adicional. No debe deducirse, sin embargo, que un aumento progresivo en la cantidad de iluminación dé siempre como resultado mejores ejecuciones visuales; la experiencia ha demostrado que, para determinadas tareas visuales, ciertos niveles de iluminación se pueden considerar como críticos y que un aumento en la intensidad conduce a una mejor ejecución, como una diferencia importante.

Un sistema de iluminación debe cumplir los siguientes requisitos:

- Ser suficiente, de modo que cada bombilla o fuente luminosa proporcione la cantidad de luz necesaria para cada tipo de trabajo.
- Estar constante y uniformemente distribuido para evitar la fatiga de los ojos, que deben acomodarse a la intensidad variable de la luz.
- Deben evitarse contrastes violentos de luz y sombra, y las oposiciones de claro y oscuro.

Niveles mínimos de iluminación para tareas visuales (en lúmenes):

- Tareas visuales variables y sencillas 250 a 500

- Observación continua de detalles 500 a 1000
- Tareas visuales continuas y de precisión 1000 a 2000
- Trabajos muy delicados y de detalles + de 2000

1.6.1.1.4. Vibraciones

Las vibraciones se definen como el movimiento oscilante que hace una partícula alrededor de un punto fijo. Este movimiento, puede ser regular en dirección, frecuencia y/o intensidad, o bien aleatorio, que es lo más corriente. Será frecuente encontrar un foco que genere, a la vez, ruido y vibraciones. Los efectos que pueden causar son distintos, ya que el primero centra la acción en una zona específica: el oído, y las vibraciones afectan a zonas extensas del cuerpo, incluso a la totalidad, originando respuestas no específicas en la mayoría los casos.

En función de la frecuencia del movimiento oscilatorio y de la intensidad, la vibración puede causar sensaciones muy diversas que irían desde la simple desconfort, hasta alteraciones graves de la salud, pasando por la interferencia en la ejecución de ciertas tareas como la lectura, la pérdida de precisión al ejecutar ciertos movimientos o la pérdida de rendimiento a causa de la fatiga.

1.6.1.1.5. Radiaciones ionizantes y no ionizantes

Las radiaciones pueden ser definidas en general, como una forma de transmisión espacial de la energía. Dicha transmisión se efectúa mediante ondas electromagnéticas o partículas materiales emitidas por átomos inestables.

Una radiación es ionizante cuando interacciona con la materia y origina partículas con carga eléctrica (iones). Las radiaciones ionizantes pueden ser:

- Electromagnéticas (rayos X y rayos gamma)
- Corpusculares (partículas componentes de los átomos que son emitidas, partículas alfa y beta)

Las exposiciones a radiaciones ionizantes pueden originar daños muy graves e irreversibles para la salud.

Respecto a las radiaciones no ionizantes, al conjunto de todas ellas se les llama espectro electromagnético.

Ordenado de mayor a menor energía se pueden resumir los diferentes tipos de ondas electromagnéticas de la siguiente forma:

- Campos eléctricos y magnéticos estáticos
- Ondas electromagnéticas de baja radio frecuencia
- Microondas (MO)
- Infrarrojos (IR)
- Luz visible
- Ultravioleta (UV)

1.6.1.1.6. Radiación infrarroja y ultravioleta

Radiaciones infrarrojas o térmicas: estos rayos son visibles pero su longitud de onda está comprendida entre 8 000 Angstroms. Un cuerpo sometido al calor (más de 500 °C) emite radiaciones térmicas, las cuales se pueden

hacer visibles una vez que la temperatura del cuerpo es suficientemente alta. Se debe precisar que estos rayos no son los únicos productores de efectos calóricos. Se sabe que los cuerpos calientes, emiten un máximo de infrarrojos; sin embargo, todas las radiaciones pueden transformarse en calor cuando son absorbidas.

Justamente a causa de la gran longitud de onda, estas radiaciones son un poco enérgicas y, por tanto, poco penetrantes. Desde el punto de vista biológico, sólo la piel y superficies externas del cuerpo se ven afectadas por la radiación infrarroja. Particularmente sensible es la córnea del ojo, pudiendo llegar a producirse cataratas.

Las personas expuestas a radiación infrarroja de alta intensidad deben proteger la vista mediante un tipo de anteojos especialmente diseñado para esta forma de radiación y el cuerpo mediante vestimentas que tiene la propiedad de disipar eficazmente el calor.

Las radiaciones infrarrojas se encuentran en algunas exposiciones como, por ejemplo, la soldadura al oxiacetilénica y eléctrica, la operación de hornos eléctricos, de cúpula y la colada de metal fundido, el soplado de vidrio, entre otros.

Radiaciones ultravioleta: en la escala de radiaciones, los rayos ultravioleta se colocan inmediatamente después de las radiaciones visibles, en una longitud de onda comprendida entre 4 000 Angstroms y unos 100 Angstroms. Las radiaciones ultravioleta son más energéticas que la radiación infrarroja y la luz visible. Naturalmente, se recibe luz ultravioleta del sol y artificialmente se produce tal radiación en las lámparas germicidas, aparatos médicos y de investigación, equipos de soldadura, entre otros.

Los efectos biológicos son de mayor significación que en el caso de la luz infrarroja. La piel y los ojos deben protegerse contra una exposición excesiva. Los obreros más expuestos son los que trabajan al aire libre bajo el sol y en las operaciones de soldadura de arco.

Muchos de los casos de cáncer en la piel se atribuyen a excesiva exposición a la radiación ultravioleta solar. Los rayos ultravioleta son fácilmente absorbidos por las células del organismo y su acción es esencialmente superficial. Ellos favorecen la formación de vitamina D.

1.6.1.2. Riesgos ergonómicos

No existe una definición oficial de la ergonomía, Murrue la definió como "El estudio científico de las relaciones del hombre y su medio de trabajo". El objetivo es diseñar el entorno de trabajo para que se adapte al hombre y así mejorar el confort en el puesto de trabajo.

La ergonomía es una ciencia multidisciplinaria que utiliza otras ciencias como la medicina en el trabajo, la fisiología, la sociología y la antropometría.

"La rama de la medicina que tiene por objeto promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, psíquico y social de los trabajadores en todas las profesiones; prevenir todo daño a la salud causando por las condiciones de trabajo; protegerlos contra los riesgos derivados de la presencia de agentes perjudiciales a la salud; colocar y mantener al trabajador en un empleo conveniente a las aptitudes fisiológicas y psicológicas; en suma, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su labor".

Los siguientes puntos se encuentran entre los objetivos generales de la ergonomía:

- Reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales
- Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores
- Aumento de la producción
- Mejoramiento de la calidad del trabajo
- Disminución del ausentismo
- Aplicación de las normas existentes
- Disminución de la pérdida de materia prima

Estos métodos por los cuales se obtienen los objetivos son:

- Apreciación de los riesgos en el puesto de trabajo
- Identificación y cuantificación de las condiciones de riesgo en el puesto de trabajo
- Recomendación de controles de ingeniería y administrativos para disminuir las condiciones identificadas de riesgos
- Educación de los supervisores y trabajadores acerca de las condiciones de riesgo.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Clasificación de los equipos

Los equipos se clasifican según su función y el área donde se encuentran, siendo los siguientes: impresión, corte, conversión y encuadernado.

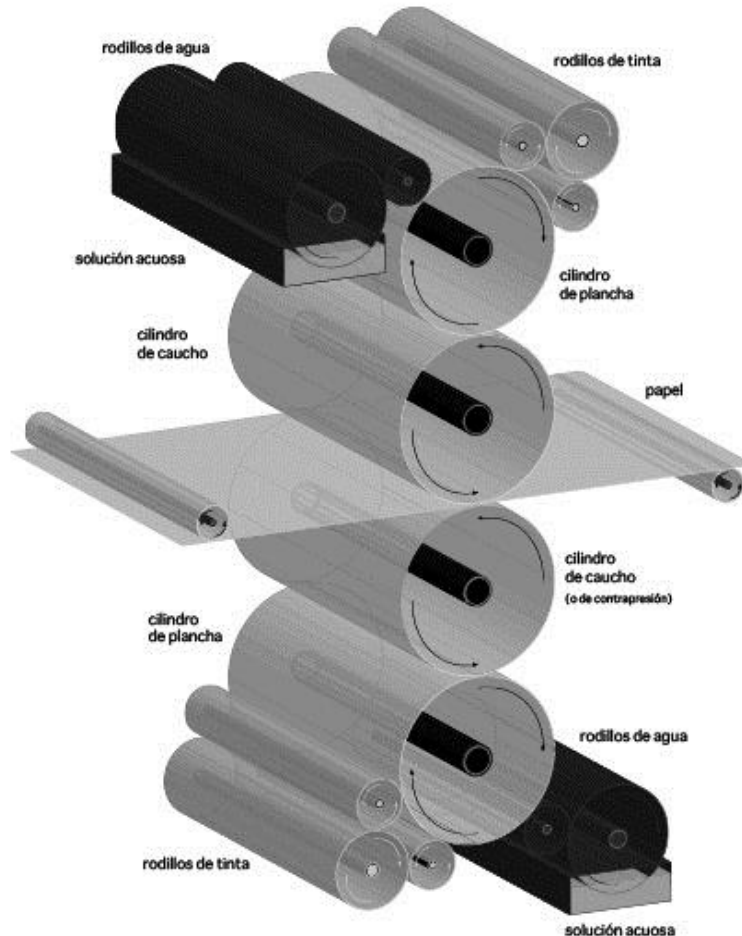
2.1.1. Equipos de impresión Offset

Estos equipos trabajan bajo un sistema denominado Offset, el cual se realiza mediante planchas metálicas (generalmente de aluminio) tratadas y fijadas sobre cilindros, de modo que hay una plancha por cada color que se quiera representar (cian, magenta, amarillo y negro). De este último modo se obtiene papel impreso con imágenes a todo color superponiendo, mediante varias pasadas, las distintas tintas sobre el soporte. La cantidad, y proporciones, de cada una de las tintas básicas que se usan en el proceso de impresión, así como la transparencia parcial de estas, darán lugar a una imagen a todo color con un buen degradado de los tonos. Entre estas se encuentran las impresoras rotativas y planas.

Una rotativa (impresora rotativa o prensa rotativa) es una máquina de impresión en la que las imágenes a imprimir se curvan sobre un cilindro. La impresión se efectúa sobre papel, se alimenta por folios o mediante un rollo continuo (bobinas de papel), estas máquinas se utilizan para largos tirajes y constan de una unidad que permite que los ejemplares salgan doblados.

Una impresora plana, diferencia de una rotativa se alimenta mediante pliegos de papel, se utiliza para la impresión de portadas de revistas porque la calidad de impresión es mejor que una rotativa y permite la utilización de un papel más grueso. Algunos modelos poseen una unidad de barnizado, la que permite que la impresión tenga una textura brillante.

Figura 13. Sistema de impresión Offset



Fuente: Sistema de impresión Offset <http://mimoriarty.files.wordpress.com/2010/07/impresion-offset.jpg?w=547>. Consulta mayo de 2010.

2.1.2. Equipos de corte conversión

Estos equipos se utilizan exclusivamente para cortar, pero existen diferentes tipos dependiendo del trabajo que se desee realizar, entre ellas podemos mencionar: la máquina convertidora, guillotinas y trefiladoras.

2.1.2.1. Convertidora

Esta máquina se utiliza específicamente para transformar bobinas de papel en pliegos de diferente tamaño, para luego ser utilizadas en impresión.

2.1.2.2. Guillotinas

Las guillotinas son máquinas destinadas a cortar hojas de papel apiladas. Se distinguen dos clases:

Convencionales: provistas de una sola cuchilla que efectúa cortes rectilíneos.

Trilaterales: pueden efectuar el corte simultáneo en los tres lados de un folleto o libro. Entre este tipo podemos mencionar las trefiladoras, son equipos semiautomáticos que están conformados por varias unidades que permiten el compaginado, engrapado y corte trilateral de un folleto, revista o suplemento.

2.1.2.3. Encuadernado

Entre estos equipos se tiene la compaginadora, esta permite el armado de libros, revistas, según el orden de las páginas gracias a que posee varios alimentadores. Se tiene la pegadora de lomos se utiliza para colocar la portada

y contraportada de los libros o revistas colocando pegamento en el lomo. Las engrapadoras son equipos semiautomáticos que se utilizan para colocar grapas de tamaño considerable, para que el encuadernado de los productos sea resistente. Y por último podemos mencionar la dobladora, la cual permite realizar varios tipos de dobleces dependiendo del trabajo a realizar.

2.1.2.4. Troqueladora

Esta máquina se utiliza para realizar cortes de formas especiales, curvas, rectas, entre otras. Dependen de la forma del molde a utilizar para realizar el corte, como ejemplo se pueden obtener productos como las cajas armables que utilizan en los restaurantes de comida rápida.

2.2. Lubricantes recomendados por los fabricantes de los equipos

En los manuales del fabricante, se encontró información sobre los lubricantes que se deben aplicar en las partes móviles de los equipos, para que se mantengan en buenas condiciones durante su vida útil.

2.2.1. Equipos de impresión

Los equipos de impresión son de alta revolución, por lo tanto necesitan estar bien lubricados y se dividen en rotativas y planas.

2.2.1.1. Lubricantes para máquina rotativa

En la tabla III se muestran los lubricantes que se recomiendan para lubricar la máquina, se puede apreciar que hay grasas de extrema presión, aceites para sistemas de circulación y aceites para ser aplicados como niebla.

Tabla III. Lubricantes recomendados para máquina rotativa

No.	MOBIL	CHEVRON	EXXON	SHELL	LUBRIPLATE	TEXACO	AMOCO
1	DTE-BB or Mobilgear 630	OC Turbine Oil 36	Spartan EP 220	Tellus Oil 220	APG-90	Regal Oil GR&O	American Industrial Oil No.95
2	Mobilux EP1	Dura-Lith Grease EP1	Lidok EP1	Darina Grease EP1	930-AA or 630-AA	Multifak EP1	Amolith Grease No. 1 EP
3	Mobilux EP 45	Dura-Lith Grease EP0	Lidok EP1	Darina Grease EP1	930-AAA	Multifak EP1	Amolith Grease No. 0 EP
4	Mist Lube 27	IP Industrial Oil 55X	Enmist EP 100	Omala Oil 100	Mist Oil	Regal Oil GR&O	Amomist Oil No. 51
5	DTE Light	OC Turbine Oil 9	Nuto H32 or Teresstic 32	Tellus Oil 32	HO-0	Regal Oil AR&O	American Industrial Oil No. 15

Fuente: Manual Harris Cotrell M-1000. Sección: Lubricación y servicio. p. 153.

2.2.1.2. Impresora plana cinco colores

Este equipo utiliza lubricantes que recomienda el fabricante, los cuales no se compran localmente por las características sintéticas que poseen.

Tabla IV. Lubricantes recomendados para impresora plana cinco unidades

No.	Artículo	Denominación	Shell	Elkalub	Molykote DOW Corning GmbH	Fuchs
	Grasa	Tipo ---	DIN ---	Aero Grease 16	---	---
	Aceite	A ---	---	LA 8	---	---
	Grasa	KPF 2 ---	51502 ---	GLL 6/N3	Longtherm 2 plus	---
	Grasa -1-	G-20 ---	51825 ---	GLL 6/N3	---	Renax FH 300
				GLS 75/N2	---	Renosod FK 140
	Aceite	CL 100 ---	51502 ---	Vitrea 100	LFC 1100	---
			51517 ---	O Morlina 100	---	---
			51519 ---	---	---	---
	Aceite -2-	K P2 K ---	51502 ---	Corena 100 o Morlina 100	H ---	Renolin 504
	Grasa -2-	K-M 20 ---	51502 ---	GLS 75/N2	---	---
			51826 ---	---	---	---
	Grasa	---	---	---	165 LT	---
	Grasa	---	---	Alvania (LF)2 EP	---	---

Fuente: Manual MAN Roland 305 Druckmaschinen AG – Offenbach. Sección 1. p. 56.

2.2.1.3. Impresora plana dos unidades

Los lubricantes recomendados para la impresora plana de dos colores son, grasas de extrema presión, grasas de alta temperatura, aceite hidráulico y aceite especial para cadenas de pila.

Tabla V. **Lubricantes recomendados para impresora plana dos unidades**

No.	Descripción	Características	Shell/PDV
1	Aceite para maquinaria	H-L 68 DIN 51524 ISO VG 68 DIN 51519 VI 95 ISO 3448	Tellus 68 o PDV Hidralub AW 68
2	Grasa EP al Litio	K-P2 k-DIN 51502 Punto de goteo min. 120 °C Penetración 265-295 Consistencia según NGLI 2 Valor VKA según DIN 51350 = 3000/3200 N	Alvania EP 2 o PDV Industrial EP2
3	Aceite de lavado	C-L 5 DIN 51517 ISO VG 5 DIN 51519 VI 95 ISO 3448	Chevron Rando HD 10
4	Grasa para altas temperaturas	K-H2 o DIN 51502 Consistencia según NGLI 2 Penetración 265-295	PURE GUARD HIGT TEMP 2
5	Aceite especial	BB DIN 51513 Viscosidad Aprox. 76mm ² /s /100°C	ELkalub LA 8

Fuente: Manual MAN Roland 202 Druckmaschinen AG – Offenbach. Lubricación y servicio.
p. 525.

2.2.1.4. Equipos de corte y conversión

Estos equipos se utilizan para realizar cortes en papel, siendo pliegos, bobinas, lotes de papel, entre otros. Los lubricantes que el fabricante recomienda para lubricar estos equipos son los siguientes.

Tabla VI. **Lubricantes recomendados para guillotina 1**

Fabricado normalizado	Grasa lubricante	Aceite hidráulico y lubricante	Aceite de engranaje
ISO grupo de viscosidad VG	---	(46) (68) 53-56 mm ² /s (cSt)	460 mm ² /s (cSt)
DIN Distintivo DIN 51502	K-L3m violeta	H-LP 36 rojo	CL-P 225 blanco
Clase SAE (DIN 51512)	---	---	140
Antar	Reloxa 3	Olna 500	ESPONA Z 35 o Febron HPN 35
Aral	Aral HL 3	Aral Vitam GF 68	Aral Degol BG 460
BP	Energrease LS 3	Energol HLP 100	Energol GR-XP 460 (ISO)
Esso	Beacon 3	NUTO H 68	Spartan EP 460
Mobil	Mobilux 3	Mobil DTE Aceite medio y pesa	Mobilgear 634
Shell	Alvania R3	Aceite Tellus 933 (H-LP 36)	Omala aceite 77
Texaco	Glissando FL 30	Aceite Rando HDC	Meropa 460
Shell local	Alvania RL2	Tellus 68	Omala 460

Fuente: Manual guillotina WHOLEMBERG MC- S 115. Servicio y lubricación. p. 332.

Tabla VII. **Lubricantes recomendados para guillotina 2**

Fabricado normalizado	Grasa lubricante	Aceite hidráulico y lubricante	Aceite de engranaje
ISO grupo de viscosidad VG	---	(46) (68) 53-56 mm ² /s (cSt)	460 mm ² /s (cSt)
DIN Distintivo DIN 51502	K-L3m violeta	H-LP 36 rojo	CL-P 225 blanco
Clase SAE (DIN 51512)	---	---	140
Antar	Reloxa 3	Olna 500	ESPONA Z 35 o Febron HPN 35
Aral	Aral HL 3	Aral Vitam GF 68	Aral Degol BG 460
BP	Energrease LS 3	Energol HLP 100	Energol GR-XP 460 (ISO)
Esso	Beacon 3	NUTO H 68	Spartan EP 460
Mobil	Mobilux 3	Mobil DTE Aceite medio y pesa	Mobilgear 634
Shell	Alvania R3	Aceite Tellus 933 (H-LP 36)	Omala aceite 77
Texaco	Glissando FL 30	Aceite Rando HDC	Meropa 460
Shell local	Alvania RL2	Tellus 68	Omala 460

Fuente: Manual de servicio guillotina SCHNEIDER SENATOR. Servicio y lubricación. p. 145.

2.3. Definición de la ruta de lubricación por equipos

Se desarrolla con el personal de mantenimiento una ruta de lubricación, con el fin de averiguar que activos se lubrican y cuáles son los puntos de lubricación. Las máquinas y equipos que se lubrican son los considerados importantes y críticos en el proceso de producción. Con esta inspección y con la ayuda del manual del equipo, se determina la frecuencia de lubricación de los mecanismos de los equipos y el tipo de lubricante que debe utilizar en cada punto.

Los puntos de lubricación de las máquinas y equipos se lubrican a criterio del lubricador o idealmente las sugerencias del proveedor de lubricantes, desarrollando un estudio del uso de lubricantes empleados en la ruta, las características técnicas y la frecuencia de aplicación del lubricante.

2.4. Ficha técnica lubricantes

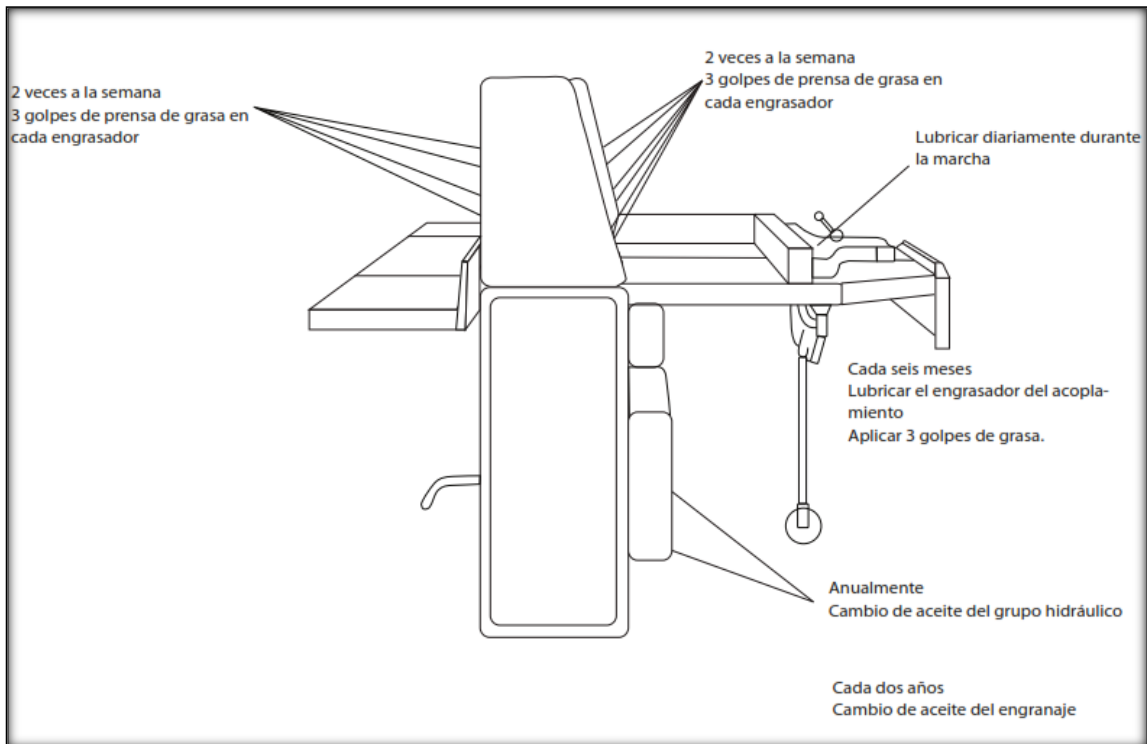
El empleo de una sola marca de lubricantes es una recomendación, se deben buscar también las equivalencias entre marcas de lubricantes. Muchos equipos además de contar con el catalogo técnico, portan una placa metálica donde aparecen las recomendaciones de lubricación. Además hay que racionalizar el uso de los lubricantes y se deben cambiar dentro de los intervalos normales, hay que seguir las recomendaciones del fabricante.

2.5. Puntos de limpieza y lubricación

En la inspección y desarrollo de la ruta de lubricación identificamos que muchos activos y puntos no estaban marcados dentro de la ruta, para la solución de este problema se propone desarrollar un esquema de la maquinaria

que sirva de supervisión visual de los puntos de limpieza y lubricación , para esto se utilizan programas de diseño en cualquier versión sirve como herramienta para levantar los esquemas, este trabajo lo puede realizar personal interno o externo a la planta y se debe realizar activo por activo no hay otro camino.

Figura 14. **Ruta de lubricación de una guillotina**



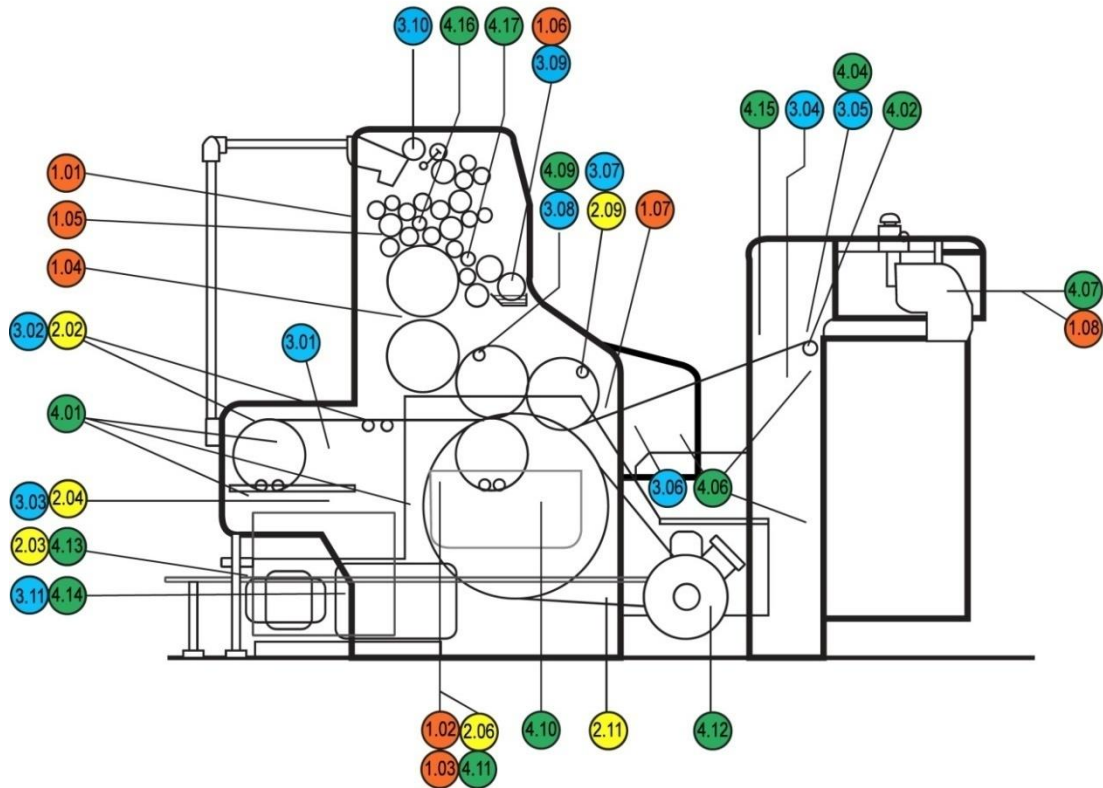
Fuente: Manual de Guillotina rápida Wohlenberg 115. p. 420.

Tabla VIII. Puntos de lubricación de una guillotina

Puntos de lubricación	Modo de lubricación	Intervalos de lubricación	Aral	BP	Castrol	Chevron	Esso	Mobil e	Texaco	Total	Shell
Sistema Hidráulico	Copilla de aceite	CAMBIO DE ACEITE C/2 AÑOS	Aral Vitam GF 68(ISO), Aral Vitam DE 68(ISO)	BP Energol HLP 68, BP Energol HP-C 68, BP Energol GHL 68	HYSPIN AWS 68, HISPYN VG 68	EP HYDRAULIC OIL 68	NUT OH 68	MOBIL D.T.E 26	RANDO OIL HD C-68	AZOLLA 68	Tellus 68
Barra de tracción para viga de presión	Lubricación a mano con aceite	Diario	Aral Deganit B 68(ISO)	BP Maccurat 68, BP energol HP-C68, BP Energol GHL 68	MAGNA BD 68	Way Oil 68	FEBISSK 68	Vactra Oil No. 2	Way lubricant 68, Metac Oil H-68	Dros era MF 68	Tonna V68
Guía para viga de presión	Lubricación a mano con aceite	Diario	Aral Deganit B 68(ISO)	BP Maccurat 68, BP energol HP-C68,	MAGNA BD 68	Way Oil 68	FEBISSK 68	Vactra Oil No. 2	Way lubricant 68, Metac Oil H-68	Dros era MF 68	Tonna V68
Otros puntos de lubricación con aceite	Lubricación a mano con aceite	Diario	Aral Deganit B 68(ISO)	BP Maccurat 68, BP energol HP-C68,	MAGNA BD 68	Way Oil 68	FEBISSK 68	Vactra Oil No. 2	Way lubricant 68, Metac Oil H-68	Dros era MF 68	Tonna V68
Barra de tracción para viga de presión	Engrasador	Diario	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2		Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Palanca de dos vías(cojinete central)	Engrasador	Diario	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2	SPHEEROL EPL2	Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Patin para portacuchilla	Engrasador	Diario	Aralub PMD 1	BP Mehrzweck rett, BP Energrease	SPHEEROL LMM	Moly Grease 2	Beacon Q2	Mobil grease Special	Molutex grease EP2, 2	Total Multi s MS2	Shell Retina x HDX 2
Tornillo del calibrador trasero	Limpiar y aceitar	DOS VECES POR SEMANA	Aral Deganit B 68(ISO)	BP Maccurat 68, BP energol HP-C68, BP Energol GHL 68	MAGNA BD 68	Way Oil 68	FEBISSK 68	Vactra Oil No. 2	Way lubricant 68, Metac Oil H-68	Dros era MF 68	Tonna V68
Plano de guía para portacuchilla	Engrasador	Semanal	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2	SPHEEROL EPL2	Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Palanca de dos vías (rodillos)	Engrasador	Semanal	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2	SPHEEROL EPL2	Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Accionamiento de cuchilla, ruedas dentadas	Grasa, aplicar con pincel	Semanal	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2	SPHEEROL EPL2	Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Accionamiento de manivela	Engrasador	Semanal	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2	SPHEEROL EPL2	Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Cojinete de pedal	Engrasador	Semanal	Aralub HPL 2	BP Energrease LS-EP 2	SPHEEROL EPL2	Dura-Lith grease EP 2, Polyurea EP grease 2	Beacon Ep2	Mobilux EP 2	Multifak EP 2 Marfak All Purpose	Multi s EP 2	Alvani a EP2
Portacuchilla, listón delantera de guía	Lubricación a mano con aceite	Trimestral	Aral Deganit B 68(ISO)	BP Maccurat 68, BP energol HP-C68, BP Energol GHL 68	MAGNA BD 68	Way Oil 68	FEBISSK 68	Vactra Oil No. 2	Way lubricant 68, Metac Oil H-68	Dros era MF 68	Tonna V68

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Ruta de lubricación impresora plana 2 colores Heidelberg



Fuente: Manual impresora plana 2 colores Heidelberg Sordz. p. 60.

Tabla IX. Puntos de lubricación impresora plana 2 colores Heidelberg

1.00	Trabajos diarios de mantenimiento	Tarea a realizar
1.01	Lubricación central	La empuñadura esférica roja para el accionamiento de la lubricación central debe moverse con fuerza cada 4 horas hasta su posición final, estando en marcha la máquina , y mantener esta posición por 10 seg.
1.02	Girar varias veces la empuñadura roja del filtro de aceite en la caja de engranajes.	
1.03	Comprobar el nivel de aceite en la caja de engranajes antes de la puesta en marcha. El aceite debe llegar hasta la línea superior de la mirilla.	
1.04	Limpiar los aros contra remosqueo. !No utilizar productos acidíferos!	
1.05	Limpiar la racleta después de cada lavado.	

Continuación de la tabla IX.

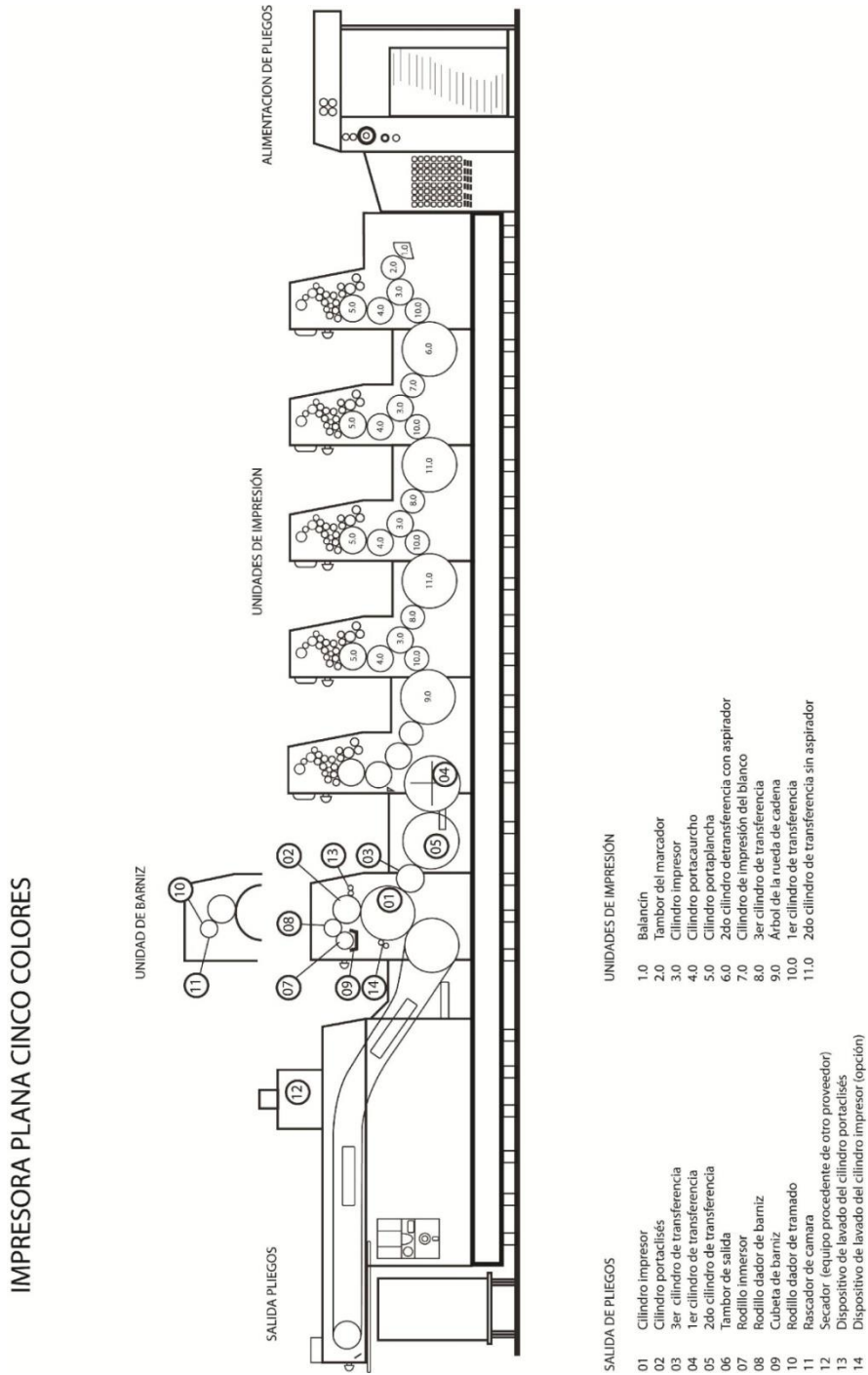
1.06	Secar los cojinetes de bolas de los rodillos mojadores después de cada lavado y comprobar su lubricación.	
1.07	Limpiar las células fotoeléctricas de control electrónico de cantos delanteros del marcador.	
1.08	Limpiar los aspiradores de elevación del cabezal aspirador 08(No engrasar)	
2.00	Trabajos semanales de mantenimiento	
2.02	Salida de pliegos	
	3 puentes de pinzas de salida	1 boquilla de grasa
	Cadenas de salida	engrasar
2.03	Limpiar filtro de aire	
2.04	Detrás de la puerta protectora L.I. L.S.	1 orificio de aceite
2.06	Quitar el tornillo debajo de la empuñadura, oja del filtro de aceite en la caja de engranajes con la máquina parada y limpiar los restos sucios.	
2.09	Tambor de marcador	6 orificios de grasa y 2 boquillas de grasa
2.11	Con unidad de mantenimiento de la alimentación de aire, evacuar agua condensada.	
3.00	Trabajos mensuales de mantenimiento	
3.01	Salida de pliegos	Parte lateral de la salida LI , exterior una boquilla de grasa.
		1 boquilla de aceite
3.02	3 puentes de pinzas de salida	2 boquillas de grasa y 1 orificio de grasa
3.03	Detrás de la puerta protectora L.S.	2 orificios de aceite y 1 boquilla de grasa
	Engrasar casquillo de conducción respecto al eje	
3.04	Detrás de la puerta protectora L.I.	Aceitar cadena
3.05	Introducción de pliegos	2 orificios de aceite
3.06	Debajo del tablero del marcador	Aceitar cadena de impulso.
3.07	Tambor marcador de registro	11 boquillas de grasa
3.08	Cilindro de compresión, palanca de mando para pinzas	1 boquilla de grasa
3.09	Mecanismo mojador, 3 rodillos mojadores LI y LS	1 boquilla de grasa
	Cojinete superior del rodillo dador LI y LS	1 boquilla de grasa
	Palanca del rodillo tomador LI y LS	1 boquilla de grasa
	ALACOLOR LI	4 boquillas de grasa
3.1	Mecanismo de tintaje interior, carraca del ductor	1 boquilla de aceite
3.11	Cambio de filtro.	
4.00	Trabajos semestrales de mantenimiento	
4.01	Salida de pliegos interior:	
	Leva de ajuste de pulverización	1 boquilla de grasa
	Leva para la abertura de las pinzas de salida	1 boquilla de grasa

Continuación de la tabla IX.

	Rodillo aspirador	2 boquillas de aceite
	Cojinete de cadena de impulso de la pila	1 boquilla de grasa
	Cojinetes posteriores para transporte de la pila LI y LS	1 boquilla de grasa
	Ruedas dentadas en el cojinete posterior LI y LS	Lugar de engrase abierto
	Cojinetes dentados para el transporte de la pila LI y LS	Lugar de engrase abierto
4.02	Marcador LS exterior, cojinete para el eje de leva	1 boquilla de grasa
4.04	Introducción de pliegos	
	Cojinete central para el eje de ciclos	1 boquilla de grasa
	Palanca de la válvula de aire sobre el eje de ciclo LS	1 orificio de aceite
	Cojinete para el eje de ciclo LS	1 orificio de aceite
	Rueda dentada pequeña (Lado interior LS detrás de la rueda de mano)	1 orificio de aceite
4.06	Debajo del tablero del marcador	
	Tope lateral del papel LI y LS	2 boquillas de grasa
	Cojinete para el eje inferior guiador de cintas , impulso de las guías delantera suplementario	8 boquillas de grasa
	Cabezales de barra	2 orificios de grasa
	Cojinete de rulos para la excéntrica LI y LS	1 orificio de aceite y grasa
	Alojamiento delantero del eje de guías delanteras LI y LS	1 orificio de grasa
4.07	Marcador	
	Cabezal aspirador	1 boquilla de grasa y un lugar abierto para aceite.
4.09	Cilindro de contrapresión, puente de pinzas	14 orificios de grasa
4.10	Cojinete de cadena para el ajuste del rodillo aspirador	1 boquilla de aceite
4.11	Cambio de aceite en la caja de engranajes, cada dos años	
4.15	Cojinete de rastrillo de cobertura del tablero de marcar LI y LS	1 orificio de aceite
4.16	Rodillo intermedio	2 boquillas de grasa
4.17	ALCOLOR, rodillo intermedio	2 boquillas de grasa

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Ruta de lubricación impresora plana 5 colores



Fuente: Manual de servicio impresora plana Man Roland 305. p. 125.

Tabla X. **Puntos de lubricación impresora plana 5 colores**

Intervalos de lubricación	Sección de la máquina	Sección de máquina	Actividad a realizar	Lubricante
Diario	Caja de lubricación	Compresor	Revisar nivel, llenar si es necesario	Shell Morlina 100
		Lubricación central de grasa	Revisar nivel, llenar si es necesario	Alvania EP(LF)2
		Lubricación central de la cadena de salida	Revisar nivel, llenar si es necesario	Elkalub LA 8
		Lubricación central de aceite	Revisar nivel, llenar si es necesario	Shell Morlina 100
	Grupo impresor	Segmentos dentados cilindro de impresión del blanco	Controlar y untar con pincel	Molykote 165 LT
Cada dos días	1er y 3er cilindro de transferencia	Barra de lubricación	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Cojinete eje portapinzas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Levas	Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Rodillo de levas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Ajuste de formato	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	2do cilindro de transferencia con aspirador	Barra de lubricación	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Cojinete eje portapinzas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Control de la caja aspiradora	Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Levas	Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Rodillo de levas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		2do cilindro de transferencia sin aspirador	Barra de lubricación	Lubricar con engrasador tipo embudo
	Cojinete eje portapinzas		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Levas		Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus

Continuación de la tabla X.

Cada dos días		Rodillo de levas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16	
	Cilindro de impresión del blanco	Cadenas		Lubricar con brocha	Elkalub LA 8
		Cojinete eje portapinzas		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Control de leva tipo ancla		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Leva tipo ancla		Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Palanca de control		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Palanca de segmentos		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Rodillo de levas		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Segmento dentado		Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Cilindro impresor	Barra de lubricación		Lubricar con engrasador tipo embudo
	Cojinete eje portapinzas			Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Levas			Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
	Rodillo de levas			Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Cilindro portacaucho	Cojinete eje portapinzas		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Grupo entintador	Rodillo de apoyo en él		Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Tintero		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Grupo mojadador	Accionamiento rodillo dador de agua		Lubricar con brocha	Molykote 165 LT
		Rodillo de transición		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Grupos impresores	Barra distribuidora, cilindro de impresión del blanco		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16

Continuación de la tabla X.

Cada dos días	Grupos impresores	Leva de rodillo tomador	Lubricar con brocha	Longtherm 2 plus
		Tope de arrastre de distribución	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Marcador	Guías laterales	Controlar, limpiar y utilizar engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Leva de guías delanteras	Controlar, limpiar y untar con brocha	Longtherm 2 plus
		Leva de guías laterales	Controlar, limpiar y untar con brocha	Longtherm 2 plus
		Rodillo de guías delanteras	Controlar, limpiar y utilizar engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Salida	Leva de abertura de las pinzas	Controlar, limpiar y untar con brocha	Longtherm 2 plus
		Leva de mando Rectificador de pliegos, rodillo aspirador	Controlar, limpiar y untar con brocha	Longtherm 2 plus
	Tambor del marcador	Cojinete eje portapinzas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Leva	Untar con brocha	Longtherm 2 plus
		Rodillo de levas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Mensual	2do cilindro de transferencia con aspirador		Lubricar con engrasador tipo embudo
Cajas aspiradoras				
Alimentador		Cadena de apilado, rodillo de mando	Lubricar con brocha	Elkalub LA 8
		Guía de cabezal aspirador		
		Husillo roscado	Lubricar con brocha	Elkalub LA 8
		Guía de pila husillo roscado	Lubricar con brocha	Elkalub LA 8
		Motor de elevación de pila	Lubricar	Fuchs Renosod fk 140
		Rodillo de cintas cojinete central	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
Rodillo transportador cojinete central		Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16	
Cilindro portacaucho		Tornillo helicoidal tensor	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
Salida	cadena de apilado	Lubricar con brocha	Elkalub LA 8	

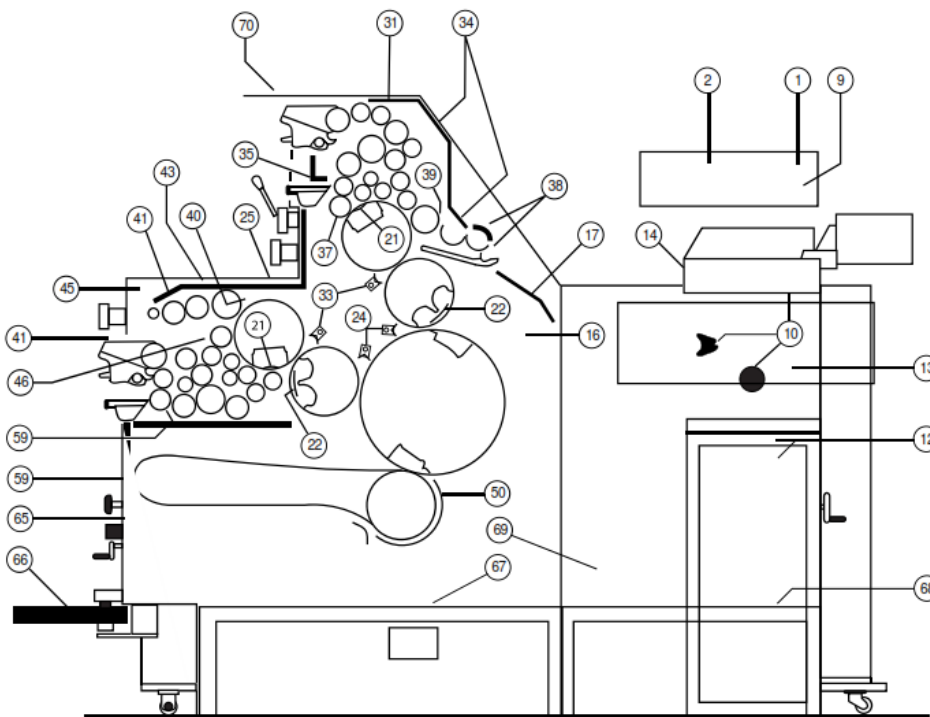
Continuación de la tabla X.

Mensual	Salida	Eje campo de pinzas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
		Husillo roscado, leva	Lubricar con brocha	Elkalub LA 8
		Motor de elevación de pila	(en blanco)	Fuchs Renosod fk 140
		Rodillo de levas, campo de pinzas, pulverizador antimaculador.	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16
	Todos los cilindros	Asiento de las pinzas	Lubricar con engrasador tipo embudo	Shell Aero Grease 16

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Ruta de lubricación impresora plana 2 colores Man Roland

ROLAND 202



Fuente: Manual de servicio Man Roland 202. p. 525.

Tabla XI. **Puntos de lubricación impresora plana 2 colores Man Roland**

Intervalos de lubricación	Puntos de lubricación	Modo de lubricación	Shell
Diario	Balancín lados A+B	Engrasador en cada lado	TELLUS 68
	Cadenas de los sistemas de salida lados A+B	Engrasador en cada lado	Aceite especial
	Eje portapinzas del cilindro impresor cojinete central	4 Engrasadores	ALVANIA EP 2
	Eje portapinzas del cilindro impresor cojinete lateral lado A+B	Engrasador en cada lado	ALVANIA EP 2
	Levas de abertura de las pinzas del cilindro impresor lado A+B	Engrasador de aceite bajo marcha	Aceite especial
	Mirilla del nivel de aceite	Lado A, bajo la salida	No aplica
	Polea de rodadura de la palanca de rodillo en el cilindro impresor lado B	Engrasador	ALVANIA EP 2
	Tintero inferior lados A+B	Engrasador en cada lado	ALVANIA EP 2
	Tintero superior lados A+B	Engrasador en cada lado	ALVANIA EP 2
Mensual	Alimentador lados A+B	Aplicar grasa con pincel y limpiar	ALVANIA EP 2
	Aplicar aceite a la leva, alimentador lado A	Aplicar aceite con pincel	TELLUS 68
	Cadena de rodillos para accionamiento del alimentador lado A	Aplicar aceite con pincel y limpiar	TELLUS 68
	Cadena de rodillos para el dispositivo de mando de pila, salida lado A	Aplicar aceite con pincel y limpiar	TELLUS 68
	Cadenas de rodillos para el dispositivo de mando de pila lados A+B	Aplicar aceite con pincel	TELLUS 68
	De cada lado 4 rodillos y 1 corredera alimentador lados A+B	Aplicar con pincel y limpiar	ALVANIA EP 2
	Grupo entintador superior e inferior, soportes del rodillo del tintero lados A+B	Engrasador de grasa	ALVANIA EP 2
	Husillo de regulación del tope guiapliegos trasero, salida lado B	Aplicar con pincel y limpiar	ALVANIA EP 2
	Limpiar el tamiz de aceite lado A	Limpiar y cambiar si es necesario	No aplica
	Palanca de guía del balancín, rodillo y superficies de rodadura	Aplicar aceite con pincel y limpiar	TELLUS 68

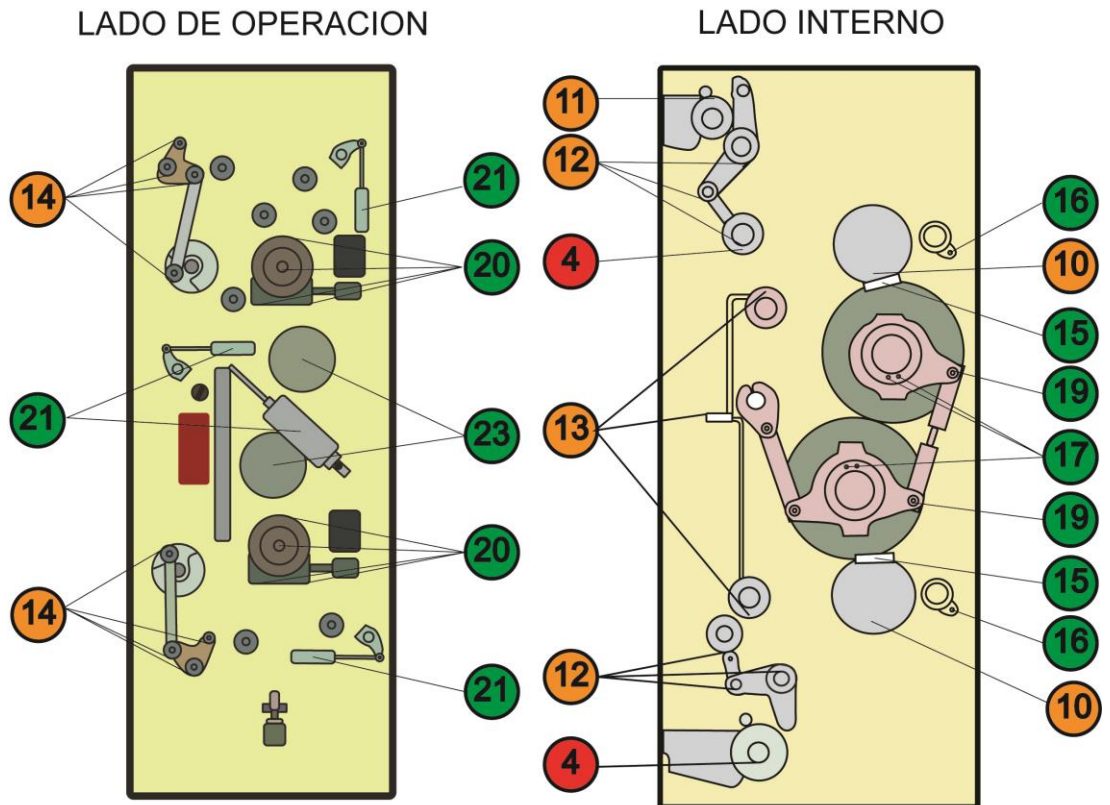
Continuación de la tabla XI.

Mensual	Punta de todas las pinzas del cilindro impresor	Limpiar con detergente para mantillas	No aplica
	Tintero RCI	Limpiar a fondo	No aplica
Semanal	Guía lateral lados A+B	Engrasador en cada lado	TELLUS 68
Semestral	Accionamiento del alimentador lado A	Lubricar la cadena con pincel	TELLUS 68
	Asientos de todas las pinzas de balancín, cilindro impresor y sistema transferidor de salida	Limpiar y engrasar	ALVANIA EP 2
	Bomba de presión y vacío	Lubricar engrasador	PURE GUARD HIGT TEMP 2
	Excéntricas del cabezal aspirador(2)	Limpiar y engrasar	ALVANIA EP 2
	Rodillo y caja de mando del cabezal aspirador	Limpieza a fondo	No aplica
	Rodillo y mando de cárter de mando del cabezal aspirador	Limpieza a fondo	No aplica
	Todos los cojinetes de los rodillos dadores de tinta	Lubricar engrasadores del lado frontal	ALVANIA EP 2
Trimestral	Limpieza y mantenimiento de la bomba de presión y vacío	Verificar instrucciones del fab	No aplica
Anual	Cambio de aceite, sistema de lubricación	Llenar con aproximadamente 10L	TELLUS 68

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Ruta de lubricación impresora rotativa

HARRIS M1000



Fuente: Manual de Servicio Harris M-1000. p. 147

Tabla XII. Puntos de lubricación impresora rotativa

PUNTO	DIARIAMENTE	SHELL
1	Sistema de aceite circulante (Verificar el nivel, llene si es necesario)	OMALA 220
2	Sistema Farval de lubricación (Verificar el nivel, llene si es necesario)	ALVANIA EP1
3	shoes(fitting de fuente de tinta a cada fin de fuente)	ALVANIA EP1
4	Levas del tintero(aceitar)	OMALA 220
	CADA DOS SEMANAS	
10	Lubricar los engrasadores de los cojinetes del cilindro de placa	ALVANIA EP1
11	Engrasadores de los bushings del rodillo de fuente de tinta.	ALVANIA EP1
12	Lubricar tres engrasadores de cada lado del mecanismo del ductor	ALVANIA EP1
13	Lubricar engrasadores del rodillo de solución de fuente(LOP y LT)	ALVANIA EP1
14	Lubricar los engrasadores del mecanismo ratchet del tintero superior e inferior	ALVANIA EP1
	MENSUALMENTE	
15	Mecanismo de grifo del cilindro de placa	ALVANIA EP1
16	Empuje del mecanismo silenciador del tintero	ALVANIA EP1
17	Lubricar los engrasadores del cilindro de mantilla superior e inferior (2 por cilindro)	ALVANIA EP1
19	Lubricar las rótulas del mecanismo de prensado(4 engrasadores)	ALVANIA EP1
8	Registro lateral	ALVANIA EP1
20	Lubricar engrasadores del cilindro las cajas excéntricas y registro lateral	ALVANIA EP1
21	Lubricar Los pivotes de los cilindros de aire	
22	Las Dampener cacerola rodillo paseo cajas de engranajes	OMALA 220
23	Engrasadores del cojinete del cilindro de placa	ALVANIA EP1
	CADA SEIS MESES	

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

3.1. Uso de las herramientas manuales

Las herramientas manuales se pueden definir como utensilios de trabajo utilizados generalmente de forma individual y que únicamente requieren para el accionamiento la fuerza motriz humana. Existe multiplicidad de herramientas manuales, las más corrientes podemos subdividirlas en:

- Herramientas de golpe (martillos, cinceles, entre otros)
- Herramientas con bordes filosos (cuchillos, hachas, entre otros)
- Herramientas de corte (tenazas, alicates, tijeras, entre otros)
- Herramientas de torsión (destornilladores, llaves, entre otros)

La siniestralidad originada por la utilización de las herramientas manuales es cuantitativamente alta. Si bien los accidentes no acostumbran a ser de extrema gravedad, representan aproximadamente.

- El 8 % de los accidentes leves
- El 3 % de los accidentes graves
- El 0,3 % de los accidentes mortales

Los riesgos más importantes consisten, sobre todo, en golpes y cortes en las manos u otras partes del cuerpo, lesiones oculares por proyecciones y esguinces por gestos violentos; siendo causas principales de los accidentes:

- Inadecuada utilización de las herramientas

- Utilización de herramientas defectuosas o de baja calidad
- Mantenimiento incorrecto
- Almacenamiento y transporte deficiente

3.1.1. Criterios preventivos básicos

Con el objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la utilización de herramientas manuales, debe realizarse un programa de prevención que contemple los diversos aspectos que inciden en el proceso.

3.1.1.1. Adquisición

La persona encargada de la adquisición de herramientas manuales debe conocer el trabajo que han de realizar las herramientas, poseer ideas básicas sobre los distintos tipos de herramientas para adquirir las más acordes a las necesidades de uso, y buscar suministradores que garanticen buena calidad.

3.1.1.2. Adiestramiento y utilización

Al iniciar cualquier tarea, se debe escoger siempre la herramienta apropiada y revisar que está en buen estado. El adiestramiento de los trabajadores por parte de los mandos intermedios en el uso correcto de las herramientas es fundamental. Además, entre otras cosas, deberían tomarse las siguientes precauciones:

- Elegir la herramienta idónea al trabajo que se vaya a realizar, considerando la forma, el peso y las dimensiones adecuadas desde el punto de vista ergonómico.

- Las herramientas no deben utilizarse para fines distintos de los previstos, ni deben sobrepasarse las prestaciones para las que están diseñadas.
- Comprobar que los mangos no estén astillados o rajados y que estén perfectamente acoplados y sólidamente fijados a la herramienta (martillos, destornilladores, sierras, limas, entre otros).
- Verificar que las mordazas, bocas y brazos de las herramientas de apriete estén sin deformar (llaves, alicates, tenazas, destornilladores, entre otros).
- Cuidar que las herramientas de corte y de bordes filosos estén perfectamente afiladas (cuchillos, tijeras, cinceles, entre otros).
- Tener en cuenta que las cabezas metálicas no deben tener rebabas
- Vigilar el estado del dentado en limas y sierras.
- Cuando deban emplearse equipos de protección individual, velar que sean certificados.
- Cuando sea necesario se utilizarán herramientas con protecciones aislantes si existe el riesgo de contactos eléctricos y herramientas antichispa en ambientes inflamables.
- Todos los equipos de protección individual deben tener certificado de homologación y ser de uso personal.

3.1.1.3. Almacenamiento

Guardar las herramientas perfectamente ordenadas, en cajas, paneles o estantes adecuados, donde cada herramienta tenga lugar.

No deben colocarse en pasillos, escaleras u otros lugares elevados desde los que puedan caer sobre los trabajadores.

La mejor solución es llevar el control centralizado en un solo almacén, pero de no ser posible, se deben realizar inspecciones periódicas sobre la localización y estado. Si las herramientas son personales, se facilitará una mejor conservación de las mismas.

3.1.1.4. Mantenimiento y reparación

- Revisar periódicamente el estado de las herramientas (mangos, recubrimientos aislantes y afilado).
- Reparar las que estén defectuosas, si es posible o desecharlas.
- Nunca deben hacerse reparaciones provisionales que puedan comportar riesgos en el trabajo.
- Las reparaciones deben hacerse, siempre que sea preciso, por personal especializado.

3.1.1.5. Transporte

Para el transporte de las herramientas se observarán diversas precauciones, como son:

- Utilizar cajas, bolsas y cinturones especialmente diseñados
- Para las herramientas cortantes o punzantes utilizar fundas adecuadas
- No llevarlas nunca en el bolsillo
- Al subir o bajar por una escalera manual deben transportarse en bolsas colgadas de manera que ambas manos queden libres

3.1.2. Programa de capacitación

Descripción:

Curso dedicado al estudio de los conceptos básicos sobre tribología, seguridad industrial y recomendaciones para el uso adecuado de herramientas.

En la primera parte se darán los conceptos básicos sobre tribología y los fenómenos que se presentan cuando dos o más elementos de máquina se mueven relativamente uno sobre otro, generando efectos favorables o desfavorables para el sistema o mecanismo bajo análisis. En la segunda se habla de Seguridad Industrial y la importancia. En la tercera y última parte se darán recomendaciones sobre el uso adecuado de las herramientas industriales, transporte y almacenamiento de las mismas.

Objetivo General:

Que el personal de mantenimiento conozca los conceptos básicos sobre tribología, seguridad industrial y el uso adecuado de herramientas industriales; para que aplique y se tomen las medidas pertinentes a la hora de realizar tareas de mantenimiento.

Objetivos Específicos:

Que el personal de mantenimiento: conozca las consideraciones tribológicas que se presentan en los mecanismos de los equipos y las aplique al efectuar las tareas de lubricación; tome las medidas de seguridad para realizar las tareas de mantenimiento; utilice y almacene las herramientas adecuadamente, según el fin para la cual fue creada.

Contenido

- Introducción

- Conceptos básicos de mantenimiento, preventivo y correctivo.
 - Tribología
 - Lubricación y limpieza
 - Tipos de lubricantes
 - Lubricantes recomendados para cada equipo
 - Frecuencia de lubricación
 - Seguridad Industrial
 - Riesgos industriales
 - Riesgos físicos
 - Riesgos ergonómicos
 - Actos inseguros
 - Consecuencia de los actos inseguros
 - Herramientas industriales
 - Uso adecuado
 - Almacenamiento y transporte.

CONCLUSIONES

1. Para desarrollar un plan eficiente de mantenimiento preventivo, se deben usar los conceptos teóricos que se adecuen a las necesidades de la planta.
2. Tanto el personal de mantenimiento como el de producción, deben compartir las mismas ideas sobre la importancia del mantenimiento y no verlo como algo negativo, porque de esto depende que los equipos sigan prestando el servicio para lo cual fueron creados.
3. Los resultados que se desean obtener al desarrollar el plan de mantenimiento preventivo seleccionando los lubricantes adecuados para los equipos litográficos, deben reflejarse a largo plazo llevando un historial de las intervenciones que sufren estos.
4. Los lubricantes adecuados para cada equipo, se determinan tomando como punto de partida las especificaciones que el fabricante proporciona en los manuales. Es importante buscar el equivalente en grado ISO, porque de esta manera se garantiza que los lubricantes usados cumplen con normas de control de calidad no importando la marca que se esté usando.
5. La frecuencia con que se debe realizar las tareas de lubricación, se deben especificar correctamente en las órdenes de trabajo, indicando la sección de la máquina, punto a lubricar, método a utilizar y el tipo de lubricante. Es de gran ayuda realizar un diagrama esquemático del

equipo, porque ayuda a personal de mantenimiento a ubicar fácilmente los diferentes puntos de lubricación.

6. Los riesgos dentro de una planta siempre van a existir, pero la función del Departamento de Mantenimiento es minimizar condiciones inseguras dentro de la misma. Esto se logra realizando visitas e inspecciones en todas las áreas de la planta donde el personal ejecuta las actividades.
7. El personal de mantenimiento debe utilizar siempre el equipo de protección personal, para realizar las distintas actividades, esto ayuda a minimizar accidentes que pueden tener consecuencias adversas para la salud.

RECOMENDACIONES

1. Los lubricantes que se especifican en las órdenes de trabajo, son los que se deben utilizar para lubricar los distintos mecanismos de los equipos porque cumplen con las especificaciones técnicas que el fabricante recomienda.
2. Es conveniente que el personal que realiza las tareas de lubricación, tengan conocimientos sobre este tema y deben conocer los efectos que tiene sobre los equipos, especialmente sobre las partes móviles.
3. Actualmente se utilizan lubricantes multiusos para lubricar las distintas partes de los equipos, pero sería conveniente que se usen los que se recomiendan en los manuales.
4. Se debe capacitar al personal a cargo, para garantizar que los procedimientos se cumplan de manera correcta y asegurar que las tareas de mantenimiento se realicen con efectividad.
5. Es importante enviar muestras del lubricante que se utiliza en las unidades de impresión de la máquina rotativa, para determinar si el lubricante no está muy contaminado y desgastado. Lo ideal es que se envíen muestras cada seis meses o cuando se realice el cambio del mismo.

6. Es importante que los técnicos utilicen equipos de protección personal, para realizar las actividades de reparación y mantenimiento de los equipos. Con esto se logra minimizar riesgos de accidentes dentro de la planta, cuyos efectos pueden tener consecuencias graves.

7. Las inspecciones dentro de la planta se deben realizar periódicamente para detectar condiciones inseguras, con esto se logra minimizar riesgos que se puedan presentar en algún momento.

8. El uso adecuado de las herramientas debe ser importante para realizar las actividades de mantenimiento, porque los elementos o piezas de máquinas se pueden dañar si no se utiliza la indicada.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUADO QUINTERO, Nain. *Implementación del programa de limpieza y lubricación*. Especialista en diseño de maquinaria y consultor independiente en TPM. Colombia 2005. 17 p.
2. ALBARRACIN AGUILLON, Pedro. *Selección correcta de un lubricante industrial*. Medellín, Colombia, 2003. 6 p.
3. CLAYTON T. Crowe; Elger Donald F.; Roberson John A. *Mecánica de fluidos*. México 2002. 455 p.
4. CUARTAS PÉREZ, Luis Alberto. *Mantenimiento industrial*. Caracas, Venezuela; Centro de Altos Estudios Gerenciales Instituto Superior de Investigación y Desarrollo, 2007. 11 p.
5. GRIMALDI, Simonds. *La seguridad industrial su administración*. México: Alfaomoga 1985. 33 p.
6. LINARES O., Omar. *Generalidades de la tribología* (Fundamentos de la lubricación, fricción y el desgaste). Widman International S.R.L Santa Cruz Bolivia 2006. 10 p.
7. LLANES, Jesús Salomon; PERDOMO OJEDA, Manuel. *Análisis de riesgo industrial* (Centro de Estudios Gerenciales ISID, 2a ed. Caracas Venezuela 2001). 212 p.

8. MAN ROLAND DRUCKMASCHINEN AG Ofenbach. *Manual de instrucciones limpieza y mantenimiento*. 1990. 306 p.
9. MARTÍNEZ R., Luis. *Organización y planificación de sistemas de mantenimiento*. Centro de Altos Estudios Gerenciales Instituto Superior de Investigación y Desarrollo; 2da ed.; Caracas, Venezuela; 2007. 135 p.
10. MUGUERZA, Joaquín. *Prevención y control de riesgos industriales*. [en línea]: <<http://www.mailxmail.com/curso-prevencion-control-riesgos-industriales>> [Consulta: marzo de 2010]. 27 p.
11. WOHLLENBERG. *Manual de instrucciones Guillotinas rápidas 92-115-137-155-180 MCS-2 MCS-3 MCS-TV*. 1989. 212 p.